گروه کتابداری و اطلاع رسانی

تاریخ علوم

گردآوری:

حسین پاشایی زاد

۱۳۹۰

این جزوه برگرفته از کتاب:

«تاریخ و فلسفه علم» تالیف لویس هلزی هال از انتشارات سروش است.

هال، لویس ویلیام هلزی Hull, Lewis William Halsey

تاریخ و فلسفهٔ علم / نوشتهٔ لویس ویلیام هلزی هال؛ ترجمهٔ عبدالحسین آذرنگ. ــ تهران: سروش (انتشارات صداوسیما)، ۱۳۶۳.

۳۹۲ ص.: مصور.

۱۱۶۰ ریال (چاپ زرکوب): ۷۶۰ ریال (چاپ نوم).

فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.

عنوان اصلی: History and Philosophy of Science.

واژه‌نامه.

کتابنامه به صورت زیرنویس.

چاپ پنجم: ۱۳۸۷. ۴۰،۰۰۰ ریال :ISBN 978-964-376-553-8

۱. علوم ــ تاریخ. ۲. علوم ــ فلسفه. الف. آذرنگ، عبدالحسین، ۱۳۲۵ ــ ، مترجم. ب. صداوسیمای جمهوری اسلامی ایران. انتشارات سروش. ج. عنوان.

۵۰۹ Q۱۲۵ / ت۲هـ

۱۳۶۳

کتابخانه ملی ایران ۶۳ـ۱۱۶۲/۷۶م

انتشارات صدا و سیمای جمعوری اسلامی ایران

تهران، خیابان استاد شهید مطهری، تقاطع خیابان شهید دکتر مفتح، ساختمان جام‌جم

مرکز پخش: مجتمع فرهنگی سروش، ۵ـ۶۶۹۵۴۸۷۰

http://www.soroushpress.com

عنوان: تاریخ و فلسفهٔ علم

نویسنده: لویس ویلیام هلزی هال

مترجم: عبدالحسین آذرنگ

چاپ اول: ۱۳۶۳ چاپ پنجم: ۱۳۸۷

قیمت: ۴۰،۰۰۰ ریال

این کتاب در دو هزار نسخه در چاپخانهٔ انتشارات سروش لیتوگرافی، چاپ و صحافی شد.

همهٔ حقوق محفوظ است.

شابک: ۸ـ۵۵۳ـ۳۷۶ـ۹۶۴ـ۹۷۸

چاپ اول تا چهارم: ۱۵،۰۰۰ نسخه

فهرست کوتاه

فهرست تفصیلی	۵
فصل اول: سپیده‌دم علم	۱۷
فصل دوم: حوزهٔ علمی آتن	۵۱
فصل سوم: حوزهٔ علمی اسکندریه	۸۹
فصل چهارم: قرون وسطا و انتقال علم به دورهٔ جدید	۱۲۹
فصل پنجم: انقلاب علمی؛ قسمت اول: هندسهٔ آسمانی	۱۵۵
فصل ششم: انقلاب علمی؛ قسمت دوم: مکانیک آسمانی	۱۸۷
فصل هفتم: انقلاب، در نگرشها و روشها	۲۱۷
فصل هشتم: پیشرفتهای علمی در سده‌های ۱۶ و ۱۷ و ۱۸	۲۵۹
فصل نهم: سدهٔ نوزده و اندیشه‌های تطورگرا	۲۱۷
فصل دهم: فرجام سخن: روندهای علمی و فکری سدهٔ بیست	۲۱۷
بر گزیده‌ای از کتابهای مهم برای مطالعهٔ بیشتر	۲۷۵
واژه‌نامهٔ فارسی به انگلیسی	۲۷۷
واژه‌نامهٔ انگلیسی به فارسی	۲۸۱
فهرست راهنما	۲۸۵

فهرست تفصیلی

فهرست تصویرها ۱۰
یادداشت مترجم ۱۱
دیباچهٔ نویسنده ۱۵

فصل اول: سپیده‌دم علم ۱۷-۵۰

۱ درآمد/۱۷/ مرز میان علوم و هنرها (فنون)/۱۸/ علم و ریاضیات/۱۹/
۲ تمهید بحث/۲۰/
۳ پیدایش اختر شناسی/۲۱/ پیدایش حساب/۲۲/
٤ پیدایش هندسه/۲۳/
٥ صورتهای فلکی/۲٤/ اخترشناسی بابلی/۲٦/ دورهٔ ساروس/۲۷/
٦ علم شرق/۲۷/
۷ پیدایش علم یونانی/۲۸/ روش علم یونانی/۳۰/ علوم طبیعی یونانی/۳۱/
۸ طالس ملطی/۳۲/ هندسهٔ طالسی/۳۳/
۹ علم مردم یونیا/۳٤/ مادةالمواد/۳٥/ آناکسیمنس و آناکسیمندروس/۳٥/
۱۰ فیثاغورس/۳٦/ انجمن فیثاغورسی/۳۷/
۱۱ اندیشه‌های فیثاغورسی/۳۸/
۱۲ ریاضیات فیثاغورسی/٤۰/ ریاضیات چیست؟/٤۰/ اصول موضوع/٤۱/ نظامهای قیاسی/٤۱/
۱۳ قطعیت ریاضی/٤۲/ اصول موضوع و صدق قضایا/٤۳/
۱٤ فیثاغورسیان و نظریهٔ اعداد/٤٥/ کمیتهای ناموافق/٤۸/
۱٥ اختر شناسی فیثاغورسی/٤٦/
۱٦ مشاهده و آزمایش/٥۰/ فیثاغورسیان و موسیقی/٥۰/

فصل دوم: حوزهٔ علمی آتن ۵۱-۸۸

۱ آتن عصر پریکلس/٥۱/
۲ امپدوکلس/٥۲/پارمنیدس/٥٤/ زنون/٥٤/ معمای سنگپشت و اخیلس/٥۷/

۳ اناکساگوراس/۵۹/ لئوکیپوس و دموکریتوس/۶۰/ مکتب اصالت جزءلایتجزا (اتمی)/۶۱/ ارسطو/۶۳/ علت غایی/۶۳/ ائودوکسوس و حرکت سیارگان/۶۵/ هراکلئیدس/۶۶/
۴ بقراط خیوسی/۶۷/ مسئلهٔ دلوسی/۶۸/ افلاطون و ریاضیات/۶۸/ ائودوکسوس و ریاضیات منائخموس/۷۰/
۵ پزشکی یونانی/۷۵/ بقراط کوسی/۷۶/ ارسطو و زیست شناسی/۷۷/ ریاضیات و علوم طبیعی/۷۸/
۶ سوفسطاییان/۸۰/ شکاکیّت/۸۱/ افلاطون، ارسطو و کلیات/۸۲/ منطق ارسطو/۸۴/ زنون و مکتب رواقی/۸۶/ اپیکوروس و فلسفهٔ اپیکوروسی/۸۶/
۷ کلیات/۸۷/

فصل سوم: حوزهٔ علمی اسکندریه ۸۹ - ۱۲۷
۱ شهر اسکندریه/۸۹/ کتابخانهٔ اسکندریه/۹۰/ دانشمندان اسکندرانی/۹۱/
۲ اقلیدس/۹۲/ کتاب اصول اقلیدس/۹۳/ قضایای اقلیدسی/۹۴/ اقلیدس و نورشناسی/۹۶/
۳ ارایستارخوس/۹۶/ محاسبهٔ فاصله‌ها و اندازه‌های خورشید و ماه/۹۷/ حرکت‌زمین/۹۸/ اراتستنس/۹۹/ اندازه‌گیری محیط دایرهٔ زمین/۱۰۰/ تقویم‌های یولیانی و گرگوری/۱۰۰/
۴ ارشمیدس/۱۰۱/ روش اقناء/۱۰۲/ منحنی مارپیچی/۱۰۴/ اصل شناوری اجسام/۱۰۴/ ابداعهای فنی ارشمیدس/۱۰۶/ اپولونیوس پرگایی/۱۰۷/
۵ حساب یونانی/۱۰۸/ اختراع چنبره/۱۰۹/ حساب ارشمیدس/۱۱۰/
۶ هیپارخوس/۱۱۱/ کشف حرکت تقدیمی/۱۱۲/ اختراع مثلثات/۱۱۴/ خط زمینسنج و مثلثات کروی/۱۱۵/ هرون اسکندرانی/۱۱۶/
۷ مدرسهٔ پزشکی اسکندریه/۱۱۷/ هروفیلوس و اراسیستراتوس/۱۱۸/ فیلیموس و پزشکی تجربی/۱۱۸/ خدمات بطالمیوسیان/۱۱۹/
۸ حوزهٔ دوم اسکندرانی/۱۱۹/ بطالمیوس/۱۲۰/ فلک حامل و تدویر/۱۲۱/ پسخرام مشتری/۱۲۲/ حرکت توافقی و تناوبی/۱۲۲/
پاپوس/۱۲۴/ دیوفانتوس/۱۲۴/ جبر و زبان/۱۲۵/ نمادگرایی ریاضی/۱۲۶/ عدد نویسی دیوفانتوسی/۱۲۷/

فصل چهارم: قرون وسطا و انتقال علم به دورهٔ جدید ۱۲۹ - ۱۵۳
۱ درآمد/۱۱۶/ سیمای کلّی علوم در آستانهٔ قرون وسطا/۱۳۰/ علتهای زوال علم یونانی/۱۳۰/ مسیحیت/۱۳۱/ حکومت ارباب کلیسا/۱۲۳/
۲ اشفتگی سیاسی اروپا/۱۳۶/ تاثیرات حکومت اسلامی/۱۳۷/ نسطوریان/۱۳۹/ حمایت اسلام از علم و آزادی اندیشه/۱۳۹/
۳ ریاضیات و اخترشناسی اسلامی/۱۴۰/ ابن هیثم بصری و نورشناسی/۱۴۱/ قانون سنل/۱۴۶/ از کیمیاگری تا شیمی نوین/۱۴۶/
۴ اروپا در آستانهٔ عصر نوین/۱۴۷/ پیدایش مکتب انسانگرایی (اومانیسم)/۱۴۸/ انتقال فرهنگ و علوم اسلامی به اروپا/۱۴۹/ احیای فرهنگ و علم یونانی/۱۴۶/ رنسانس (نوزایی)/۱۵۰/
۵ میراث علم و فرهنگ یونانی/۱۵۱/ سهم علمی، فکری و فرهنگی قرون وسطا/۱۵۲/

فصل پنجم: انقلاب علمی؛ قسمت اول: هندسهٔ آسمانی ۱۵۵ - ۱۸۵
۱ علم نوین/۱۵۵/ پیشتازی اخترشناسی/۱۵۵/
۲ کوپرنیک/۱۵۶/ ضرورت واژگونی نظام بطالمیوسی/۱۵۶/ روز خورشیدی و شیاتروز نجومی/۱۵۷/ حرکت مشتری/۱۵۸/ حرکتهای سیارگان/۱۵۹/
۳ تیکو براهه/۱۶۰/ نظام تیکویی/۱۶۱/ کپلر/۱۶۴/ فاصله‌های سیارگان و ساختمانهای هندسی قانون بود/۱۶۶/ حرکت مریخ/۱۶۶/
۴ دیدگاه خورشید - مرکزی/۱۶۸/ کتاب گردش افلاک آسمانی/۱۷۰/ آزیاندر و تحریف دیباچهٔ کتاب کوپرنیک/۱۷۰/ جوردانو برونو و تفسیرآرای کوپرنیک/۱۷۱/ گالیله/۱۷۱/ کشفیات تلسکوپی گالیله/۱۷۲/ رومر و تخمین سرعت نور/۱۷۳/ ماههای مشتری/۱۷۳/ حلقهٔ زحل/۱۷۴/ دستگاه تفتیش عقاید و گالیله/۱۷۴/ جاوهٔ اخترشناسی نوین در شمر میلتن/۱۷۵/
۵ مفهوم حرکت مطلق/۱۷۶/ پیکرانگی کیهان/۱۷۷/ نزاع علم و تعصّب/۱۷۸/ کش‌مکش عقل و مخالفان عقل/۱۷۸/
۶ ویلیام هرشل/۱۸۰/ کهکشانها، سحابیها، برونکهکشانها/۱۸۰/ ویلهلم بسل اندازه‌گیری حرکت و فاصلهٔ ستارگان/۱۸۱/ واحدهای اخترشناسی/۱۸۲/ فیفاووسیان/۱۸۳/ درخشندگی، تابندگی، تناوب/۱۸۳/

فصل ششم: انقلاب علمی؛ قسمت دوم: مکانیک آسمانی ۱۸۷ - ۲۱۶
۱ اندیشهٔ حرکت/۱۸۷/ مکانیک قدیم و جدید/۱۸۷/ قانون لختی/۱۸۸/
۲ توریچلی/۱۹۰/ علم خواص هوا/۱۹۱/ اتوفون گریکه/۱۹۲/
۳ رنه دکارت/۱۹۲/ نظریهٔ گردشارها/۱۹۳/
۴ مدار سیارگان/۱۹۵/ فرضیهٔ نیروی خورشید/۱۹۶/ درآمدی بر اندیشهٔ نیوتون/۱۹۶/
۵ مفهومهای بنیادی نیوتونی/۱۹۷/ قانونهای حرکت نیوتون/۱۹۸/ اصول مکانیک و قانون لختی/۲۰۰/
۶ نیوتون و حرکت سیارگان/۲۰۱/ نیوتون و قانونهای کپلر/۲۰۲/ اعتبار علمی نتایج ریاضی/۲۰۴/ قانون گرانش عمومی/۲۰۴/ انتشار کتاب *اصول* نیوتون/۲۰۷/
۷ *اصول* نیوتون/۲۰۸/ تاثیر نیوتون در ریاضیات/۲۰۹/
۸ دین نیوتون به پیشروان/۲۱۰/ گرانش در آرای دیگران/۲۱۱/ هویگنس، حوالهٔ بورلی، روبروال/۲۱۲/
۹ هیلی، اویلر، کارو/۲۱۳/ لاپلاس و لاگرانژ/۲۱۴/ کتاب مکانیک آسمانی/۲۱۴/ بسل، ادمز، لوورییه، ایری، چالیس، گاله/۲۱۵/ کشف سیارهٔ نپتون/۲۱۶/ اختلال حرکت سیارگان/۲۱۶/

فصل هفتم: انقلاب در نگرشها و روشها ۲۱۷ - ۲۵۷
۱ چشم‌اندازی نو/۲۱۷/ دانش، همگونگیهای طبیعی/۲۱۸/ رهیافت نو به جهان/۲۱۹/ اهمیت دانش سطحی/۲۲۰/
۲ نیوتون و گرانش/۲۲۱/ تبیین علمی/۲۲۱/ روش علمی نیوتون/۲۲۲/ نیوتون و نگرش علمی/۲۲۳/
۳ فرانسیس بیکن/۲۲۴/ روش علمی/۲۲۵/ فرضیهٔ علمی/۲۲۶/ قانون گرانش و روش علمی/۲۲۸/
۴ کش مکش عقل و تجربه/۲۲۸/ روشهای پیشینی و پسینی/۲۲۹/ دکارت و اسپینوزا/۲۲۶/ تجربه‌گرایی: سنت فلسفی انگلیس/۲۳۲/

۵ جان لاک/۲۳۲/ تحقیق در بارهٔ فاهمهٔ انسانی/۲۳۳/ تفکر و استنتاج/۲۳۴/ اصول فطری و تصورات و ادراکات/۲۳۵/
۶ لاک و افلاطون/۲۳۶/ منون افلاطون/۲۳۷/ روش گفت وگوهای سقراطی (افلاطونی)/۲۳۷/
۷ بازنگری لاک و افلاطون/۲۳۸/ غار افلاطون/۲۳۹/ جوهر/۲۳۹/ تفاوت ماهیت افلاطون و لاک/۲۴۰/
۸ تجدیدنگرایی در فلسفهٔ علم/۲۴۲/ تجدیدنگرایی و مدارای سیاسی و فلسفی/۲۴۳/ تاثیر لاک/۲۴۳/
۹ بازنگری لاک/۲۴۴/ لاک و ریاضیات/۲۴۴/ لاک و فرضیه/۲۴۴/
۱۰ کانت و حس زمان و مکان/۲۴۵/ مدرسهٔ نا نئولیدسی/۲۴۶/ کاوس، بولیای، لوباچفسکی، ریمان/۲۴۸/
۱۱ والتر/۲۴۹/ نامه‌ها و کاندید/۲۵۰/ والتر و بیکن/۲۵۰/ والتر و نیوتون/۲۵۰/ والتر و دکارت۲۵۰۸/
۱۲ تاثیرهای والتر/۲۵۵/ ازبورن رینولدز/۲۵۶/ برق و نور/۲۵۷/

فصل هشتم: پیشرفتهای علمی در سده‌های ۱۶ و ۱۷ و ۱۸ ۲۵۹ - ۳۱۵

۱ اروپا و ریاضیات اسلامی/۲۵۹/ ریاضیات در اسپانیهٔ رنسانس/۲۵۹/ تحول جبر نوین/۲۶۱/
۲ هندسهٔ نوین/۲۶۲/ هندسهٔ مختصاتی/۲۶۳/ کارت و هندسهٔ تحلیلی/۲۶۳/ دزارگ و هندسهٔ تصویری/۲۶۴/ تصویر و تبدیل هندسی/۲۶۴/
۳ حساب دیفرانسیل و انتگرال/۲۶۵/
۴ کشمکش لایبنیتز و نیوتون/۲۶۸/ نیوتون و فلوکسیون/۲۶۸/ لایبنیتز و حساب بی‌نهایت کوچکها/۲۶۹/
۵ تراشناسی/۲۷۰/ پژوهش درونی/۲۷۰/ کجنمایی، انحراف، براکند/۲۷۲/ اختراع میکروسکوپ/۲۷۳/ خطوط فراونهوفر/۲۷۵/
۶ نظریه‌های نوری/۲۷۶/ نظریه‌های نشری، ذره‌ای، موجی/۲۷۷/ تخمین سرعت نور/۲۷۸/ آزمایش تاس یونگ/۲۷۸/ پراش و تداخل/۲۷۸/ معمای باور نیوتنی/۲۷۹/ نظریهٔ رسول/۲۸۰/ مجاسن و معایب هندسی و قیاس/۲۸۱/ اصل دوپار در اختر شناسی/۲۸۱/
۷ تاثیر جورج بارکلی، از دعاوی علم/۲۸۲/ اندیشه‌های بارکلی و آثار او/۲۸۳/ بارکلی و هستی ماده و ذهن/۲۸۳/ ماده و ذهن از نگاه مکتبهای فلسفی/۲۸۷/ بارکلی و علم و دین/۲۸۸/
۸ دیوید هیوم و شکاکیت/۲۹۰/ هیوم و معلول/۲۹۰/ ژان ژاک روسو و عاطفه/۲۹۱/ روسو و علم/۲۹۲/ خردگریزی/۲۹۲/
۹ از کیمیاگری تا شیمی نوین/۲۹۳/ پاراسلسوس و شیمی پزشکی/۲۹۴/ آزمایش وان هلمون/۲۹۵/ الکاهست، مادهٔ اولی، جوهر/۲۹۵/ ترفند زبان و خطای تفکر/۲۹۶/ مادهٔ اولی و مثل افلاطونی/۲۹۶/ رابرت بویل و شیمیدانی شکاک/۲۹۷/ عنصر شیمیایی/۲۹۸/ بنای شیمی نو/۲۹۹/
۱۰ فلوژیستون/۳۰۰/ تکاپس و آب/۳۰۱/ پریستلی و کشف گاز تازه/۳۰۲/ آزمایش لاووازیه/۳۰۳/ نظریهٔ نوین احتراق/۳۰۴/ تاثیر کشفیات پریستلی و لاووازیه در حوزه‌های دیگر/۳۰۵/ چرخهٔ کربن و فوتوسنتز/۳۰۵/
۱۱ نظریهٔ تناوبی/۳۰۶/ نظریهٔ اتمی/۳۰۶/ نظریهٔ کالوریک/۳۰۷/ نظریهٔ جنبشی گرما/۳۰۷/ نظریه‌های جان دالتن/۳۰۸/ قانون نسبتهای چندتایی/۳۱۰/
۱۲ زیست‌شناسی و دیدگاههای مکانیکی/۳۱۱/ مدرسهٔ پزشکی یادوا/۳۱۳/ ویلیام هاروی و کشف

گردش خون/۳۱۳/ کوار دیو و مالپیگی/۳۱۴/

فصل نهم: سدهٔ نوزده و اندیشه‌های تطورگرا ۳۱۷ - ۳۶۶

۱ دراسد/۳۱۷/ انقلاب علمی/۳۱۷/
۲ برق/۳۱۸/ گالوانی، ولتا، دیوی، فاراده، اورستد، امپر/۳۱۸/ الکترومغناطیس/۳۱۹/ آزمایش ژول وقانون بقای انرژی/۳۲۰/ زباک، هلمهولتس، کلاوزیوس، کلوین/۳۲۱/ ترمودینامیک/۳۲۴/ شیطان خیالی مکسول/۳۲۵/
۳ دگرگونیهای بنیادی، متناوب، واتصافی/۳۲۵/ دگرگونی وپیشرفت/۳۲۷/ تصورگرایی درسدهٔ ۱۹/۳۲۸/
۴ فرضیهٔ سحابی لاپلاس و کانت/۳۲۹/ فرضیهٔ جیمز جینز/۳۳۰/ فرضیهٔ تواختری/۳۳۰/ امکان یا عدم امکان زندگی در سیارگان دیگر/۳۳۰/
۵ تصور زمین/۳۳۱/ کاتاستروفیسم و اونیفورمیسم/۳۳۲/ برآوردهای سن زمین/۳۳۲/ چارلز لایل/۳۳۴/ چارلز داروین/۳۳۴/ الفرد والاس/۳۳۵/
۶ تنوع، پرورش گزینشی و طبیعی/۳۳۶/ لینه و جانوری/۳۳۹/ ردهبندی جانداران/۳۳۹/ مالتوس و جمعیت/۳۴۱/ تنوع و تنازع بقا/۳۴۲/ منشاء انواع/۳۴۲/
۷ تفاوتهای خودبخودی/۳۴۴/ صفتهای اکتسابی/۳۴۴/ لامارک/۳۴۵/ تغییرات برونی و عوامل ارثی/۳۴۵/
۸ یاخته شناسی/۳۴۶/ توارث و توارث لامارکی/۳۴۶/ آزمایش مندل/۳۴۸/ نظریهٔ رنگین‌تن/۳۵۱/ مندلیسم/۳۵۱/
۹ رهیافت جامع و فلسفی/۳۵۲/ رهیافت تفصیلی و علمی/۳۵۲/ اشتی فیلسوفان و عالمان/۳۵۲/
۱۰ نزاع علم و تعصب/۳۵۴/ برهان نظم در برابر آیین داروین/۳۵۴/ تصور و بینش دینی/۳۵۵/ تاس هنری هاکسلی/۳۵۶/
۱۱ هربرت اسپنسر/۳۶۰/ فلسفهٔ آزادی عمل/۳۶۰/ جان استوارت میل/۳۶۱/ آزادی عقیده و بیان/۳۶۲/ هاکسلی و دیدگاه او/۳۶۳/ ریشه‌های سیاسی اجتماعی لامارکیسم/۳۶۴/ جنجال لیسنکو/۳۶۴/ انسان برتر نیچه/۳۶۵/

فصل دهم: فرجام سخن: روندهای علمی و فکری سدهٔ بیستم ۳۶۷ - ۳۷۴

۱ انقلاب علمی سدهٔ بیستم/۳۶۷/ نظریهٔ نوین ماده/۳۶۸/ نظریهٔ کوانتوم/۳۶۹/ نظریهٔ نسبیت/۳۶۹/ قانون گرانش انیشتین/۳۷۰/ برخورد نوین دانشمندان به جهان/۳۷۱/
۲ مروری کوتاه/۳۷۳/ گرایشهای الهامبخش علم/۳۷۳/ مشکل علم/۳۷۳/ مشکل تخصص/۳۷۴/ مشکل یگانگی زندگی فکری/۳۷۴/

برگزیده‌ای از کتابهای مهم برای مطالعهٔ بیشتر ۳۷۵

واژه‌نامهٔ فارسی به انگلیسی ۳۷۷
واژه‌نامهٔ انگلیسی به فارسی ۳۸۱
فهرست راهنما ۳۸۵

فهرست تصویرها

تصویر یك: (الف) بقراط کوسی؛ (ب) ارسطو؛ (پ) ارشمیدس. ۵۵
تصویر دو: اکروپولیس در آتن، از روی نمونهٔ بازسازی شده. ۵۶
تصویر سه: ورانیزه: چشن در منزل اویوس. ۷۳
تصویر چهار: (الف) نمازخانهٔ پاتسی، فلورانس؛ (ب) سانتاماریا نوولا، فلورانس. ۷۴
تصویر پنج: تندیس کوپرنیك در میدان شهر تورن. ۱۴۲
تصویر شش: استادی: کیمیاگر. ۱۴۳
تصویر هفت: زحل و حلقه‌های آن. ۱۶۲
تصویر هشت: (الف) سحابی مارپیچی؛ (ب) خوشهٔ سحابیهای برونکهکشانه‌ای. ۱۶۳
تصویر نه: (الف) کپلر؛ (ب) گالیله؛ (پ) دکارت؛ (ت) نیوتون. ۲۳۰
تصویر ده: ردیابی سیارگان خرد. ۲۳۱
تصویر یازده: (الف) لاك؛ (ب)بیکن؛ (پ) بارکلی؛ (ت) ولتر. ۲۵۲
تصویر دوازده: (الف) تلسکوپ بازتابی نیوتون؛ (ب) بازتابگر یکصد اینچی در رصدخانهٔ مونت‌ویلسن. ۲۵۳
تصویر سیزده: لئوناردو داوینچی: پای چپ در سه حالت. ۳۲۲
تصویر چهارده: فاراده (مایکل فردی) در آزمایشگاه انجمن پادشاهی انگلیس. ۳۲۳
تصویر پانزده: (الف) لایل؛ (ب) داروین؛ (پ) والاس؛ (ت) هاکسلی. ۳۲۸
تصویر شانزده: انسانوارها، (الف) گیبون؛ (ب) شمپانزه؛ (پ) اورانگوتان؛ (ت) گوریل. ۳۴۰

یادداشت مترجم

کتابی که در دست شماست یك دورهٔ فشردهٔ تاریخ علم همراه با کلیات مبحثهای بنیادی فلسفهٔ علم است که به قلم استادی کارآزموده نوشته شده است. لویس ویلیام هازی هال[1] نویسندهٔ این کتاب، تحصیلات دانشگاهی خود را در رشته‌های علوم و ریاضیات در دانشگاه کیمبریج انگلستان به پایان برده است و سپس آموزش علم و پژوهش علمی را پیشهٔ خود ساخته است. هال، استاد ریاضیات و تاریخ علم دانشگاه بریستول انگلستان و نگارندهٔ آثار بسیاری است که این کتاب و کتاب دیگری دربارهٔ ریاضیات از جملهٔ نوشته‌های با اهمیت اوست.

تاریخ و فلسفهٔ علم در کنار کتابهایی که تاکنون در زمینهٔ تاریخ و فلسفهٔ علم به زبان فارسی انتشار یافته است[2]، اثری است کم مانند و نه تنها تکرار مکررات نیست، سهل است، با سودمندیهای ویژه‌اش جایگاهی از آن خود تواند داشت.

در این کتاب بحث تاریخ علم همراه با فلسفهٔ علم و موضوعها و مفهومهای علمی طرح شده است. البته شاید هیچ تاریخ علمی نتوان یافت که نویسنده‌اش درباب فلسفهٔ علم نگرشی را بیان نکرده باشد یا نگرش خاصی را نشان نداده باشد. داشتن دیدگاه و زاویهٔ دید از جمله چیزهایی است

---

1. Lewis William Halsey Hull

۲. برای آشنایی با منابعی که در حوزهٔ تاریخ علوم به فارسی انتشار یافته است، می‌توانید به این مأخذ مراجعه بفرمایید:

فرخ امیرفریار. «کتابشناسی توصیفی تاریخ علوم». *نشر دانش*، دورهٔ ۲، ش ۱ (فروردین ۱۳۶۰): ص ۶۶-۵۶.

که در کار تاریخنگاری به طور اعم و در تاریخنگاری علم به طور اخص پرهیزپذیر نیست، اما طرح مبحثهای خاص فلسفهٔ علم به موازات مباحث تاریخ علم، و تعریف موضوعها و توضیح مفهومهای وابسته به آنها از امتیازهای چشمگیر این کتاب است که مطمئناً برای دانشکاران سودمند و برای دانشپژوهان اندیشه برانگیز خواهد بود.

نویسنده در این کتاب تنها به تاریخنگاری علم و طرح بحثهای بنیادی فلسفهٔ علم بسنده نکرده است و دربارهٔ بسیاری از پدیده‌های علمی، ابزار و ادوات علمی و حتی چگونگی ساختمان یا طرز کار آنها به شرح و توصیف پرداخته است. این شرح و وصفها گذشته از آنکه دامنهٔ بحث را فراختر، مفهوم را روشنتر و مطالب را شیرینتر می‌کند، برای دانشجویان رشته‌های علمی و فنی جنبهٔ آموزنده نیز دارد.

یکی دیگر از محاسن این کتاب این است که نویسنده مانند استادان کارکشته‌ای که بر درس و بحث تسلّط دارند، مرزهای اصلی موضوع را تعیین می‌کند، چکیدهٔ مطلب را بازمی‌گوید، حاشیه نمی‌رود و اگر به نکتهٔ دیگری می‌پردازد، برای این است که خواننده از زاویه‌ای دیگر و بادیدی فراختر به موضوع نظر کند. هال از سنخ نویسندگانی نیست که هراسگین، نامطمئن و دست به عصا گام برمی‌دارند و برای تحکیم هر جملهٔ ساده‌ای که می‌خواهند بگویند سند و مدرک ردیف می‌کنند. البته نویسنده فهرست منابع مهمّی را که برای آموزش تاریخ علم و نوشتن این کتاب از آنها استفاده کرده در پایان کتاب آورده است و [illegible] نیز بران افزوده است.

تاریخ و فلسفهٔ علم که محصول سالهای متمادی آموزش در کلاسهای دانشگاهی است، با زبانی نسبتاً ساده و روان، تداوم موضوعی و منطقی بی‌گسست و یک آهنگ، با آمیزه‌ای از اشارات اندیشه‌برانگیز فلسفی، تاریخی و تحلیلی و روی هم رفته به شکلی خوشایند و رغبت‌آور تالیف شده است. هال در هیچ کجای این کتاب از قلمرو اعتدال فکری و واقع‌نگری و فروتنی علمی بیرون نرفته است و حد و مرزهایی را که علم را از غیرعلم جدا می‌کند، نگاه داشته است. او همواره به صورت مستقیم و غیرمستقیم به پوالفضولان، افراطکاران، تفریطکاران و کسانی که به اعتبار احکام حوزهٔ خود در سایر حوزه‌ها دخالت نابجا می‌کنند، هشدار داده است و معارضان و متخاصمان را به اعتدال فکری، واقع‌بینی علمی و فلسفی اندیشی فراخوانده است و البته همهٔ اینها به رنگ نگرش و برداشتهای خاص فلسفی و علمی او آغشته است.

چون توضیحهای ضروری دیگر در «دیباچه»ی نویسنده آمده، بهتر است از این مطلب بگذریم و چند نکته را دربارهٔ ترجمه و همکاران و مددکاران مترجم که یادآوری نام و سپاسگزاری از مساعدتهایشان ضرورت دارد به آگاهی خوانندگان برسانیم.

این کتاب از زبان انگلیسی به فارسی برگردانده شده است. در پاراگراف‌بندی، جای تصویرها و نمودارها و ترتیب مطالب هیچ گونه تغییری داده نشده است، جز شماره و عنوان فصلهای فرعی که

در متن اصلی نیست و مترجم به قصد استفادهٔ بیشتر خوانندگان و آسانی بیشتر آموزش و فراگیری، به جای سه ستارهٔ متن اصلی، آنها را برای متمایز ساختن مبحثهای فصلها به کار گرفته است. عنوان هر مبحث با توجه به مضمون آن و از میان اصطلاحها و عبارتهای آن برگزیده شده است.

اصطلاحهایی که در این ترجمه به کار رفته هیچ کدام ساختهٔ مترجم نیست، جز در چند مورد که اصطلاح مناسب وجود نداشته است و اگر وجود داشته یا مترجم از آن بی‌خبر بوده یا سابقه‌اش کاربرد آن را نمی‌پسندیده است. روشی که برای ضبط نامها از آن پیروی شده است، ضبط بر اساس زبان ماخذ یا ضبط ماخذ است. اما پاره‌ای از نامها به گونه‌ای متفاوت از ضبط ماخذ در زبان فارسی تداول دارند. برای مثال، در زبان ما نام یونانی «توکودیدس» به پیروی از ضبط فرانسوی به صورت «توسیدید»، نام «گالنوس» به پیروی از ضبط عربی ـ اسلامی به صورت «جالینوس» و نام انگلیسی «فردی» باز به پیروی از تلفظ فرانسوی به صورت «فاراده» رواج دارد. بازنویسی این گونه نامها ــ که شمارهٔ آنها نسبتاً بسیار زیاد است ــ براساس ضبط ماخذ یا تهوّر می‌خواهد که مترجم اصلاً ندارد یا ممکن است اصولاً کار درست و سودمندی نباشد که مترجم قبلاً دربارهٔ چندوچونش تامل نکرده است. به هر حال در این ترجمه کوشش براین بوده که تلفظ نامها مطابق ضبط ماخذ باشد و نامهایی که ضبطهای متفاوتی دارند، برحسب اینکه ضبط درستتر یا مشهورتر کدامیک بوده است، ضبط دیگر در داخل کمان گذاشته شده است. خوب است همین جا یادآور شویم که ضبط *دایرةالمعارف فارسی* غلامحسین مصاحب منبع مترجم است و در مواردی که نامی در جلد یکم و دوم این دایرةالمعارف یافت نشده است، در وهلهٔ اول ضبط فرهنگ آلمانی دودن و در وهلهٔ دوم ضبط فرهنگهای امریکایی وبستر ملاک کار مترجم قرار گرفته است.

ناشری که ترجمهٔ *تاریخ و فلسفهٔ علم* را دربرنامهٔ نشر خود داشت، از اقای مهندس حسین معصومی همدانی خواسته بود این کتاب را به فارسی ترجمه کنند. اقای معصومی به دلایلی از این کار منصرف شدند و پس از آنکه ترجمهٔ کتاب به این مترجم سپرده شد، قسمتی را که از فصل یکم به فارسی برگردانده بودند، دراختیار مترجم قراردادند. ترجمهٔ اقای معصومی با اصل مقابله شد و کوشش گردید روش شناخته شده و پسندیده‌ای که ایشان نیز سعی کرده بودند در ترجمه مراعات کنند تا سرحدامکان دنبال شود. پس از پایان گرفتن کار ترجمهٔ این کتاب، اقای معصومی بیش از نیمی از ترجمه را در حضور مترجم و در چندین نشست با اصل مقایسه کردند وبرای دقت بیشتر ترجمه، رسایی مطالب و مفاهیم علمی و روانی سخن از هیچ گونه مساعدتی دریغ نورزیدند. نه تنها نظرهای سنجیده و باریک اندیشیهای ایشان نزد مترجم از احترام برخوردار است، بلکه نکته‌هایی را که نگارنده در جریان کار از ایشان آموخته است از یاد نمی‌برد و حق آموزنده را همواره پاس می‌دارد.

آقای محمدتقی‌زاده در راه چاپ و نشر کتاب همه جور مساعدت داشته‌اند. اقای امیرجلال‌الدین اعلم بخشهایی از ترجمهٔ این کتاب را با متن اصلی مقابله فرموده‌اند، نکته‌های سودمندی یادآور

شده‌اند و تجربه‌های شخصی‌شان را که نتیجهٔ سالها ممارست ترجمه و ویرایش است با گشاده‌نظری دراختیار نگارنده قرار داده‌اند. آقای اصغر مهرپرور با وجدان کار، دقت ممتاز و حس مسئولیت بر امور فنی چاپی نظارت کرده‌اند. خانم مریم ساوکی و خانم زهرا آقاسیدصادق حروفزنی و تصحیح یك نمونهٔ چاپی را انجام داده‌اند. هرچه زیبایی در تنظیم و آرایش صفحه‌هاست محصول پنجهٔ هنرمندانهٔ آقای فوزی حسن تهرانی است. در سراسر مدتی که کار ترجمه ادامه داشت، کتابخانه‌های شخصی آقایان امیرفریار و بنرافکن برای مراجعه به کتابهای لازم به روی نگارنده باز بود. آقای کامران فانی، فاضل مکرم، نکته‌های سودمندی رایادآور شدند و مترجم نظریات ایشان را عیناً به کار بست. آقای مهندس عبدالرضا نهچیری روگرفتی از متن اصلی کتاب را از خارج کشور تهیه کردند و ارسال داشتند. اگر لطف ایشان نبود، به سبب فقدان متن اصلی یقیناً ادامهٔ کار ممکن نمی‌شد.

نگارنده وظیفهٔ خود می‌داند از کسانی که نامشان گذشت و سایر همکاران انتشارات سروش سپاسگزاری کند و امتنان ویژهٔ خود را به محضر دوست دانشور آقای بهاءالدین خرمشاهی ابراز دارد. آقای خرمشاهی این ترجمه را از آغاز تا پایان با دقت و وسواس تمام مطالعه فرموده‌اند و مترجم را از پیشنهادها و نظریات ارزشمند خود بهره‌مند ساخته‌اند.

اگر حسنی در این ترجمه هست، مطمئناً از آن این دوستان و همکاران ارجمند است و اگر عیبی در کار هست، که یقیناً هست، چه کاستی در ترجمه و چه نقص در عنوان‌گذاریها، تصحیح چاپی، فهرست نامها، واژه‌نامه‌ها و سایر جنبه‌های فنی و غیر فنی کتاب، مسئولیتش فقط متوجه مترجم است. امیدوار است خوانندگان از این کتاب فایده ببرند و این اثر بتواند در پیشرفت علمی کشور ما سهیم باشد.

عبدالحسین آذرنگ

تهران

تابستان ۱۳۶۳

دیباچهٔ نویسنده

این کتاب، تاریخ تفصیلی علم نیست؛ کوشش کتاب براین است تا با درنظرآوردن اندیشه‌های علمی در متن تاریخ و فلسفه، بر شکاف میان علم و علوم انسانی پلی بزند. این شکاف از هر جهت تازه است، زیرا پیامد تخصص اجتناب‌ناپذیر در جهانی است که بیش از پیش فنی‌تر می‌شود. فن ورزان معمولاً زمینهٔ فلسفی منسجمی ندارند و در عوض کسانی که از فرهنگ عمومی بهره‌مندند، به علمی که آگاهی بسیار اندکی از آن دارند ارج نمی‌نهند. نتیجه درخور تاسف است. کارکنان علمی که مهارت فنی را برای خود مهارت دنبال می‌کنند، ممکن است قدرت تشخیص مسائل انسانی را از دست بدهند. کسانی که می‌خواهند علم را تنها نیرویی بدانند که در پس تولید انبوه، بمبهای اتمی و سفرهای فضایی نهفته است، از فهم سهم اساسی علم در اندیشهٔ بشر ناتوان می‌مانند.

این کتاب، مقدماتی است. فرض براین بوده که دانش علمی خواننده محدود است. اما روی‌هم رفته نمی‌توان این کتاب را نوشتهٔ آسانی دانست، همچنان که از طرح اندیشه‌های دشوار پرهیز نشده است. مطالبی که برای این کتاب دست‌چین شده یا به سبب اهمیت تاثیرشان بر اندیشه بوده یا برای آنکه نبوغ عصری یا کسی را نشان دهد. لاجرم گزینش تا اندازه‌ای به نظر شخصی بستگی دارد و بدون شك بیشتر خوانندگان دربارهٔ برخی از مبحثها نکاتی بسیار کم و درباب بعضی از موضوعهای دیگر مطالب بسیار زیادی خواهند یافت.

البته نبودن توازن ظاهری در چند مورد، حساب شده است. از علوم کاربستی مانند پزشکی و مهندسی فقط به اختصار یاد شده است. در کتابی که مضمونش بیشتر رابطهٔ علم و اندیشه است تا رابطهٔ علم و عمل، این اختصار طبیعی است. در فصلهای نخستی کتاب مطالب زیادی دربارهٔ علوم زیستی نیست. امیدوارم در قسمتهای مربوط به بقراط، ارسطو، اسکندرانیها و ویلیام هاروی بر پیوند با اهمیت این علوم با پیشرفت تجربه‌گرایی به اندازهٔ کافی تاکید شده باشد. اما تا پیش از

گسترش اندیشه‌های تطورگرا، نفوذ زیست‌شناسی ظاهراً به دشواری می‌تواند با تاثیر ریاضیات و علوم طبیعی سنجش‌پذیر باشد. وقتی زیست‌شناسی یکه‌تاز صحنه شد، توازن در سدهٔ نوزدهم به هیئت دیگری درآمد.

دربارهٔ علم یونانی کاملتر از پاره‌ای از موضوعهای دیگر سخن رفته است، زیرا تقریباً ریشهٔ همهٔ اندیشه‌های مهمی که پشتوانهٔ علم نوین است در علم یونانی است. شاید مقایسهٔ لاک و افلاطون در فصل هفتم نیز بیش از حد انتظار طولانی جلوه کند. این بحث به لحاظ خود لاک و افلاطون طولانی نیست، بلکه به جهت آن است که آن دو نمایانگر کش‌مکش دو دیدگاه مخالف یکدیگرند، دیدگاههایی که بر سراسر تاریخ اندیشه سایه افکنده است. پیش ازاین دو تن از خوانندگان، مرا در حق افلاطون بی‌انصاف خوانده‌اند. به نظر من نگرش افلاطون به علم، در همین موضوع بخصوص، غالباً همدلانه و باریکبین نیست. در پافشاری که براین نکته دارم، از مقام ارجمند و اهمیت بسیار افلاطون بخوبی آگاهم. در هر حال نمی‌توانم بپذیرم شهرت افلاطون از چیزهایی که من ممکن است بگویم لطمهٔ جدی ببیند.

بیش از بیست سال است که نوشته‌های گوناگونی خوانده‌ام و بیشتر آنها پیش از زمانی بوده است که به صرافت نوشتن این کتاب افتادم؛ بنابراین برایم امکان‌پذیر نیست مشخصات همهٔ منابعم را ذکر کنم. دَین من به سایر نویسندگان بسیار گران است. امیدوارم همین اندازه که در متن کتاب، در یانوشتها و در فهرست پایان کتاب، به آنها ارجاع داده شده است کفایت کند.*

اویس ویایام هازی هال

* چند سطر نام کسان و حقگزاری نویسنده از ایشان حذف شد. ــ م.

فصل اول
سپیده دم علم

۱ درآمد مرز میان علوم و هنرها (فنون) علم و ریاضیات

مهمترین دوره‌های پیشرفت علمی عبارتند از: (۱) دورهٔ یونانیان اسکندرانی؛ (۲) دورهٔ انقلاب علمی در سدهٔ هفدهم؛ (۳) دورهٔ مادیگرایی[1] در سدهٔ نوزدهم؛ (٤) دورهٔ نوین که هم‌اکنون در آن هستیم. هیچ یک از این دوره‌ها را نمی‌توان جدا از هم فهمید. دورهٔ نخست را باید در پیوندهای آن با علم گذشته‌های دور، به ویژه علم مصری، بابلی و دوران نخستین یونان پیش روی آورد. دورهٔ دوم که از مدتها پیش و از سدهٔ سیزدهم جوانه زده بود و پیشرفت آن تا سدهٔ هیجدهم ادامه داشته، با مجموعهٔ پیچیده‌ای از جنبشهای سیاسی، نظامی، اقتصادی و دینی به دورهٔ نخست مربوط بوده است. وجه تمایز دورهٔ سوم در پیدایش شیمی و زیست‌شناسی است. در این دوره علوم ریاضی پیشرفتی چشمگیر داشتند، اما نگرش کلی این علوم، هنوز همان نگرش دورهٔ انقلاب علمی بود.

دورهٔ چهارم هم گواه پیشرفت شگفتی‌آور فنی و هم گویای رشد سرسام‌آور علم محض است. اغلب به این نکته توجه نمی‌کنند که در همین دوره دگرگونی ژرفی در بینش فلسفی دانشمندان روشن‌اندیش روی داده است. این دگرگونی آثار زیر را به همراه داشته است: رهاکردن نگرش مکانیستی[2] محض به جهان، گرایش به آزاداندیشتر بودن و پی بردن به اینکه علم باید از تبیین جهان دست بکشد و تنها به توصیف و پیشگویی آن خرسند باشد. راستی که برجسته‌ترین پیشرفتهای علمی همیشه با فروتنی و احتیاط بیشتری از سوی دانشمندان همراه بوده است. نگرش نوین با اندیشمندان اصیل سدهٔ نوزدهم آغاز شد؛ گواینکه اهمیت راستین کارهای این اندیشمندان در زمان خود آنها فهمیده نشد.

۱ـ materialism؛ مقصود نویسنده در اینجا مادیگرایی به معنای فلسفی کلمه نیست، بلکه مقصود او مادیگرایی به معنای علمی است. توضیح کاملتر این معنا در فصلهای بعدی خواهد آمد. ــ م.

2. mechanistic

معمولاً پیشرفت هریك از رشته‌های علم، نتیجهٔ پیشرفت سایر رشته‌های علمی است. برای مثال، اختراع تلسکوپ و میکروسکوپ انگیزه‌های پیشرفت در اخترشناسی[3] و زیست‌شناسی را فراهم آورد. کشف پرتو ایکس به دست یکی از فیزیکدانان، پیشرفت در پزشکی را به دنبال خود داشت. برای آنکه تاثیر متقابل علوم را در باروری یکدیگر بشناسیم، تا آنجا که ممکن است باید فعالیتهای علمی هردورهٔ خاص را همزمان با یکدیگر بررسی کنیم. ممکن است دورهٔ فعالیت یك رشته، دورهٔ فعالیت چندین رشتهٔ دیگر نیز باشد. گرایش علوم براین است با هم پیش روند یا با هم بایستند. باید به یاد داشت در هرزمان، علوم متاثر از عاملهای کلی خارجی ــ مثلاً اوضاع و احوال فلسفی، سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و دینی ــ همان زمان است. به همین دلیل، حتی حالتها و آهنگهای پیشرفت علوم در هردوره به یکدیگر شباهت دارند و شایسته است پا به پای هم بررسی شوند. اما پیش از آنکه بررسی تاریخی خود را آغاز کنیم، باید کمی از بحث اصلی دور شویم و به ماهیت خود علم بپردازیم. آیا علم با سایر کاوشها و جستجوها وجه تمایزی دارد؟ اگر دارد، وجه تمایز آن درچیست؟

رده‌بندی فعالیتهای انسانی، اغلب کاری سودبخش نیست. مرز میان فعالیتها قاطع و مشخص نیست، و هیچ فعالیتی را بدون توجه به سایر فعالیتها نمی‌توان درنظر گرفت. امکان ندارد نقطهٔ معینی را که ریاضیات از منطق یا مهندسی از فیزیك زاده می‌شود، بتوان یافت. شاید توجه نقاش به پیکر انسان، او را به سوی کالبدشناسی[4] بکشاند؛ یا جستجویی که در رنگهای تازه می‌کند، او را به علم شیمی علاقه‌مند سازد. ممکن است در موسیقی به بررسی فیزیکی صوت نیازمند شویم. تاریخدان و فیلسوف ناگزیرند هرچه را درپیرامونشان روی می‌دهد بپذیرند و درنظر آورند. کار دست در معماری، نقاشی یا مجسمه‌سازی از کار مغز جدانیست. با این همه، تقسیم‌بندیهای تقریبی خاصی هست که عرف و عادت آنها را پذیرفته است. این تقسیم‌بندیها اگر در عمل زیاد انعطاف‌پذیر نباشند، به هرجهت سودمندند.

تمایزی که در اینجا بیشتر موردنظر است، تمایز میان علوم و هنرها یا فنون است. این تمایز را اغلب به کار می‌بندند و بیفایده هم نیست؛ اما مشخص کردن آن کاری دشوار است. شاید بتوان جوهر تمایز علم و هنر را در اکتشافی بودن علم و آفرینشگری هنر دانست. دانشمند به جهان خارج، که وجود آن را مستقل از وجود خود فرض می‌کند، رو می‌کند. او این جهان را می‌کاود و کاوش خود را ثبت و ضبط می‌کند و در رفتار آنچه می‌بیند، پی انگاره[5] می‌گردد. وضع دانشمند در برابر دنیای خارج، بیشتر انفعالی و پذیرفتار است. معیار موفقیت او، معیار راستی یا صدق است. حکمهای[6] او باید تاب بررسیهای مشاهده گران مستقل را بیاورد. اگر مشاهده‌ای باشد که جایی در انگارهٔ او

3. astronomy 4. anatomy 5. Pattern 6. statements

نداشته باشد، آن انگاره هرچند زیبا و دلپسند باشد، باید بیدرنگ کنار گذاشته شود. از سوی دیگر، هنرمند در برابر جهان موضعی به مراتب فعالتر دارد. هدف او آن است تا با افزودن چیزی، برجهان، آن را دگرگون کند. کار هنرمند را باید با سودمندی یا ارزش زیبایی‌شناختی[7] آن به داوری گذارد؛ به این معنا که باید دید کار هنرمند تا چه حد نیازهای انسانی را برمی‌آورد. در این مورد مسئلهٔ راست بودن یا نبودن در کار او مطرح نیست.

هیچ کوششی نیست که سراسر علم یا یکسره هنر باشد. دانشمند تا آنجا که برای رسیدن به هدف کشف و شناخت، ابزارهای متناسب و شیوه‌های ظریف ابداع می‌کند هنرمند است؛ و هنرمند تا آنجا که برای رسیدن به هدف آفرینش هنری خود در پی معرفت یافتن به جهان برمی‌آید، دانشمند است. تنها چیزی که در این باره می‌توان گفت، این است که کدام فعالیت، بیشتر علمی یا هنری است. تمایز میان این دو بیشتر از انگیزهٔ فعالیت ناشی می‌شود نه از موضوع آن. دانشمند ریشه‌شناس[8] و شاعر هردو با واژه‌ها سروکار دارند، اما دانشمند ریشه‌شناس دانش اشتقاق واژه‌ها را از جهت علمی دنبال می‌کند و شاعر از راه هنری شعر خود را با واژه‌ها می‌آفریند. زمین‌شناس و پیکرتراش با دومنظور متفاوت سنگ مرمر را وارسی می‌کنند. نقادی شاهدهای مستند و باستانشناختی، علم است؛ اما تاریخنویسی هنر است. مکانیك که حرکت و سکون را بررسی می‌کند، علم است؛ مهندسی که بیشتر برپایهٔ مکانیك استوار است، هنر است. مهندسی، هنر و «مکانیکی» یا «کاربستی» است و همان گونه که می‌دانیم، وابستگی بسیاری به علم دارد. درهنرهای زیبا وابستگی هنر و علم به این اندازه واضح واشکار نیست. با این حال، می‌توان بررسیهای هندسی تناسب و تقارن و مناظر و مرایا[9] را توسط هنرمندان ایتالیایی دورهٔ رنسانس، یا کالبدشکافیهای لئوناردو داوینچی، یا آزمایشهای نوری نقاشان آمپرسیونیست[10] فرانسوی را، که به جای آنکه رنگها را روی شبکیه با هم ترکیب کنند، رنگهای اصلی را روی بوم نقاشی کنار هم می‌گذاشتند، به یاد آورد.

به دلایل دیگر، می‌توان چنین اندیشید که تمایز میان علم و هنر هرچند دارای اهمیت است، به آن اندازه که بسیاری از مردم تصور می‌کنند دقیق و واضح نیست. به تدریج که در این کتاب پیش رویم، پاره‌ای از این دلیلها را خواهیم دید. به دنبال بحثی که دربارهٔ تاریخ علم خواهیم داشت، به بیشتر موضوعهایی که نزد مردم به عام شهرت دارند، گو اینکه زیبنده‌تر است برخی از آنها نام هنر نهاد، توجه خواهیم کرد. در علم بودن فیزیك، اخترشناسی، شیمی، زیستشناسی، تردیدی نیست. هدف این علوم کسب دانش دربارهٔ طبیعت و رفتارجهان است. علومی که به علوم عملی موسومند، مانند مهندسی، دریانوردی، پزشکی، فنون سودمند[11] هستند. هدف نهایی این علوم، تغییردادن و

7. aesthetic 8. etymologist 9. perspective 10. impressionist 11. useful arts

مهارکردن محیط زندگی انسان است. آنها که به این علوم می‌پردازند، بیشتر اهل عملند نه اهل تفکر. با وصف این، علوم محض و عملی چنان به یکدیگر نزدیک و وابسته‌اند که باید آنها را همراه هم بررسی کرد. علوم عملی بر بنیاد دانشی استوار می‌شوند که از راه علوم محض فراچنگ می‌آید، و علوم محض به نوبهٔ خود با ابزارهای فنی علوم عملی به پیش می‌روند.

موضوع دیگری که همواره با علم پیوند دارد، ریاضیات است. ریاضیات که جز علم با زمینه‌های دیگری نیز پیوند دارد، جایگاه مهم و ممتازی را در تاریخ اندیشه داراست. تأثیر ریاضیات بارها سودمند و گاهی نیز زیانمند بوده است. ممکن است شما با این نظر موافق یا مخالف باشید، اما در هرحال نمی‌توانید تأثیر ریاضیات را نادیده بگیرید. چنانکه اگر پی به دست آوردن تصویر متوازنی از پیشرفت انسانی باشید، نمی‌توانید تأثیر ارسطو، پیامبر اسلام یا کلیسای کاتولیک روم را نادیده بینگارید. به ویژه تاریخ ریاضیات را باید در کانون تاریخ عمومی علم جای داد، زیرا که از علم بدون ریاضیات کار زیادی ساخته نیست. علم و ریاضیات دوشادوش هم رشد کرده‌اند و هریک پیشرفت دیگری را شتابان ساخته است. در موردهای بسیاری که روش مناسب ریاضی از پیش وجود داشته، غالباً پیشرفت علم شتابان شده و در مواردی مشکل علمیی که از پیش مطرح بوده، ریاضیدانان را به ابداع روشهای متناسب ریاضی واداشته است. با این همه، ریاضیات می‌تواند وجودی مستقل داشتهٔ باشد. ریاضیات از این نظر برخی ویژگیهای هنرهای زیبا را دارد.

بنابراین همان گونه که پیوندهای ریاضیات و علوم دیگر را در پیش روی خواهیم داشت، به خود ریاضیات، مستقل از سایر علوم، توجه خواهیم کرد.

۲ تمهید بحث

علم باستان را در سه بخش به کوتاهی بررسی می‌کنیم. در این فصل به پیدایش علم در میان بابلیها، مصریها و فنیقیها و نیز در باب علم یونانی از حوالی سال ۶۰۰ ق‌م تا فراز آمدن آتن پس از جنگهای ایران و یونان خواهیم پرداخت. درفصل دوّم پیشرفت علم را در دورهٔ مجد آتن ــ دوره‌ای که تا پیروزی مقدونیان درسدهٔ چهارم ق‌م ادامه داشت ــ بررسی خواهیم کرد. پیروزی مقدونیان به آنچه معمولاً عصر زرین یونان نامیده می‌شود، پایان داد. اسکندریه به منزلهٔ مرکز عالمی جهان جای آتن را گرفت. اخترشناسی و ریاضیات پیش از افول آتن به خوبی قوام یافته بودند. زیست‌شناسی و بنیاد اصلی فیزیك نظاری استقرار یافته و درمیان علوم عملی، پزشکی بیشتر از سایر رشته‌ها پیشرفت کرده بود. مهندسی، بویژه به عنوان دستیار معماری و آبیاری، به پیشرفتهایی نایل آمده بود. شایدبرانگیزترین و پایدارترین فعالیت علمی دورهٔ باستان، فعالیتهای علمی اسکندرانیهاست که

در فصل سوم بدان خواهیم پرداخت.

تاریخ علم این دوره‌ها بیشتر تاریخ اخترشناسی و ریاضیات است. این دو علم تقریباً تا عصر جدید برسایر علوم استیلا داشته‌اند. تنها در دورهٔ اخیر است که نفوذ علوم دیگر با نفوذ این دو علم مقایسه شده است.

پیدایش اخترشناسی پیدایش حساب

تمدنهای بابلی و مصری از جهتهای بسیار به هم می‌مانند. شاید این دو از تمدن شرقی مشترکی سرچشمه گرفته باشند. درهردو تمدن، علم درانحصار طبقهٔ روحانی کاملاً سازمان یافته‌ای قرار داشت و دانشی عملی و روزمره به شمار می‌آمد. انگیزهٔ این علوم نه ارضای علاقه و کنجکاوی، بلکه رفع نیازهای روزمره و به دست‌آوردن بهرهٔ مادی بود. البته دران دوره مشاهده‌های منظم فراوانی انجام می‌گرفت، نتیجهٔ مشاهده‌ها ثبت و ضبط می‌شد وبرپایهٔ بعضی از آنها تعمیمهای تجربی صورت می‌گرفت. همهٔ این کارها، به معنای واقعی کلمه، علمی بود. اما ثبت و ضبط دقیق واقعیت تنها جنبه‌ای از علم است. در آن دوره در پی یافتن دلیل و علت، یا ابداع نظریه‌های یکانه‌ساز نبودند. با وصف این، پیشینیه‌هایی که از روزگار باستان برجای ماند، درنزد دانشمندانی که در دوره‌های متاخرتر روزگار باستان می‌زیستند و قوهٔ تخیل قویتری داشتند، منتظم شمرده شد و بعضی از این دانشمندان از راه تماس با آن پیشینه‌ها از دانش بابلی و مصری الهام گرفتند. درهرحال، نباید فعالیتهای کاهنان را به سبب کمی و کاستیهایش به دیدهٔ تحقیر نگریست. از پیشروان انتظار پختگی و کمال داشتن، انتظاری بیجاست.

پیدایش زودرس اخترشناسی نباید مایهٔ شگفتی شود. آسمان همواره برفراز سر ماست و همیشه هم شگفتی‌اور است. نظم حرکات اختران نکته‌ای نیست که از دیده‌ها پنهان بماند. این نظم آدمی را توانا می‌سازد تا به اندازه‌گیری زمان و تدوین تقویم، که از لوازم ذات تمدن‌اند، بپردازد. نظم آسمان نیز به کسانی که بدقت در آن مطالعه کنند، قدرت پیشگویی رویدادهای آسمانی را می‌بخشد. رویدادهای آسمانی، همه سال با رویدادهای زمینی خاصی مانند فصل خرمن یا طغیان رود نیل، که در زندگی روزمرهٔ مردم اهمیت فراوانی داشته‌اند، همزمان بوده است. بنابراین، طبیعی بود تصور شود که اختران می‌توانند برنظام امور دنیای خاکی تأثیربگذارند و کسانی که حرکتهای خورشید، ماه و سیارگان را پیش‌بینی می‌کنند، می‌توانند از عهدهٔ پیشگویی اموری که با زندگی انسان پیوند نزدیکتری دارد برآیند. از این رو، فرصت مغتنمی به دست طبقهٔ روحانی ریشه‌دار افتاده بود تا پیشینه‌های اخترشناختی را با دقت و درپنهان نگاه دارند و برای افزایش قدرت و نفوذ خود، اعتقاد

مردم را به اخترگویی[12] راسخ کنند. اخترگویان چیره‌دست در دربار شاهان به منصبهای عالی می‌رسیدند و طبیعی بود که اخترگویان درپی چنین منصبهایی بوده باشند. اما از اخطار بخت‌النصر به کلدانیان[13] معلوم می‌شود خطرهای این پیشه کمتر از امتیازهای آن نبوده است.

انسان ابتدایی اختران و بویژه خورشید را که از پدیده‌های طبیعی هستند، می‌پرستید. به همین سبب اخترشناسی کاربرد دینی داشت. همچنان که کاربرد این علم در ساختمان پرستشگاهها و ساختمانهای دیگری که رنگ مذهبی داشتند، مانند هرم بزرگ جیزه، دیده می‌شود. سرانجام باید به پیوند اخترشناسی با دریانوردی اشاره کنیم. فنیقیها که بازرگانان دریانورد بزرگی بودند، به این موضوع توجه خاصی نشان داده‌اند.

یافتن دلایل پیشرفت ریاضیات آسان است. لازمهٔ رصدکردن آسمان محاسبهٔ زاویه‌هاست و نتیجهٔ این نوع محاسبات به زبان عدد بیان می‌شود. بنابراین هندسه و حساب همراهان لازم اخترشناسی هستند. اندکی آگاهی از حساب برای کسب و کار کافی است، اما برای مساحان و بنایان دانستن هندسه ضروری است. مصریها هرسال با مشکل مساحی زمینهایشان روبرو بودند. طغیان رود نیل مرزها را می‌شست و تعیین دوبارهٔ مرزها کاراسانی نبود. معنای اصلی هندسه «اندازه‌گیری» است.[14]

بابلیها و فنیقیها که روابط بازرگانی نزدیکی با هم داشتند، در علم حساب از مصریها پیش افتاده بودند. حساب مصری از اهمیت خاصی برخوردار نیست، اما حساب بابلی مهم است. روش عددنویسی در حساب بابلی، به روشی که ما اینک به کار می‌بریم، همانندی نزدیک داشت؛ جزآنکه آنها شصت شصت می‌شمردند. نشانه‌هایی را که ما به کار می‌بریم، مسلمانان از هندیان اقتباس کرده‌اند. اما ممکن است اندیشهٔ اصلی را هندیان از بابلیها گرفته باشند. درهر حال، ما مدیون بابلیهایی هستیم که یکی از مهمترین ابتکارهای تاریخ ریاضیات از آن ایشان است. اهمیت این ابتکار در تاریخ علم آن قدر هست که کمی به آن بپردازیم.

در نظام بابلی، یکانها را با نماد 𒁹 و ۱۰ را با نماد 𒌋 نشان می‌دادند. نماد 𒌋𒌋𒌋𒁹𒁹𒁹 نمایش دو دست باز شده بود. برای مثال، عدد ۲ را به صورت 𒁹𒁹 و عدد ۲۱ را به شکل 𒌋𒌋𒁹 نشان می‌دادند. تا اینجا هیچ نکتهٔ فوق‌العاده‌ای نیست، اما نکتهٔ مهم در این است که نظام بابلی تابع وضع و مقام بود؛

12. astrology

۱۳. کتاب دانیال نبی (عهد عتیق)، باب ۲: ۱ تا ۶.

۱۴. برابر واژهٔ «هندسه» در زبان انگلیسی geometry است، که از واژهٔ یونانی و لاتینی geometria گرفته شده است. این واژه از دوجزو geo به معنای «زمین» و metron به معنای «اندازه‌گیری» و «سنجش» ترکیب شده و اشارهٔ نویسنده به ریشه‌شناسی واژهٔ هندسه در زبان خود اوست. ــ م.

به این معنی که یک نماد برحسب مواضعی که پیدا می‌کرد، عددهای گوناگونی را نشان می‌داد. برای ما می‌نویسیم ۲۶۵، معنی آن: $۵+۱۰\times۶+۱۰^۲\times۲$ است، حال آنکه هنگامی که بابلیها می‌نوشتند 𒌋𒌋𒌋𒌋𒌋𒁹𒁹𒁹𒁹𒁹𒁹 ، مرادشان: $۵+۶۰\times۶+۶۰^۲\times۲$، یعنی ۷۵۶۵ بود. اگر بابلیها می‌خواستند عدد ۳۹۷۹۲ را بنویسند، آن را به صورت $۱۲+۶۰\times۳+۶۰^۲\times۱۱$ در نظر می‌گرفتند و آن را اینطور 𒌋𒌋𒁹𒁹 𒌋𒌋𒌋 𒁹𒁹 نشان می‌دادند. اینها هم مانند ما نظام شمارشی را برای نشان دادن اعداد کسری، گسترش داده بودند و نشانهٔ 𒌋𒌋𒌋 را برای معیزی که ما در اعشار به کار می‌بریم، به کار می‌بردند. ما برای نشان دادن ۲/۶۵ می‌نویسیم: $۲+۶/۱۰+۵/۱۰۰$ و اینها نماد 𒌋𒌋 𒁹𒁹𒁹𒁹𒁹 𒌋𒌋𒌋 را برای بیان $۲+۶/۶۰+۵/۶۰۰$ به کار می‌بردند. تقسیم درجات زاویه به حسب دقیقه و ثانیه و تقسیم ساعت در نظام شمارشی ما، بازماندهٔ گویایی از نظام شمارشی شصتگانی بابلی است.

فایده‌های نظام موضعی[15] این است که: (۱) اعداد را هراندازه که بزرگ باشند، می‌توان با ارقام محدودی نشان داد؛ (۲) این نظام روشهای مکانیکی محاسبه را ممکن می‌سازد. می‌توان به جای کار پر زحمت حساب با چتکه، محاسبه را به کمک قلم و کاغذ بسرعت انجام داد؛ (۳) با این نظام فوراً می‌توان دریافت که از دوعدد مفروض کدام یک بزرگتر است. ارزش عدد نویسی مناسب در حساب را نباید گزافه آمیز خواند. اگر شیوهٔ عددنویسی هندی-عربی نمی‌بود، جنبهٔ عملی ــ نه جنبهٔ هندسی ــ ریاضیات هرگز به این پایه پیشرفت نمی‌کرد. یونانیان استعداد نمایانی در ریاضیات داشتند. اما عقب‌ماندگی حساب و رشد شگفت‌آور هندسهٔ یونانی را باید باهم سنجید تا دریافت نشانه‌گذاری نامناسب چگونه راه پیشرفت ریاضیات را سد می‌کند. شگفت‌آور است که چرا یونانیان روشی که با روش عددنویسی ما همانند باشد، ابداع نکرده‌اند. اگر چنین روشی را ابتکار می‌کردند، شاید هندسهٔ تحلیلی و حساب دیفرانسیل و انتگرال ۲۰۰۰ سال پیش از این ودر اسکندریه ابداع می‌شد.

۴ پیدایش هندسه

هندسهٔ مصری و بابلی دانش مدوّنی نبود، بلکه تنها مجموعه‌ای از دستورعملهایی بود که برای اندازه‌گیری و مساحی زمین به کار می‌رفت. جز پزشکی و جراحی، هندسه تنها دانشی بود که مصریها در آن از بابلیها پیش افتاده بودند. با وصف این، دانش هندسی هردو قوم خام و اشتباه بود. برای مثال، بابلیها می‌پنداشتند که محیط دایره سه برابر قطر آن است و در این باب با قوم یهود

15. positional system

اتفاق‌نظر داشتند.[16] البته رقم درست، ۳/۱۴۱۶ است. این مردم دیرزمانی پیش از فیثاغورس (پیتاگوراس) از قضیهٔ مشهور مربع اضلاع مثلث قائم‌الزاویه آگاهی داشتند، اما راه اثبات آن را نمی‌دانستند. مصریها با استفاده از عکس این قضیه، در مورد مثلث قائم‌الزاویه‌ای که اضلاع آن به نسبت ۳:۴:۵ بود می‌توانستند زاویهٔ قائمه را روی زمین بسازند. آنها رشته طنابی را به همین نسبتها درنظر می‌گرفتند و هرقسمت را با گره نشان می‌کردند و طناب را به شکل مثلث در می‌آوردند. زاویه‌ای که مقابل باندترین ضلع قرار می‌گرفت، زاویهٔ ۹۰° بود. از این گذشته، آنها می‌توانستند مساحت مثلث و مستطیل را محاسبه کنند. تعجب نکنیم که مصریها چگونه حجم هرم را محاسبه می‌کرده‌اند. ساختمان هرمهای بزرگ دستاوردی بیمانند است. قراردادن گرانسنگها، که با دقت بسیار درهم جفت شده‌اند، به گونه‌ای که زاویهٔ میل وجوه شیبدار هرم یکسان و یکنواخت باشد، به مهارت زیادی در هندسهٔ فضایی عملی نیاز داشت. همین طور ترسیم مربع قاعدهٔ هرم برزمین، به طرزی که امتداد اضلاع دقیقاً در راستای شمال به جنوب و مشرق به مغرب قرار گیرد، به مهارت فراوان احتیاج داشت. بعضی از سنگهای اهرام مصر بیش از ۵۰ تن وزن دارند. با این وصف، جای دادن سنگها حتی بانیروی بی‌پایان کار بردگان، شاهکار بیمانندمهندسی است. ازدیگردستاوردهای جاودان مصریها در مهندسی، ساختمان آبراهه‌ای است که رود نیل را به دریای سرخ (بحر احمر) پیوند داده است.

۵ صورتهای فلکی اخترشناسی بابلی دورهٔ ساروس

بازمی‌گردیم به اخترشناسی بابلی. لازم است چندکلمه‌ای در باب منظر کلی آسمان بازگوییم. به ظاهر و به نظر ما، بیشتر ستارگان (اختران ثابت) نسبت به یکدیگر تغییر نمی‌کنند. ستارگان صورتهای تغیرناپذیری را درآسمان پدید می‌آورند. برصورتهای مشخص این ستارگان که صورتهای فلکی[17] نام دارند، بابلیها نامهایی گذاشته بودند. تقسیمات بابلیها از ستارگان نیمکرهٔ شمالی به تقسیمات کنونی ما از صورتهای فلکی شباهت داشت.

ظاهراً صورتهای فلکی حول نقطه‌ای که قطب فلکی فرض می‌شود، دایره‌وار می‌چرخند. دورهای کامل صورتهایی را که به قطب فلکی نزدیکند، می‌توان دید. صورتهایی، که از آن قطب دورند، گاه در پایین افق از دیده پنهان می‌مانند؛ اما فرض براین است که این صورتها دور از چشم ما به حرکت

۱۶. کتاب *اول پادشاهان*، عهد عتیق، باب ۲۳:۷.

17. constellations

دایره‌وار خود ادامه می‌دهند. زمانی را که هرصورت فلکی صرف یک چرخش کامل می‌کند، شبانه‌روز نجومی[18] می‌گویند. قطب فلکی یا ستارهٔ قطبی[19] درخشان که از پیوندش با صورت فلکی ثابتال خرس بزرگ (دب اکبر) به آسانی بازشناخته می‌شود، بخوبی مشخص می‌گردد.

موقع سیارگان هفتگانه که با چشم نامسلح دیده می‌شوند، نسبت به ستارگان تغییر می‌کند. این سیارگان عبارتنداز: خورشید، ماه، عطارد، زهره، مریخ، مشتری و زحل. در میان سیارگان، حرکت ماه چنان تند به نظر می‌رسد که می‌توان ظرف چند ساعت تغییر جای آن را به چشم دید. سایر سیارگان هفتگانه از جملهٔ اختزانی هستند که اگر چندشب پی درپی به آسمان نگاه کنیم، آنها را بوضوح خواهیم یافت. از میان ستارگان تنها حرکت خورشید را نمی‌توان مستقیماً مشاهده کرد، زیرا با درخشش خورشید هیچ اختری را نمی‌توان دید. اما اگر آن صورتهای فلکی را که پیش از برآمدن آفتاب در آسمان پیدامی‌شوند رصد کنیم، خواهیم دید جای این صورتها در مواقع مختلف سال تغییر می‌کند. فرض کنید خورشید یک بامداد به دنبال صورت ثور[20] براسمان پیدا شود. ما برآمدن ثور را پیش از سپیده دم می‌بینیم. پس از برآمدن خورشید و تابش آفتاب امکان دیدن ثور را نخواهیم داشت. اما فرض براین است که ثور در آسمان است و درسراسر روز خورشید را از پی خود دراسمان می‌برد. یک ماه پس از آن می‌بینیم که ثور پیش از برآمدن آفتاب طاوع نمی‌کند و به جای آن، خورشید از پی صورت جوزا[21] برمی‌آید و جوزا خورشید را به دنبال خود در آسمان بالا می‌برد. در ماههای دیگر سال، ثور پیشتر از جوزا، جوزا پیشتر از سرطان[22] و سرطان پیشتر از خورشید است. پس از گذشت شش ماه، فاصلهٔ ثور با خورشید آن قدر زیاد می‌شود که با طلوع خورشید، ثور غروب می‌کند. اما پس از یک سال، باز ثور به جای نخست خود و پیش از خورشید بازمی‌گردد. خورشید، ستاره واز ثوابت است، اما به نظر ما این طور می‌رسد که زمین را از سمت مشرق به سوی مغرب دور می‌زند. و در این گردش پیوسته به دنبال صورتهایی که نام بردیم، حرکت می‌کند. سفر روزانهٔ خورشید نزدیک به ۴ دقیقه بیش از سفر آن صورتها طول می‌کشد. از این رو، گویی که خورشید در گذر از میان ستارگان آسمان به عقب، یعنی از غرب به شرق بازمی‌گردد. منطقه‌ای را که خورشید از میان صورتهای آسمان طی می‌کند، منطقة‌البروج[23] می‌نامند. منطقة‌البروج به آن دسته از صورتهای فلکی گفته می‌شود که هرسپیده دم براسمان ظاهرمی‌شوند، پی درپی طلایه‌دار خورشید قرار می‌گیرند و طرحی را تشکیل می‌دهند که خورشید بخشهایی از آن را طی می‌کند. هنگامی که ثور طلایه‌دار خورشید باشد، جوزا گرچه دیده نمی‌شود، می‌باید با خورشید طاوع کند. در این موقع می‌گویند خورشید «دربرج جوزا» است.

18. sideral day 19. Polaris 20. Taurus 21. Gemini 22. Cancer
23. Zodiac

بابلیها منطقةالبروج را رصد کرده‌اند و آن را به ۱۲ صورت فلکی تقسیم کرده و برهریك نامی گذارده‌اند. نامها و نشانه‌های اختزگونهٔ این صورتها که هم‌اکنون به کار می‌رود، عبارتنداز: حَمَل[۲۴] ♈، ثَوْر ♉، جَوْزا ♊، سَرَطان ♋، اَسَد[۲۵] ♌، سُنْبُله[۲۶] ♍، میزان[۲۷] ♎، عَقْرَب[۲۸] ♏، قَوس[۲۹] ♐، جَدی[۳۰] ♑، دَلْو[۳۱] ♒، حُوت[۳۲] ♓. (این تقسیم از منطقةالبروج، راهنمای ما در تقسیم سال به دوازده ماه بوده است.[۳۳])

مدتی را که خورشید صرف یك دور گردش به گرد زمین می‌کند، روز خورشیدی[۳۴] می‌نامند. همان طور که دیدیم، روز خورشیدی ۴ دقیقه بلندتر از شبانروز نجومی است. برای مقاصد عادی، روز خورشیدی واحد مناسبی برای اندازه‌گیری زمان است، زیرا در میان همهٔ اختران خورشید بیشتر از همه در زندگی روزمره تاثیر دارد. اما برای مقاصد اخترشناختی، روز نجومی واحدبهتری است. در همهٔ رصدخانه‌های جدید، ساعتهایی که وقت نجومی را نشان می‌دهند، دیده می‌شود. چون خورشید سالی یك بار منطقةالبروج را از غرب به شرق دور می‌زند، ظاهراً یك دور کمتر از اختران دیگر می‌پماید. بنابراین، شمارهٔ روزهای نجومی در هرسال یك روز بیشتر از شمارهٔ روزهای خورشیدی است.

در حرکت ظاهری خورشید ویژگی دیگری هست که به سبب پیوند آن با فصلهای سال قابل توجه است. به ظاهر هریك از ستارگان (مثلاً نسر واقع)[۳۵] در دایره‌ای به حول قطب فلکی می‌گردد. شعاع آن دایره در سراسر سال ثابت است.

اگر م را مرکز دایره، ن را نسر واقع و ش را شخص رصدکنندهٔ زمینی فرض کنیم، زاویهٔ م ن ش همیشه ثابت است. این زاویه، فاصلهٔ قطبی نسر واقع نامیده می‌شود و نشانهٔ بلندترین نقطه‌ای است که نسرواقع برفراز افق به آن می‌رسد. حال انکه، فاصلهٔ قطبی خورشید در طول سال ثابت نیست، بلکه از حدود ۶۶½° در نیمهٔ تابستان تا حدود ۱۳½° درنیمهٔ زمستان نوسان دارد. فاصله‌های قطبی صورتهای فلکی منطقةالبروج ظاهراً می‌بایست نوسانی بین این دوحد داشته باشند. سرطان از همه به قطب نزدیکتر وجدی از همه به قطب دورتر است. خورشید در نیمهٔ

24. Aries 25. Leo 26. Virgo 27. Libra 28. Scorpio
29. Sagittarius 30. Capricornus 31. Aquarius 32. Pisces

۲۳. نویسنده در اینجا قطعه شعری که نام انگلیسی برجهای دوازده‌گانه در آن آمده، نقل کرده است. شاید دوبیت زیر که از نصاب‌الصبیان ابونصر فراهی است، معادل نامناسبی نباشد. ــ م.

برجها دیدم که از مشرق برآوردند سر جمله در تسبیح و در تهلیل حیّ لایموت
چون حمل چون ثور، جوزا، سرطان واسد سنبله، میزان و عقرب، قوس و جدی و دلو و حوت

34. solar day 35. Vega

تابستان از برج سرطان و در نیمهٔ زمستان از برج جدی می‌گذرد. در نیمهٔ تابستان خورشید مستقیماً از فراز مدار راس سرطان[۳۶] عبور می‌کند و مدار دیگری هم هست که به همین دلیل، مدار راس جدی[۳۷] نامیده می‌شود. تبیین این دسته از حرکات ظاهری خورشید، وظیفهٔ اخترشناسی نظری است. حرکتهای ظاهری ماه و سیارگان به نسبت ستارگان بسیار پیچیده‌تر است. بابلیها و مصریها پیشینه‌های این حرکات را نگاه می‌داشتند، اما برای تبیین آن کوششی به کار نمی‌بستند. انها توانایی تبیین اهلهٔ ماه را هم نداشتند. اما بابلیها در پیش‌بینی نسبتاً دقیق گرفتهای[۳۸] خورشید و ماه، موفقیتهایی به چنگ آوردند. خُورگرفت (کسوف) هنگامی روی می‌دهد که ماه میان خورشید و زمین حایل شود؛ مَهْگرفت (خسوف) آن گاه رخ می‌دهد که زمین میان خورشید و ماه قرارگیرد. اگر سه جرم اسمانی در یك سطح مستوی با هم حرکت می‌کردند، در هرماه قمری یك خورگرفت و یك مه‌گرفت روی می‌داد. اما چون این جرمها در یك سطح مستوی حرکت نمی‌کنند، تناوب گرفتها کمتر و پراکندگی زمانی انها پیچیده‌تر است. در واقع گرفتها دوره‌ای دارند که با تغییری اندك در فاصلهٔ هر ۲۲۳ ماه قمری تکرار می‌شوند. این دوره را سارُوس[۳۹] می‌نامند. چنانچه پیشینه‌های منظمی که برای مدتی دراز نگاهداشته شده باشند بررسی شوند، دوره‌های ساروس انها دیده خواهد شد. درهر حال، این کشف قابل توجه است و ارزش مشاهدات پیگیر و تفصیلی برای علم را نشان می‌دهد. با چنین مشاهداتی ممکن است قانون کلی ارزشمندی به دست آید. شاید چون از دیرباز به خورگرفت و مه‌گرفت پی‌برده‌اند، وحشتهای خرافی که با دیدن ستاره‌های دنباله‌دار[۴۰] در مردم پیدا می‌شود، با گرفتها پیدا نمی‌شود. خورگرفت ذاتاً پرتاثیرتر از ستارهٔ دنباله‌دار است، اما پدیده‌ای که پیش‌بینی‌پذیر نباشد، همواره بیش از پدیده‌ای پیش‌بینی پذیر مایهٔ وحشت است، وستاره‌های دنباله‌دار تا پایان سدهٔ هفدهم پیش‌بینی پذیر نبودند.

٦ علم شرق

آغاز علم در خاورمیانه به بیش از هزارهٔ چهارم ق م بازمی‌گردد. از آن وقت که یونانیان (حدود ۶۰۰ ق م) ذهن فعال خود را در خدمت علم قراردادند، ما دنبالهٔ علم درخاورمیانه را به حساب خود رجا می‌کنیم. علم خاورمیانه زمینه‌ای فراهم آورد که یونانیان شناخت عینی[۴۱] خود را برپنیاد ان بنا کردند. از آن گذشته، علم خاورمیانه با پی نهادن مشاهدهٔ منظم و صبورانه به منزلهٔ یکی از ارکان روش

36. Tropic of Cancer 37. Tropic of Capricorn 38. eclipses 39. Saros
40. comets 41. factual knowledge

علمی، درس بزرگی به یونانیان آموخته بود. بیشتر دانشمندان بعدی و ازجمله دانشمندان یونانی، از آن درس آن طور که می‌بایست پندنگرفتند.

تمدنهای چینی و هندی که دیرینگی‌شان به پای تمدنهای بابلی و مصری می‌رسد، به برخی پیشرفتهای علمی دست یافته بودند؛ اما پیشرفتهایشان در رشد علمی مغرب زمین که موضوع بحث ماست، تاثیر مستقیم نداشته است. برخی از اندیشه‌های شرقی الهام‌بخش توسط مسلمانان به اروپا راه یافته است. ما در هرمورد که اثر این اندیشه‌ها احساس شود، به بررسی آنها خواهیم پرداخت.

۷ پیدایش علم یونانی روش علم یونانی علوم طبیعی یونانی

از منشاء نژاد یونانی آگاهی دقیقی نداریم، امّا نقش این نژاد در تاریخ علم از حدود ۶۰۰ ق م آغاز شده است. تمدن یونانی چندسده پیش از آن تاریخ در مدیترانهٔ خاوری استقرار یافته بود. سکونتگاه یونانیان به آنچه ما اکنون سرزمین یونان می‌نامیم، محدود نبود. یونانیان در ساحل غربی آسیای کوچک و در بیشتر جزیره‌های دریای اژه سکونت گزیده بودند ودر ایتالیا و سیسیل شهرهای کوچ‌نشینی با فرهنگ یونانی و از مهاجران یونانی تشکیل داده بودند. از داستانهای هومر دربارهٔ جنگ تروا و ماجراهای اولیس (یولیسیس) می‌توان تا حدودی به روحیهٔ مردم یونان باستان پی برد. آنها مردمی ماجراجو با ذهنی خیالپرداز و روحیه‌ای سرشار از کنجکاوی و شور زندگی بودند. علمی نداشتند، اما به جای آن، دنیایی از اسطوره‌ها آفریده بودند. هرپدیدهٔ طبیعی به نظر آنها سایهٔ زمینی یا بازتابی از هستی ماورای طبیعی بود. خاک، آب، هوا، آتش و جنگلها درنگاه آنها آکنده از جن و پری بود. خورشید، ماه و ستاره‌های آسمان هستیهای جاندار بودند و زندگانی بشر در دایرهٔ تاثیر خدایانی قرار داشت که همان کاستیها و عیبهای بشری را دارا بودند و انسان می‌بایست یا به ستیز با آنها برمی‌خاست، یا به گونه‌ای نظر لطفشان را به سوی خود جلب می‌کرد. اما از اینها گذشته، عالم درنظر یونانیان تماشایی بود. به عقیدهٔ آنها، می‌بایست به سیاحت عالم رفت و از آن لذّت برد؛ حتی اگر طعمهٔ سیکلوپها[۴۲] شد، یا به دام سیرنها[۴۳] افتاد یا به دست کِرکه[۴۴] به خوک مبدّل شد. جای شگفتی نیست که چنین مردمی با ذهن کنجکاو و سرشار از نیروی خود همین که بذر علم را کشتند، از گذشتگان خود بسرعت پیشی گرفتند.

در ۶۰۰ ق م یونانیان از لحاظ سیاسی متحد نبودند و در دولتشهرهای مستقلی چون آتن،

۴۲. Cyclopes؛ در اساطیر یونانی، عفریتهای عظیم یک چشم. — م. ۴۳. Sirens؛ در اساطیریونانی، پریان دریایی. — م. ۴۴. Circe؛ در اساطیر یونانی، عفریت جادو. — م.

کورینتوس (کُورَنت)[۴۵]، اِسپارت، میلتوُس (مَلطیه)[۴۶] و ساموُس[۴۷] می‌زیستند. ناتوانی همین دولتشهرهای جدا از هم حس توسعه‌طلبی پادشاهان ایران را برانگیخت. از ۵۴۶ ق م تا پایان سدهٔ ششم ق م، کورش و داریوش بخشهای یونانی نشین آسیای کوچک را به تصرّف درآوردند. در ۴۹۹ ق م آنیها طغیان مردم یونیا[۴۸] را دامن زدند، اما این طغیان درهم شکست و ایرانیان پیشروی بیشتر خود را به سوی غرب آغاز کردند. در ۴۹۹ ق م داریوش در محل ماراتون از آتنیها شکست خورد، اما ده سال پس از آن، خشیارشا حمله به یونان را از سرگرفت. سپاه اسپارت که قصد داشت راه را بر یورش ایرانیان ببندد، در ناحیهٔ تِرموپیلای (ترموپیل)[۴۹] تارومار شد و آتنیها در برابر مهاجمان تنها ماندند. شهر آتن به آتش کشیده شد، اما مردم آتن با نبرد دریایی سالامیس[۵۰] و در جنگ زمینی پلاتایا (پلاته)[۵۱]، میهن خود را نجات دادند. نتیجهٔ این جنگ، آزادی شهرهای دیگر دریای اژه بود. اسپارت با خودداری از همکاری، اعتبارخود را از کف داد. شهرهای آزادی با رهبری آتنیها و اتحادیهٔ دِلوُس[۵۲] متحد شدند. این اتّحاد بعدها گسترش یافت و امپراتوری آتن را تشکیل داد. اسپارت هم اتحاد جداگانه‌ای با شهرهای پلوپونسوس (پِلُپونز)[۵۳] بست. با رقابتی که میان آتن و اسپارت وجود داشت، یکپارچگی سراسری یونان امکانپذیر نبود. سرانجام اسپارتیها با جنگهای پلوپونسوسی به برتری آتنیها در شهرهای آزمای پایان دادند، اما تا گشایش یونان به دست مقدونیان و تا سدهٔ چهارم ق م، آتن همچنان مستقل و نیرومند باقی ماند.

علم یونانی در میان مردم یونیایی ساکن آسیای کوچک پیداشد، زیرا پیشهٔ بازرگانی مردم یونیا آنها را به مراوده بامردم مصر، فینقیه و بابل واداشته بود. هنگامی که ایرانیان به آسیای کوچک یورش بردند، در بحبوحه‌ای که یونانیان برای نگاهداشتن میهن خود در برابر ایرانیان می‌جنگیدند، فیثاغورس و شاگردان او در جنوب ایتالیا به مطالعات علمی اشتغال داشتند. پس از پایان جنگهای ایران و یونان، آتنیها نه تنها به جداکثر نیروی نظامی و سیاسی خود دست یافتند، بلکه دوره‌ای در تاریخ آتن آغاز شد که دورهٔ بزرگ گسترش علم، هنر و ادبیات تاریخشان به شمار می‌آید. در عصر پریکلس[۵۴] آتن به مرکز زندگی فکری یونان تبدیل شد. با اتحادیهٔ دلوس که یونیا و آتن را همپیمان ساخته بود، علم آتنی با علم یونیایی جانی تازه یافت.

ریاضیات آن عصر آتن، ریاضیاتی کم‌نظیر بود. بخشهایی از آن ریاضیات هنوز کیرایی جاودان خود را از دست نداده است. یونانیان باستان دراخترشناسی به پای بابلیها نمی‌رسیدند. درواقع یونانیان درزمینهٔ اخترشناسی دوخطای جدی علمی مرتکب شده بودند. آنها اهمیت مشاهده و

45. Corinthus 46. Miletus 47. Samos 48. Ionia(= ایونی)
49. Thermopylae(= ترموپیل) 50. Salamis 51. Plataea 52. Delos
53. Peloponnesus 54. Pericles

آزمایش را دست کم گرفته بودند و می‌پنداشتند می‌توانند از راه قیاس، به جهان خارج معرفت حاصل کنند. قیاس در نظر ایشان برپایهٔ اصول کلی بود، و این اصول کلی از احساس شخصی ایشان از وجود نظم در جهان ناشی می‌شد. مهمترین کارشان دراخترشناسی، کوششهایی است که برای تبیین حرکتهای ظاهری پیچیدهٔ اختران به کاربسته‌اند، تا آنها را ساده و خردپذیر[55] کنند. این مسئله، مسئله‌ای هندسی است و برای قومی که ذهن ریاضی داشته باشند، جاذبه دارد. می‌توان این قضیه را به این شرح بیان کرد:

شما مجموعه‌ای از چند چیز دارید: م، ا، ب، پ، .... وحرکتهای ظاهری ا، ب، پ، .... را از روی حرکت م دریافته‌اید. مجموعهٔ م، ا، ب، پ، .... را طوری ترتیب بدهید و مجموعه‌ای از حرکتهای نسبی را به گونه‌ای تنظیم کنید که با حرکتهای ظاهری آنها سازگار و درعین حال تا آنجا که ممکن است ساده باشد.

این موضوع از اساسیترین مسائلی است که اخترشناسی برای ۲۰۰۰ سال گرفتار آن بود و تا زمان کپلر راه حل رضایت بخشی نیافت. پاره‌ای از کوششهای دوران باستان از هرجهت ساده می‌نمود، اما با واقعیتهای مشهود سازگاری نداشتند؛ اقدامات دیگری که کم و بیش با واقعیتها سازگار بودند، درعمل با دشواریهای بسیار روبرو می‌شدند. با اینکه یونانیان در کشودن گره این مشکل ناکام ماندند، اما به سبب طرح مسئلهٔ خود، به عالم علم خدمتی بس بزرگ کردند. بابلیها توجه خود را به نخستین رکن اساسی روش علمی معطوف داشتند، که همانا ثبت و ضبط صبورانهٔ واقعیتهای مشهود باشد. یونانیان به دومین رکن روش علمی ــ که همانا طرح نظریه[56] (یا فرضیه)[57] متناسب با واقعیتها باشد ــ توجه نمودند. این گام که تعمیم استقرایی[58] نامیده می‌شود، مستلزم نوعی ابتکار است. تعمیم استقرایی هیچ‌گاه حاصل کار یک تن نیست. موفقیت در این راه معمولاً برپایهٔ موفقیتهای کم‌اهمیت پیشین، که ارزش آنها را دست کم نباید گرفت، گذاشته می‌شود. حتی اگر نظریه‌ای پیداشود که با همهٔ واقعیتهای شناخته شده سازگار باشد، کار به فرجام نمی‌رسد. ممکن است هرنظریه در پرتو حقایق تازه اصلاح یا حتی نقض شود، اما به هرحال ساختن نظریه‌ها، ابتکاری برای پیشرفت علم لازم است؛ زیرا نظریه‌ای که با واقعیتهای از پیش شناخته شده سازگار باشد، همیشه راه رابرای جستجوهای واقعیتهای ناگویده و مشاهده نشده و رسیدن به آنها می‌گشاید. درباب چند مورد مشهور از این گونه نظریات بعداً بحث خواهیم کرد. یونانیان چون نخستین کسانی هستند که اهمیت نظریه را دریافته‌اند شایستهٔ احترامند. اما حقیقت این است که نظریه‌های آنها دربارهٔ حرکتهای آسمانی کاملاً موفقیت‌آمیز نبوده و نتیجهٔ چندانی به بار نیاورده است. با وجود این، مهم این است که آنها سلاح علمی نیرومند و تازه‌ای به میدان آورده‌اند. ما

55. reasonable 56. theory 57. hypothesis 58. inductive generalisation

بعضی از نظریه‌های اخترشناختی آنها را، نه به عنوان نمونه‌های تاریخی جالب، بلکه به‌عنوان نظریه‌هایی که پاره‌ای از عناصر و اجزای آنها بعدها درنظریه‌های کاملتر تاثیر گذاشته است، بررسی خواهیم کرد.

فیزیك به خواصی چون جرم، شکل، وزن و حرکت، که میان همهٔ مواد مشترك است، می‌پردازد. فیزیك نُخستی یونانی تا اندازه‌ای سراسر نظری بود و طبیعتاً کاربرد چندانی نداشت. آن فیزیك بیشتر آمیزه‌ای بود از حدس و گمانهای متفننانهٔ فیلسوفان و خصوصیاتی که آنها به اعتبار نگرشهای سیاسی یا اخلاقی خود به جهان نسبت می‌دادند. این گونه بحثهای نظری که آمیخته به گمان و تخیّل هم هست، کاملاً غیرعلمی است و با آنچه پیش از این تعمیم استقرایی نامیدیم، از بیخ و بن جداست. در تعمیم استقرایی، حتی اگر نظریه‌ای ساخته و پرداختهٔ تخیّل باشد، به گونه‌ای طرح می‌شود که با آنچه راستیش در تجربه به ثبوت رسیده، سازگار است. فرق است میان تخیّل منظم و اوهام آشفته.

با همهٔ اینها مباحث نظری فیلسوفان دوران باستان دربارهٔ فیزیك، ارزش غیرمستقیم داشت. مثلاً فیلسوفان را عقیده براین بود باید به گنه اصولی که اشیای به ظاهر نامرتبط به هم را پیوند می‌دهد، دست یافت و تنوع اشیا را باید از آنچه به ظاهر می‌نماید، سطحیتر پنداشت. نظریات آن فیلسوفان درباب ماهیت اصول کلی، جز درچندمورد اتفاقی، بی‌پایه بود. اما همین نظریات راهی را در تفکر گشود که توسط جانشیانشان که از ساده‌اندیشی دست برداشته بودند و علمی می‌اندیشیدند، گسترش یافت.

یونانیان در زیست‌شناسی و پزشکی پاره‌ای کارهای دقیق و اصولی انجام دادند. دورهٔ اتنی می‌تواند با بقراط (هیپوکراتس) و ارسطو (اریستوتلس) که ممتازترین پزشکان و برجسته‌ترین تاریخدانان ماییمی بوده‌اند، به خود ببالد. اما جدا از دستاوردهای فردی علمی، باید گرایشهای ذهنی بسیاربهٔ یونانیان را که تاثیری دیرپای برجای نهاده است، درپیش روی داشت. یونانیان از روی کنجکاوی ورغبت فکری، به علم می‌گراییدند. علم را برای خود علم گسترش دادند. آنها به تفکر انتزاعی[59] که به نظرشان نمودار انسانیترین فعالیتها بود، رغبت بسیار داشتند و استعداد این کار را هم داشتند. یونانیان زیربار طبقهٔ کاهن نرفتند.

59. abstract thought

۸ طالس ملطی هندسهٔ طالسی

برجسته‌ترین دانشمند یونیایی باستان و نخستین عالم یونانی قابل ذکر، طالس میلتوسی (مَلَطی) است. او میان سالهای ۶۴۰ و ۶۲۰ ق م زاده شد و میان سالهای ۵۵۰ و ۵۴۰ ق م درگذشت. طالس، هم مرد کسب و کار و عمل بود و هم ریاضیدان، اخترشناس و فیلسوف. علاقهٔ او به علم از مراوده‌های بازرگانی که با مصر و بابل داشت، ناشی شده بود. دو رویداد هست که می‌تواند گسترش روابط یونان با تمدنهای باستانیتر را در حدود همان ایام نشان دهد: یکی برسریر قدرت نشستن پسامتیخوس[60] در ۶۷۰ ق م به کمک مزدوران یونانی در مصر؛ و دیگری تصرّف شهر صور به دست بخت‌النصر که ۱۰۰ سال پس از آن رویداد به وقوع پیوست و مانعی را از سرراه نیروی دریایی یونان برداشت.

از زندگی طالس آگاهی زیادی در دست نیست. حتی شرح چگونگی کارهای او از راه شهادت نویسندگان پس از وی به ما رسیده است.[61] طالس در هندسه نوآور مهمی بود. فکر برهان و اثبات هندسی از اوست. درمیان بابلیها و مصریها، قاعده‌های مساحی زمین نتیجهٔ تعمیمهای حاصل از تجربه است. مانند این قاعده که «ما فلان چیز را چنین و چنان دیدیم و درهمهٔ موارد خاصی که آزمودیم، عیناً به همان گونه بود؛ پس می‌توانیم بگوییم همیشه همان طور است که ما دیده‌ایم.» این همان مسیری است که کودکان نوآموز هندسه دنبال می‌کنند. کودکان مثلثهای دلخواهی رسم می‌کنند، زاویه‌های مثلث را اندازه می‌گیرند و درمی‌یابند همواره مجموع زوایای مثلث دوبرابر زاویهٔ قائمه است. به نظر کودکان باورکردنی نمی‌آید چنین نسبتی بارها به حسب تصادف به دست آید، پس بسادگی نتیجه می‌گیرند این نسبت پایدار و همیشگی است. اما ذهن پخته‌تر، از این راه راضی نمی‌شود. می‌پرسد چرا باید این طور باشد؟ آیا به کار انداختن خرد محض لزوماً راستی آن را نشان می‌دهد؟ آیا می‌توان از اموربدیهیتر یاحتی ازامری که بداهت آن‌تردیدپذیرنباشد وبامنطقی‌که هیچ شك وتردیدی به آن راه نیابد، آن را استنتاج کرد؟ طالس همین پرسشها را طرح می‌کرد. او استدلالی کردن هندسه را آغاز کرده بود.

برهان[62] عبارت است از بیان اینکه یك قضیه[63] یا نتیجهٔ[64] قضیه، تابع یك یا چند فرضیه یا مقدمات[65] قضیه است. اعتبار نتیجه نمی‌تواند از اعتبار اخسّ مقدمتین بیشتر باشد. وحتّی همیشه از

60. Psamnetichus

۶۱. بویژه از راه نوشته‌های پروکلوس (Proclus) که در سدهٔ پنجم ب م می‌زیسته و شرحی در باب اقلیدس نگاشته است که شامل اطلاعات سودمندی پیرامون نخستین ریاضیدان یونانی است.

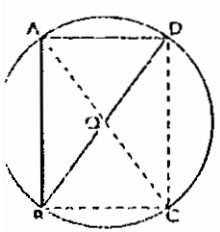
62. proof 63. proposition 64. conclusion 65. premises

این نیز اندکی کمتر است، چه احتمال خطا در استنتاج هست. این مورد اخیر چندان رخ نمی‌دهد، مگر اینکه سلسلهٔ براهین طولانی و پیچیده باشد. با اشاره‌ای به این مطلب از این می‌گذریم. درنتیجه، قضیه تنها به درجه‌ای مقدمات آن بستگی دارد. با مقدمات قضیه چه می‌توان کرد؟ یا باید آنها را مسلم فرض کرد، یا از راه مقدمات دیگر آنها را به ثبوت رساند. این نکته آشکار است که اگر رشتهٔ استدلال خود را به عقب ببریم تا نقطه‌ای را برای شروع بیابیم، ممکن است به مفروضاتی برسیم که اثبات نشده باشند. قضایای اثبات نشده که مبنای استنتاج قرار می‌گیرند، قضایای اولیه[66] نامیده می‌شوند.

ماهیت قضایای الولیه[66] هندسی چیست؟ پاسخی که فهم متعارف[67] آن رابپذیرد این است که قضایای اولیه چنان بدیهی‌اند که هیچ کس در بداهتشان تردید نمی‌کند. اما این پاسخ دو پرسش ازاردهندهٔ دیگر را پیش می‌آورد: «بدیهی چیست؟» و «آیا بداهت تضمینی برای راستی هم هست؟» پس این پرسش که قضایای اولیه چیستند، پرسشی دشوار است. فعلاً همین که مقدمات قضایا را ساده‌تر و بدیهیتر از نتیجه‌هایشان فرض کنیم، کافی است. احتمال نمی‌رود طالس مجموعه مفروضات بدیهی را نظم و ترتیب بخشیده و آنگاه همهٔ شناخت هندسی خود را منظماً از همان مفروضات استنتاج کرده باشد. ساختن چنین نظام جامعی فرصت می‌خواهد و به کوشش ذهنهای بسیاری نیازمند است. با وصف این، طالس موفق شد از مقدماتی که پذیرفتن آنها ساده‌تر و آسانتر از نتایجشان بود، چند قضیهٔ کلی استنتاج کند. او با این عمل خود، گام بلندی به پیش برداشت، گام اساسی در جهت آنچه منطقاً هندسهٔ یونانی شمرده شده و درعین حال واقعیترین ریاضیاتی بوده که تا آن دوره ابداع شده است.

قدرت اقناع برهانهای طالس بیش از دقّت آنها بود. مقدماتی که او به کار می‌گرفت، معمولاً واقعیتهایی بود که به دلیل تقارن اشکال، بدیهی تلقّی شده بود. مثالی می‌آوریم تا راه و رسم فکری او را بهتر نشان دهد. در نظر کسی که حتی هیچ اطلاعی از هندسه نداشته باشد بدیهی می‌نماید که دو قطر مستطیل به یك اندازه هستند و یکدیگر را نصف می‌کنند. این نیز بدیهی است که هرچهارضلعی که قطرهای آن چنین مشخصه‌ای داشته باشد، مستطیل است.

اگر دو قطر AOC و BOD را در دایره‌ای که مرکز آن O است، رسم کنید، پس ABCD مستطیل خواهد بود (شکل ۱).



شکل ۱

6. primitive propositions 67. common-sense

حال خط‌چینهای شکل را پاک می‌کنیم. چنین فرضیه‌ای خواهیم داشت: هرگاه A نقطه‌ای از نیمدایره‌ای باشد که قطر آن BD است، پس، BAD لزوماً قائم‌الزاویه است. کسانی که از این قضیه هیچ آگاهی قبلی نداشته باشند، با دیدن این شکل آن را بدیهی خواهند یافت؛ حتی اگر استنتاجهای اولیه برای آنها بازگو نشود.

همین برداشت نخستین طالس از روش استنتاجی، در تاریخ ریاضیات و تاریخ کلی تفکّر جایگاهی بس بلند دارد. دانش هندسهٔ عملی طالس اندک بود، اما با این وصف، از دانش مصریها گسترده‌تر بود. او با تعیین ارتفاع هرم از راه سنجش اندازهٔ سایهٔ آن با سایهٔ یک تکه چوب، مصریها را به شگفتی انداخت. طالس اضلاع مثلثهای متساوی‌الزاویه را متناسب می‌دانست، حال آنکه ایشان از این موضوع بی‌خبر بودند.

ما نباید با معیارهای جدید دربارهٔ کارهای دانشمندان قدیم داوری کنیم. ر. ج. کالینگ وود[68] در زندگینامهٔ خود عبارت حکیمانه‌ای در این باره دارد. او می‌گوید بیشتر انتقادهای ناروایی که از اندیشمندان روزگار باستان شده، ناشی از آن است که پرسشهایی را که آنها کوشش به پاسخ گفتنشان داشته‌اند، درست درنیافته‌اند. آنها را متّهم به ناکامی در کارهایی می‌کنند که در واقع هیچ‌گاه به فکر آن کارها نبوده‌اند. حال آنکه منتقدان به خطا تصور می‌کنند آنها در پی چنان کارهایی بوده‌اند. ما نباید به این دلیل که طالس دانش زیادی نداشته و برهانهای او با معیارهای امروزی دقیقاً مطابقت نمی‌دهد، یا نظام هندسی کاملی نیاورده است، او را خوار و کوچک بشمریم. بعضی از قضایای هندسی عصر او نیز اوّلدیهی می‌نمودند. برخی دیگر با آنکه در تجربه حکم به بداهت آنها کرده بودند، بدیهی نبودند. طالس از خود پرسید آیا قضایای غیر بدیهی را می‌توان از قضایای بدیهی استنتاج نمود؟ به هنگام داوری دربارهٔ طالس باید به یاد داشت آن همان پرسشی است که او به پاسخگویی‌اش کوشش داشت. اگر این طور داوری کنیم، پس باید بدو ارج نهیم.

۹ علم مردم یونیا مادةالمواد آناکسیمنس و آناکسیمندروس

می‌توان از کارهای ریاضی دیگر مردم یونیای باستان چشم پوشید. فیزیک یونیایی سراسر نظری بود، اما از این جهت مهم بود که برخی از اندیشه‌های آن، هرچند پایهٔ استواری نداشت، راههای ارزشمندی را در تفکر دانشمندان بعدی گشود. مؤثرترین آنها این اندیشه بود که اجسام متفاوتی که جهان از آنها ساخته شده است، آن طور که به نظر می‌آیند گوناگون و بیشمار نیستند، بلکه در واقع

68.. R.G.Collingwood

صورتهای مختلفی از یک عنصر واحد بنیادی یا ترکیبهای مختلف عنصرهای اندک‌شمارند. این فکر امروزه یکی از اصول بنیادی فیزیک و شیمی نوین است.

طالس عقیده داشت سرچشمهٔ همهٔ چیزهای مادّی، نهایتاً آب است. او این اندیشه را با جانمندانگاری[69] پیشینیان خود که معتقد بودند آنچه در این جهان است، جایگاه روح (یا شعور) است، به هم آمیخت. می‌توان گفت طالس عالم را در روحها و آب خلاصه کرده بود. اندیشهٔ طالس، بیان دیگری از دوگرایی (ثنویت)[70] ابتدایی ذهن و ماده بود که تا صدها سال برتفکر فلسفی و دینی به صورتهای گوناگون تاثیر گذارد.[71]

آناکسیمنس (انکسیمانوس)[72] مأطی و دیوگنس (دیوژن)[73] اپولونیایی که پس از طالس آمده‌اند، گفتند مادةالمواد عالم آب نیست، بلکه هواست. و گفتند حتی روح[74] انسان هم از هواست. البته این اندیشه نامتعارف تلقی نمود، چون هرگاه بدن انسان از تنفس بازایستد، خود او هم همیشه از هوش می‌رود. برای حفظ تعادل میان مواد، هراکلیتوس (هرقلیطوس) افسوسی[75] (حوالی ۵۴۰ تا ۴۷۵ ق م) هم مادةالمواد را آتش دانست.

اخترشناسی این مردان چندان بهتر از فیزیکشان نبود وبرخلاف اخترشناسی بابلی و مصری، مبنای اخترشناسی اینان برمشاهده استوار نبود. طالس را در شمار یکی از حکمای هفتگانهٔ یونان آورده‌اند، زیرا او یکی از خورگرفتها را پیشگویی کرده بود. اما طالس از آن رو به این پیشگویی توفیق یافت که به پیشینه‌های بابلی دسترسی داشت. شهرت طالس سراسر مدیون آن پیشگویی است، اما آن خورگرفت را پیشینه‌های بابلی پیش‌بینی کرده بود، نه طالس. اینان تنها در یک مورد دراخترشناسی سخن تازهٔ با ارزشی آوردند، و برای آن نیز دلیل علمی نداشتند؛ با وصف این، علم مدیون تخیّل نیرومند آنهاست. آنان به این نتیجه رسیده بودند که زمین بدون اتکا به جایی باید در فضای خالی معلق باشد. برای مردمی که تنها بخش کوچکی از زمین را می‌دیدند و دانش بسیار اندکی از اخترشناسی داشتند، این اندیشه بالاترین اوج تخیّل بود. فهم متعارف از تصور اینکه چیزی، یا حداقل زمین، بتواند بدون تکیه‌گاه درجایی بماند، ناتوان بود. البته پنداشتن تکیه‌گاه برای زمین، بمراتب دشوارتر است و به بینشی ژرفتر نیازمند است؛ چرا که تکیه‌گاه باید به جایی تکیه داشته باشد و بناچار پای تسلسل به میان می‌آید.

69. animism 70. dualism

۷۱. نویسنده در پایان همین بند جملهٔ طنزآمیزی آورده که یا برگرداندن آن به فارسی مقدور نیست، یا قلم این مترجم از ترجمهٔ آن عاجز است. جمله این است:
«What is mind?» «No matter.» «What is matter?» «Never mind.»

72. Anaximenes 73. Diogenes 74. soul 75. Heraclitus of Ephesus

در تصویر هومر از زمین، مدیترانه در خیال با کمربند گسترده‌ای از خشکی و خشکی به نوبهٔ خود با اقیانوس بیکران درمیان گرفته شده بود. باورداشتن به اینکه خشکیها را اقیانوس در میان گرفته، در قصه‌های سیاحان و دریانوردانی که اقیانوس هند را دیده یا از ستونهای هرکول (جَبَل طارِق) گذشته بودند، زمینه‌ای از حقیقت داشته است. حتی مشهور بود که مصریها افریقا را دور زده‌اند. طالس با پیش نهادن این فرض که زمین به جای آنکه با آب درمیان گرفته شده باشد، بر اقیانوس شناور است، برداشتن تکیه‌گاههای فضایی زمین را آغاز کرد. آناکسیمنس از طالس پیشتر رفت و گفت: «زمین به سان برگ پهنی در فضا شناور است.» به یاد داشته باشیم که آناکسیمنس هوا را عنصر اصلی می‌دانست، همان طور که در نگاه طالس، آب مادةالمواد بود. آناکسیمَندرُوس (انکسیمندروس)[۷۶] که از معاصران جوانتر طالس بود، زمین را بیش از پیش ازبقیهٔ عالم جدا ساخت. او را عقیده براین بود که اختران به سپهرگردانی چسبیده‌اند و زمین که به استوانهٔ پهن و کوتاهی می‌ماند، بدون تکیه به جایی در مرکز این سپهر قرار دارد. دلیلش همین بس که هیچ دلیلی ندارد زمین به سویی حرکت کند و به سویی دیگر حرکت نکند. دلیلی که برای این گمان آورده است رنگ و بوی بسیار امروزی‌پسند دارد. آناکسیمندروس همچنین نخستین کسی بود که امکان تطوّر حیوانات را مطرح کرد.

با آغاز جنگهای ایران و یونان، علم درناحیهٔ اژهٔ خاوری عملاً به انحطاط گرایید. با بررسی کارهایی که مردم یونیا در آن دوره کرده‌اند، باید پذیرفت جز در زمینهٔ هندسه، شناخت مثبت تازه‌ای نیاورده‌اند. اما برای چهار اندیشهٔ ارزشمند و جاودانه‌شان باید بدانان ارج نهاد. مهمترین این اندیشه‌ها، آغاز روش قیاسی در ریاضیات بود. اندیشه‌های دیگرشان عبارت بود از: بی‌تکیه‌گاهی زمین در فضا؛ اینکه مواد به ظاهر مختلف، در نهایت همانندند؛ و تطوّر. این اندیشه‌ها بر روند علم، حتی تا به زمان ما تاثیر گذارده است.

۱۰ فیثاغورس و انجمن فیثاغورسی

در خلال جنگهای ایران و یونان و درفضای کم‌آشوبتر جنوب ایتالیا، فعالیت علمی با فیثاغورسیان تداوم داشت. فیثاغورس حوالی سال ۵۷۰ ق‌م در ساموس چشم به جهان گشود. او از طالس و آناکسیمندروس انگیزه‌ها گرفته و تشویقها دیده بود. از این رو در تداوم اندیشهٔ علمی، گسستی در آن روزگار پیدا نشد. فیثاغورس پس از چندسال سفر در مصر و بابل، حدود سال ۵۳۰ ق‌م ساموس را

76. Anaximander

ترک گفت و به کروتون[۷۷] که از شهرهای یونانی واقع در خلیج تارنتوم (تَرانت)[۷۸] بود، کوچید و درهمان جا به تدریس پرداخت و یك انجمن علمی تشکیل داد.

انجمن فیثاغورسی، تقریباً انجمنی زاهدانه بود و مقررات سختی داشت ــ گواینکه خیلی سخت هم نبود، چون زنان و مردان با شرایطی یکسان به عضویت انجمن پذیرفته می‌شدند و تجرّد هم اجباری نبود. سخت‌ترین بند مقررات ناظر به این بود که هیچ یك از اعضای انجمن نسبت به آنچه کشف می‌کرد، حقی نداشت. دانش، ملك مشترك همهٔ اعضا بود و افتخار پیشرفت دانش تنها به انجمن تعلّق می‌گرفت. از آنچه درون انجمن می‌گذشت، سخنی با هیچ کس گفته نمی‌شد. آنها دست یافتن عوام‌الناس به رازهای پنهان علم و فلسفه را شایسته نمی‌شمردند.

می‌توان حدس زد که هرچه برنفوذ چنین انجمنی افزوده می‌شده، از محبوبیت آن در میان مردم کاسته می‌شده است. حتی هنگامی که انجمن خود را به سیاست آلود، باز هم از احساسهای ناخوشایند مردم کاسته نشد. دیدگاههای سیاسی انجمن فیثاغورسی همان بود که ما اکنون راست افراطی می‌نامیم. انگیزهٔ فعالیتهای سیاسی فیثاغورسیان نامعلوم است. ممکن است دلیل آن، میل به برتری‌جویی اخلاقی بوده باشد. این میل آنها را به این عقیده متمایل می‌کرده که وظیفهٔ انجمن اصلاح امور از طریق کسب قدرت سیاسی است. احتمال این هم هست که در کنه عقیده‌شان سودای اتحاد شهرهای یونانی ایتالیا در پرتو رهبری دسته‌ای که بی‌گمان خود را شایسته‌ترین نمایندهٔ فرهنگ یونانی می‌دانسته، نهفته می‌بوده است. شاید هم شهرهای نامتحد و بیدفاع آسیای کوچك در برابر ایران، این گرایش را در یونیاییهای دور از وطن برمی‌انگیخته است. اگر فیثاغورسیان به چنین اتّحادی دست می‌یافتند، می‌توانستند با قدرت روم که هنوز مجاور، اما در حال برآمدن بود، مقابله کنند و برسیر تاریخ ــ بویژه سیر تفکّر ــ تاثیر عمیق بگذارند. اما تقدیر چنین نبود که فیثاغورسیان به قدرت برسند. دولتهای وقت نیز چنین انجمن کاملاً سازمان یافته با اغراض سیاسی را برنمی‌تابیدند. جدایی انجمن فیثاغورسی از جامعه در میان مردم عادی بدگمانی برمی‌انگیخت. لاجرم انجمن پیش از آنکه بتواند قدرت خود را گسترش دهد، از هم پاشید. عنوان انجمن علمی محض دوباره در تارنتوم تشکیل یافت و سرانجام به انجمن علمی گسترده‌تر که مرکز اصلی آن آتن بود، تبدیل شد.

77. Croton 78. Tarentum

۱۱ اندیشه‌های فیثاغورسی

نمی‌دانیم خود فیثاغورس چه کارهایی را به انجام رسانده است. مقررات انجمن او به گونه‌ای بود که جدا ساختن آثار فیثاغورس از کارهای سایر فیثاغورسیان ناممکن است. اما برای این پندار ما که فیثاغورس آثار بسیاری آفریده، دلایلی هست. می‌گویند طالس به فیثاغورس ارج بسیار می‌نهاده است. شهرت او در میان معاصران خود به اندازه‌ای بود که تنها مردان برجسته به چنین مرتبه‌ای از شهرت می‌رسند. حتی بعضی در حق او گفته‌اند که از نسل خدایان بوده و معجزاتی داشته است. احتمالاً ما با شك و تردید به این گفته‌ها می‌نگریم، اما اینها سخنهایی نیست که دربارهٔ مردم عادی بگویند. دانستیم که طالس در واقع به دلیلی ناحق شهرتی کسب کرد. با وصف این، او از جهات دیگر حقاً شایستهٔ آن شهرت بود. شاید چنین سخنی بتواند دربارهٔ فیثاغورس نیز راست باشد. بیشتر دیدگاههایی که به او نسبت می‌دهند، به احتمال زیاد از آن اوست، اما باید توجه داشت که امکان نسبت دادن افکار دیگران به فیثاغورس هم هست.

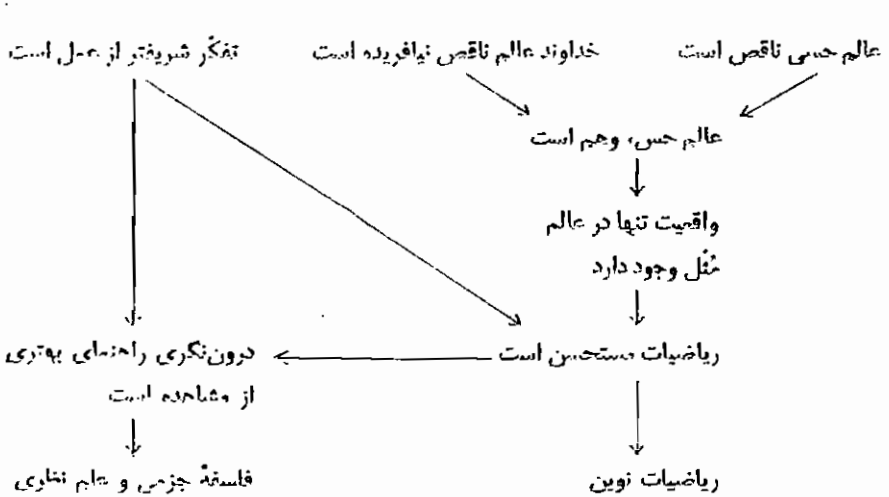
فیثاغورس مذهبی رازورانه آورد و آن را راه تزکیهٔ اخلاق قرار داد. ضرورتی ندارد در جزئیات مذهب او وارد شویم. اما اندیشه‌های اصلی این مذهب مهم است. بعدها برخی از این اندیشه‌ها را افلاطون با شرح و تفصیل آورده، که گرچه از آن او نیست، اما این اندیشه‌ها بیشتر از راه او برتفکرات بعدی تاثیر گذارده است. آشکارترین این اندیشه‌ها، اندیشهٔ جامعه‌ای است که بربنیاد مالکیت اشتراکی، برابری جنسی و انضباط سخت، که عامل نگاهدارندهٔ جمهوری است، استوار می‌شود. اندیشهٔ دیگر آن است که زندگی فکری سعادتمندتر از زندگی عملی است و پیشه‌های عملی برازندهٔ نخبگان[79] نیست. اما از میان آن اندیشه‌ها از همه مهمتر، واقعیتر انگاشتن عالم معقول از دنیای محسوس است. این اندیشه با افلاطون به اوج کمال رسیده، اما جوانه‌های اصلی آن از اندیشهٔ فیثاغورس روییده و با عارفان مختلف شرح و بسط یافته و به عصر ما رسیده است. اینان دنیای محسوس را ناقص دیدند؛ یعنی آن را به اندازه‌ای که توقع داشتند کامل نیافتند. و از آنجا که آفرینش دنیای ناقص را در شان خداوند نمی‌دانستند، خود را به این اندیشه راضی ساختند که کژی و کاستی متضمن بی‌حقیقتی است؛ و عالم حس یا وهم مطلق یا تصویر واژگونه‌ای از حقیقت است. آنها که به جستجوی حقیقت برآمده بودند، به جهانهای مثالی[80] درون ذهن خود روی آوردند. اما به خاطرشان نگذشته بود که ممکن است معیار خداوند دربارهٔ کمال با معیارهای آنها متفاوت باشد.

ما با تاثیرات این اعتقاد بر دین و اخلاق کاری نداریم، بلکه تاثیر آن برعلم مورد نظرماست. تاثیر آشکار و مستقیم این اعتقاد، زیانبار است. این سنخ از عقیده منکر اعتبار مشاهده است، حال انکه

79. elites 80. ideal worlds

علوم اصیل سرانجام برپایهٔ مشاهده استوارند. این عقیده معرفت علمی را از راه درون‌نگری[81]، یعنی با تامل عمیق عالِم در محتویات ذهن خود، قابل حصول می‌داند. تاثیرهای غیرمستقیم این عقیده بمراتب نافذتر و از بعضی جهات سودمند بوده است. به دلیلی که بزودی خواهیم آورد، این عقیده، فیثاغورس و پیروان او را به ریاضیات متمایل ساخته است و چون بیشتر پیروان فیثاغورس ریاضیدانان توانایی بودند و ریاضیات نیز از ابزارهای اساسی پیشرفت علمی است، این تمایل به سود علم تمام شده است. از سوی دیگر، پیشرفتهای شتابان یونانیان در ریاضیات، این اندیشهٔ قبلی را در ذهنها تقویت کرد که در کار تحقیق، درون‌نگری شیوه‌ای کارامدتر از مشاهده است.

این اندیشه‌ها نزدیك به ۲۰۰۰ سال، مستقیم و غیر مستقیم برعلم و حتی بیش از این مدت برفلسفهٔ تاثیر گذاشته است. تا به عمق این اندیشه‌ها پی نبریم، سیر تفکر اروپایی را درنمی‌یابیم. چون ارتباط میان اندیشه‌ها ساده نیست، خالی از فایده نخواهد بود اگر انها را خلاصه کنیم و با نمودار نشان دهیم. تنها مبنای قضایای اولیهٔ سه‌گانه که درسطر اول آمده‌اند، شهود[82] است. بقیهٔ قضایا هم نتیجهٔ استنباطند. دراین نمودار هیچ نشانی از دانش تجربی دیده نمی‌شود.



81. introspection 82. intuition

۱۲ ریاضیات فیثاغورثی ریاضیات چیست؟ اصول موضوع نظامهای قیاسی

فیثاغورسیان انقلابی در هندسهٔ ایجاد کردند. طالس توجه خود را به امکان استنتاج فرضیه‌های کمتر بدیهی از مقدمات اساسی‌تر معطوف داشت. اما رشته‌های کوتاه استنتاجهای او از یکدیگر جدابودند و هر برهان تنها محدود به همان استنتاج خود بود. طالس تنها به این خرسند بود با هر مجموعه از فروضاتی که به نظر او به اندازهٔ کافی موجه یا بداهت آن مسلم می‌نمود، قضیهٔ خود را استنتاج کند. او براین نبود تا همه چیز را از مجموعهٔ واحد مفروضات استنتاج کند، یا شمارهٔ مفروضات خود را به حداقل کاهش دهد. اما فیثاغورس و شاگردان او دربی ساختن نظام منسجمی برآمدند تا همهٔ قضایای ریاضی تنها از چند اصل بدیهی[۸۳] آن نظام پیروی کنند. اگر اصلهای بدیهی راست می‌بودند، تمام قضایا هم راست بودند. درنظر آنان، شناخت اجزای پراکنده و ناپیوسته نبود. نظام منطقی بزرگ هندسه که بعدها اقلیدس[۸۴] به جهان عرضه داشت، نظام تجدیدنظر شده و گسترش یافتهٔ فیثاغورسی بود، امّا روح نظام اقلیدسی تفاوتی با نظام فیثاغورسی نداشت. بدون شك، درهندسهٔ فیثاغورسی کاستیهای منطقی بود، همان طور که نظام اقلیدسی عاری از کاستی نبود؛ اما نظام اقلیدسی دستاورد فکری بسیار مهم و بسیار نافذی بود.

دو رشتهٔ اصلی که ریاضیات مقدماتی را تشکیل می‌دهند، هندسه و حساب است. موضوع حساب اعداد است. هندسه به پراکندگی اجسام در مکان و توزیع رویدادها در مکان و زمان می‌پردازد. حساب و هندسه به هم وابسته‌اند، زیرا فاصله‌های زمانی و مکانی را می‌توان اندازه گرفت و اندازه‌ها را با عدد نشان داد. کار شاخه‌های دیگر ریاضیات مقدماتی چیزی جز تاکید بیشتر برجنبه‌های خاص هندسه و حساب نیست. مثلثات و هندسهٔ تحلیلی، روشهای کاربرد اعداد در هندسه هستند. جرکتشناسی (سینماتیك[۸۵]) هندسهٔ حرکت است. جبر و حساب دیفرانسیل و انتگرال هم گسترشهای حساب هستند.

برای آنکه بدانیم واقعاً ریاضیات چیست، ناگزیریم بیشتر تعمّق کنیم. به صرف موضوع ریاضیات، نمی‌توان به تعریف قانع‌کننده‌ای از آن رسید. نباید گفت موضوع ریاضیات کار با اعداد است، یا ریاضیات به روابط زمانی-مکانی می‌پردازد. حسابداری با اعداد سروکار دارد و بازی کریکت[۸۶] هم به روابط زمانی-مکانی توجه دارد. اما این دو، رشته‌های ریاضیات نیستند. از سوی دیگر، در ریاضیات رشته‌هایی هست که با اعداد و با روابط زمانی-مکانی سروکار ندارند.[۸۷] می‌توان با گل مجسمه ساخت، اما نمی‌توان مجسمه‌سازی را به «ساختن چیزهایی از گل» تعریف کرد؛ زیرا

83. axiom 84. Euclid 85. kinematics 86. cricket

۸۷. مانند جبر بول Boolean Algebra که به رابطه‌های منطقی میان مجموعه‌ها می‌پردازد.

تولید آجر مجسمه‌سازی نیست. مجسمه‌سازی نوع خاصی از فعالیت است. می‌توان از مفرغ یا مرمر یا پلاستیکهایی که بازگی کشف شده‌اند، مجسمه ساخت. مجسمه‌سازی منحصر به کار با مادهٔ بخصوصی نیست، بلکه ناظر به کار با هرمادهٔ مناسب ولی با روش خاص است. این نکته دربارهٔ ریاضیات هم راست است. ریاضیات را نه از ماهیت مواد آن بلکه از راهی که مواد را به کار می‌گیرد بازمی‌شناسند.

تعریف کردن ریاضیات کار آسانی نیست، اما اگر دامنهٔ تعریف را آن قدر گسترش دهیم که ریاضیات را حتی به بررسی ساختن نظامهای قیاسی[۸۸] تعریف کنیم، کاریجایی نکرده‌ایم. نظام قیاسی مجموعهٔ قضایایی مرکب از عناصر تصوری است، اما این عناصر همیشه عناصری نیستند که در ذهن یادآور ریاضیات باشند. از لحاظ هدفهای نظام قیاسی، هیچ چیز دربارهٔ عناصر آن نظام معلوم تلقی نمی‌شود. مگر آنچه در مجموعهٔ اصول موضوع به صراحت بیان شده باشد. اصول موضوع بدون برهان پذیرفته می‌شوند، اما نظام قیاسی تنها آن قضایایی را می‌پذیرد که استنتاج آنها از اصول موضوع و با منطق دقیق ممکن باشد. مادام که دیدگاه ریاضی محض اختیار شده باشد، این پرسش که آیا اصول موضوع راستند یا نه، جای طرح ندارد. دلیلش این است تا آنجا که به نظام قیاسی مربوط می‌شود، واژهٔ «راست» جای خود را به عبارت «سازگاری با اصول موضوع» داده است. تنها محدودیت موجود این است که اصول موضوع را باید به گونه‌ای اختیار کرد که هیچ گاه دوقضیه که از نظام به دست می‌آیند با یکدیگر ناسازگار نباشند. استنتاج اصول موضوع از اصول موضوع دیگر ممکن نیست. اگر چنین چیزی ممکن باشد، اصل موضوع قابل اثبات، زائد به شمار می‌آید و آن نظام قیاسی را می‌توان با کاستن از مفروضات نخستین[۸۹] آن ساخت. نکات مطلوب نظام قیاسی عبارت‌اند از: دقت منطقی کامل؛ نداشتن مفروضات مبهم؛ تا حدامکان کم بودن مفروضات صریح؛ نبودن امکان تعارض در درون نظام، حتی اگر آن نظام را بسیار گسترش دهیم. تردید هست که بتوان به این مطلوبها رسید، اما ریاضیات محض این مطلوبها را جستجو می‌کند. امتیاز اصلی در ریاضیات نه جستجوی فایده و کاربرد است و نه تحرّی حقیقت، بلکه تنها همسازی درونی است.

ممکن است کسی که نظام قیاسی را پدید می‌آورد، به کاربرد آن اعتنایی نداشته باشد. اما اگر دانشمندی بتواند آن نظام را تفسیر کند، احتمالاً راه استفاده‌ای برای آن خواهدیافت. به این معنی، اگر دانشمندی بتواند مجموعه‌ای از اشیای طبیعی را بیابد که مشخصات ظاهری آنها، به عنوان امور واقعی مشهود، با مشخصات تقریبی اصول موضوع که برای عناصر فرضی تعیین می‌کنند تطبیق کند، راه استفادهٔ نظام را یافته است. رفتار آن عناصر فرضی که منطقاً پیش‌بینی‌پذیر است، راهی

88. deductive systems 89. initial assumptions

هم برای پیش‌بینی رفتار احتمالی پدیده‌های طبیعی فراهم می‌آورد. ممکن است نظام قیاسی ارزش زیبایی شناختی داشته باشد، ولو آنکه این گونه کاربرد را نداشته باشد. اما بیشتر نظامهای قیاسی سرانجام کاربردی علمی خواهند داشت. بعضی از نظامهای قیاسی به قصد استفادهٔ علمی طرحریزی می‌شوند. بعضی از نظامهای قیاسی تنها به این دلیل به وجود می‌آیند که پدیدآورندگانشان ریاضیدان‌اند. همچنان که بعضی دیگر از مردم شاعرند. ریاضیدان خوب، حتی اگر به استفادهٔ علمی از کارخود توجه آگاهانه نداشته باشد، به غریزه نوعی از ریاضیات پدید می‌آورد که دانشمندان آینده بتوانند آن را به کار بندند.

هندسهٔ فیثاغورسی، نمونهٔ باستانی[90] همهٔ نظامهای قیاسی است و به همین سبب اولین نمونهٔ واقعی ریاضیات به شمار می‌آید. یافتن دلیل اینکه چرا متفکران یونانی هندسهٔ جدید را پرکشش می‌دیدند آسان است. نخست آنکه دایره‌های کامل و خطهای راست که مورد توجه آنها بود، حاصل تصورات ذهنی هندسه‌دانان بود. دایرهٔ کامل و خط مستقیم را در عالم محسوس نمی‌توان دید، هرچند در این عالم شکلهایی نزدیک به دایرهٔ کامل و خط راست هست. طبیعتاً این موضوع توجه کسانی را که عالم تصورات را واقعیتر از عالم محسوس می‌پنداشتند، به هندسه جلب می‌کرد. دوم آنکه این امکان به وجود می‌آمد که بدون اتکا به مشاهده و تجربه، شناخت هندسی را از راه تفکر محض به دست آورند. بنابراین، هندسه موافق مشرب کسانی بود که ویژه به زندگی فکری ارج می‌نهادند یا اینکه در جامهٔ برده‌داری کار عملی را دون شان خود می‌دیدند. سوم آنکه ریاضیات پیام‌آور قطعیت بود؛ ریاضیات تا درجه‌ای قطعیّت دارد. البته تنها نه به آن معنی که بسیاری از متفکران تصور می‌کنند. واخر از همه اینکه یونانیان هندسهٔ قیاسی[91] را با شور و شگفتی دنبال می‌کردند و طبیعی است مردم خود را از دل و جان وقف کاری کنند که در آن کار تبحر کامل دارند.

۱۲ قطعیّت ریاضی اصول موضوع و صدق قضایا

پیشرفت پربار هندسه در میان یونانیان از رویدادهای مهم تاریخ علم است. گرچه انگیزه‌های آن پیشرفت سراسر علمی نبود، اما به هرحال در بلندمدت برغنای علم افزود. البته از تأثیر ناخوشایندش نباید سرسری گذشت. همچنان که همان تأثیر ناخوشایند سبب پیدایش یکی از گمراه‌کننده‌ترین اندیشه‌ها در تاریخ تفکر شده است.

قطعی که در نهاد ریاضیات است، قطعیت منطقی[92] است؛ همان قطعیت پیروی گریزناپذیر

90. archetype 91. deductive geometry 92. logical certainty

برخی قضایا از برخی دیگر. ریاضیات هیچ‌گاه نمی‌گوید که فلان قضیهٔ خاص در باب جهان خارج راست است. آنچه ریاضیات می‌گوید، این است که اگر فلان قضیهٔ خاص راست باشد، پس قضیهٔ دیگر نیز باید راست باشد. می‌توان اطمینان کامل داشت که فرضیه‌های هندسی از اصول موضوع پیروی می‌کنند، اما دلیل منطقی برای این اطمینان که اصول موضوع، چیزی دربارهٔ جهان طبیعی می‌گوید، در دست نیست. وظیفهٔ هندسه‌دان محض نیست که اصول موضوع را به عنوان قضایایی که از امور واقع سخن می‌گویند بپذیرد یا نپذیرد. کار او تنها حصول اطمینان از قابل قبول بودن آن اصول است ــ به این معنی که اصول موضوع منطقاً نقیض یکدیگر نباشند ــ نیز پی بردن به اینکه اگر کسی بخواهد به دلایلی جز دلایل منطقی محض این اصول را بپذیرد، به نتایج آنها چه نتایجی را باید قبول کند. اگر اصول پیشنهادی به نتایج متناقض بینجامد، می‌توان اطمینان داشت که بعضی از آن اصول دروغند. اما متناقض نبودن، راستی اصول را ضمانت نمی‌کند. نبودن تناقض، تنها به معنای *امکان* راستی اصول است.

تنها از یک راه می‌توان دربارهٔ راستی اصول موضوع هندسی در جهان خارج تصمیم گرفت و آن، راه تجربه است. درهای شناخت تجربی همیشه به روی شک باز است، زیرا حواس انسان، حتی به کمک ابزارهای علمی، همیشه ناقص است. از این گذشته، بخش عمدهٔ شناخت تجربی متکی به گواهیهای این و آن است، و گواهیهای آدمی همیشه معتبر نیست. ممکن است از راه تفکر محض و بدون تمسک به تجربه یا سند و مدرک، به این نتیجه رسید که فرضیه‌های هندسی از اصول موضوع پیروی می‌کنند، اما مطمئناً نمی‌توان دربارهٔ راستی اصول موضوع یا قضایای تالی آنها در عالم خارج اطمینان حاصل کرد. تنها می‌توان گفت فلان تجربه نشان می‌دهد که آن اصول یا فرضیه‌ها ممکن است تا اندازه‌ای راست باشند.

میل به قطعیّت از گرایشهای فطری و ژرف بشری است. ریاضیات به مجرد آنکه با انسجام منطقی هندسه پختگی و کمال یافت، قطعیّت خود را نشان داد. پس طبیعی بود که بیشتر متفکران از همان آغاز با دیدهٔ تحسین به هندسه بنگرند و روشهای مؤثر و قطعی هندسی را در همهٔ رشته‌های فلسفه سرمشق قرار دهند. این طرز نگاه حاصل برداشت نادرست از ماهیت قطعیت ریاضی است. واژهٔ آکسیوم (اصل موضوع)[93] در اصل به معنای «آنچه ارزشمند دانسته می‌شود» بود. بنابراین، آن واژه برای افادهٔ معنی «چیزی که مسلم انگاشته شود» یا «آنچه مبنای اثبات قرار گیرد» به کار می‌رفت، اما بزودی در خدمت معانی گسترده‌تری به کار گرفته شد. آن واژه نه تنها برای دلالت برمفهوم «آنچه بدون برهان پذیرفته شده» استعمال شد، بلکه برای ادای مقصود «آنچه راستی‌اش آن قدر بدیهی می‌نماید که نیاز به اثبات ندارد» به کار رفت و واژهٔ «راستی» در معنای «راستی در

93. axiom

جهان خارج» استعمال گردید. بداهت اشکار اصول موضوع هندسهٔ یونانی در واقع ناشی از مطابقت ظاهری آنها با تجربه بود. اما منشاء تجربی آن اصول نادیده گرفته شد و همگان پنداشتند اصول موضوع حقایق مطلقی هستند که تنها در پرتو تفکر می‌توان آنها را دریافت و هیچ نیازی هم به پشتوانهٔ تجربی ندارند.

مشکل بتوان با توجه به تیزبینی و ژرفناکی اندیشهٔ هندسه‌دانان بزرگ یونانی در جهات دیگر، مردانی چون اُدوکسوس[94] و آرشمیدس[95] را دچار این خطا پنداشت. اما به هر حال تردیدی نیست که بیشتر شاگردان و پیروان آنها به دام این خطا افتاده‌اند. تاثیر منفی این خطا را بر تفکر به آسانی می‌توان دید. این دعوی فروتنانه که فرضیه‌های هندسی از اصول موضوع پیروی می‌کنند، جای خود را به این مدعای واهی و پرطمطراق داد که فرضیه‌های هندسی در عالم خارج مصداق دارند، چون از اصول موضوع پیروی می‌کنند. خیال می‌کردند بدون توسل به تجربه، می‌توان خواص هندسی عالم را اثبات نمود. آنها براین پندار بودند که تنها با تفکر می‌توانند به همهٔ خصوصیات عالم پی ببرند.

نظامهای بزرگ مابعدالطبیعی که هرازچندی پدیدآمده‌اند، می‌خواسته‌اند تا به کمک تفکر صرف پرده از راز حقیقت بردارند. دست کم، اصل بعضی از این نظامها از برداشتهای نادرست هندسه‌دانان ناشی شده یا نتیجهٔ کوشش در کاربرد نابجای بعضی از روشهای شبه ریاضی بوده است. دیدگاه فیلسوفان مابعدالطبیعی، از افلاطون گرفته تا هگل، غیر علمی بود. آنان نیازی به مشاهده‌های پیگیر و دقیق نمی‌دیدند و به احکام محدود و آمیخته با شک و تردیدی که اهل علم برپایهٔ این گونه مشاهدات به دست می‌آوردند و به آن خرسند می‌شدند، با دیدهٔ تمسخر می‌نگریستند. می‌پنداشتند که نیرومندترین وسیلهٔ تحقیق را دراختیار دارند و نیازی نمی‌دیدند که تکه سنگی بردارند و به دست بگیرند، مبادا دستشان خاکی شود، یا مثلاً سنگ ماهیی را تشریح کنند. نفوذ آنها بسیار بود، زیرا انسان معمولاً با ادعاهای گزافی که با لحن مطمئن اظهارشود بسادگی فریب می‌خورد.

روشهای ریاضی در پیش‌بینی نتایج آنچه قبلاً از راه تجربه دانسته شده، از ارزش بسیار برخوردار است. اما ر إعتبار بدون مبنای تجربی، از نظر علمی بیفایده است. خطایی که فیلسوفان مابعدالطبیعی تحت تاثیر موفقیتهای روشهای ریاضی مرتکب می‌شدند، که البته از درک ماهیت ان‌گونه موفقیتها ناتوان بودند، از آن رو بود که می‌انگاشتند برای کشف حقایق عالم به کاربردن روشهایی همانند روشهای ریاضیدانان کافی است. با آنکه پیدایش هندسهٔ یونانی برای پیشرفت جدی علم مقدمهٔ لازمی بود، اما به صورت غیرمستقیم تاثیری کندکننده داشت و بسیاری از ذهنها را به بیراهه کشاند.

94. Eudoxus 95. Archimedes

شاید ارتکاب چنین خطاهایی گریزناپذیربوده است. اما شگفت این است که چرا این خطا این قدر گسترده و دیرپا بوده است. شاید دلیلش را باید دراعتبار وسندیّت فیثاغورس، افلاطون (یا اُدوکسوس) وارسطو سراغ گرفت. تاثیر این مردان را هم اکنون هم می‌توان دید. هندسه دانان سدهٔ نوزدهم برای کشف ماهیت واقعی هندسه هرکاری از دستشان می‌آمد کردند. با انکه اندیشه‌هایشان بتدریج پراکنده می‌شد، اما هنوز زمان آن فرا نرسیده بود تا سراسر عالم فکر را فراگیرند.

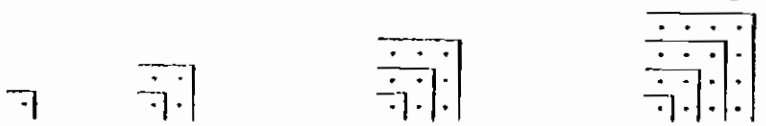
١٤ فیثاغورسیان و نظریهٔ اعداد کمیّتهای نامتوافق

از انحرافی که به ضرورت دربحث پیش آمد، به علم فیثاغورسی بازمی‌گردیم. فیثاغورسیان علاقهٔ زیادی به حساب داشتند. فیثاغورس برای اعداد صحیح معمولی اهمیتی رازورانه قائل بود. حساب فیثاغورسی بیشتر نظری بود، تا عملی. فیثاغورسیان به شیوه‌های محاسبه علاقه‌ای نداشتند، بلکه به شاخه‌ای از ریاضیات توجه می‌کردند که هم‌اکنون نظریهٔ اعداد[96] نامیده می‌شود. نظریهٔ اعداد بیشتر با جنبهٔ هنری ریاضیات سروکار دارد تا با جنبهٔ علمی آن. بهتر است در این باره کمی درنگ کنیم، چرا که نظر فیثاغورسیان دربارهٔ اعداد با دیدگاه عجیبی که آنها درباب ماهیت جهان داشتند آمیخته بود.

فیثاغورسیان، اعداد را به فرد و زوج تقسیم می‌کردند[97]، همچنین اعداد را بر حسب شکلی که به آنها نسبت می‌دادند تقسیم می‌کردند. عددی که از دوعامل نابرابر تشکیل می‌یافت، مستطیلی نامیده می‌شد.

$$(٨=٤\times٢)$$

اگر هردو عامل، عدد برابر می‌بودند، عدد را مربعی می‌نامیدند. عدد مربعی[98] n ام، حاصل جمع n عدد فرد نخستین است.



(١) (٤=٢×٢=١+٣) (٩=٣×٣=١+٣+٥) (١٦=٤×٤=١+٣+٥+٧)

96. theory of numbers

٩٧. هرجا که سخن از حساب فیثاغورسی باشد، مراد از عدد، عدد صحیح whole number است.

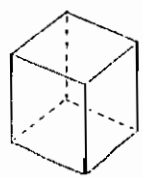
98. square number

اعداد مثلثی[99] عبارتنداز: ۱، ۳ و ۶ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۱ و ۲۸ و ۳۶ و ۴۵ و ۵۵ و ۶۶ و ۷۸ و ۹۱ و ۱۰۳ و ۱۲۰ و ۱۳۶ و ۱۵۳ و ۱۷۱ و ۱۹۰ و ۲۱۰ و ۲۳۱ و ۲۵۳ و ۲۷۶ و ۳۰۰ و ۳۲۵ و ۳۵۱ و ۳۷۸ و ۴۰۳ و ۴۳۱ و ۴۵۹ و ۴۹۰ و ۵۲۰ و ۵۵۱ و ۵۸۳ و ۶۱۶ و ۶۵۰ و ۶۸۵ و ۷۲۱ و ۷۵۸ و ۷۹۶ و ۸۳۵ و ۸۷۵ و ۹۱۶ و ۹۵۸ و ۱۰۰۱ و ۱۰۴۵ و ۱۰۹۰ و ۱۱۳۶ و ۱۱۸۳ و ۱۲۳۱ و ۱۲۸۰ و ۱۳۳۰ و ۱۳۸۱ و ۱۴۳۳ و ۱۴۸۶ و ۱۵۴۰ و ۱۵۹۵ و ۱۶۵۱ و ۱۷۰۸ و ۱۷۶۶ و ۱۸۲۵ و ۱۸۸۵ و ۱۹۴۶ و ۲۰۰۸ و ۲۰۷۱ و ۲۱۳۵ و ۲۲۰۰ و ۲۲۶۵ و ۲۳۳۱ و ۲۳۹۸ و ۲۴۶۶ و ۲۵۳۵ و ۲۶۰۵ و ۲۶۷۶ و ۲۷۴۸ و ۲۸۲۱ و ۲۸۹۵ و ۲۹۷۰ و ۳۰۴۶ و ۳۱۲۳ و ۳۲۰۱ و ۳۲۸۰ و ۳۳۶۰ و ۳۴۴۱ و ۳۵۲۳ و ۳۶۰۶ و ۳۶۹۰ و ۳۷۷۵ و ۳۸۶۱ و ۳۹۴۸ و ۴۰۳۶ و ۴۱۲۵ و ۴۲۱۵ و ۴۳۰۶ و ۴۳۹۸ و ۴۴۹۱ و ۴۵۸۵ و ۴۶۸۰ و ۴۷۷۶ و ۴۸۷۳ و ۴۹۷۱ و ۵۰۷۰ و ۵۱۷۰ و ۵۲۷۱ و ۵۳۷۳ و ۵۴۷۶ و ۵۵۸۰ و ۵۶۸۵ و ۵۷۹۱ و ۵۸۹۸ و ۶۰۰۶ و ۶۱۱۵ و ۶۲۲۵ و ۶۳۳۶ و ۶۴۴۸ و ۶۵۶۱ و ۶۶۷۵ و ۶۷۹۰ و ۶۹۰۶ و ۷۰۲۳ و ۷۱۴۱ و ۷۲۶۰ و ۷۳۸۰ و ۷۵۰۱ و ۷۶۲۳ و ۷۷۴۶ و ۷۸۷۰ و ۷۹۹۵ و ۸۱۲۱ و ۸۲۴۸ و ۸۳۷۶ و ۸۵۰۵ و ۸۶۳۵ و ۸۷۶۶ و ۸۸۹۸ و ۹۰۳۱ و ۹۱۶۵ و ۹۳۰۰ و ۹۴۳۶ و ۹۵۷۳ و ۹۷۱۱ و ۹۸۵۰ و ۹۹۹۰ و ۱۰۱۳۱ و ۱۰۲۷۳ و ۱۰۴۱۶ و ۱۰۵۶۰ و ۱۰۷۰۵ و ۱۰۸۵۱ و ۱۱۰۰۰ و ۱۱۱۵۰ و ۱۱۳۰۱ و ۱۱۴۵۳ و ۱۱۶۰۶ و ۱۱۷۶۰ و ۱۱۹۱۵ و ۱۲۰۷۱ و ۱۲۲۲۸ و ۱۲۳۸۶ و ۱۲۵۴۵ و ۱۲۷۰۵ و ۱۲۸۶۶ و ۱۳۰۲۸ و ۱۳۱۹۱ و ۱۳۳۵۵ و ۱۳۵۲۰ و ۱۳۶۸۶ و ۱۳۸۵۳ و ۱۴۰۲۱ و ۱۴۱۹۰ و ۱۴۳۶۰ و ۱۴۵۳۱ و ۱۴۷۰۳ و ۱۴۸۷۶ و ۱۵۰۵۰ و ۱۵۲۲۵ و ۱۵۴۰۱ و ۱۵۵۷۸ و ۱۵۷۵۶ و ۱۵۹۳۵ و ۱۶۱۱۵ و ۱۶۲۹۶ و ۱۶۴۷۸ و ۱۶۶۶۱ و ۱۶۸۴۵ و ۱۷۰۳۰ و ۱۷۲۱۶ و ۱۷۴۰۳ و ۱۷۵۹۱ و ۱۷۷۸۰ و ۱۷۹۷۰ و ۱۸۱۶۱ و ۱۸۳۵۳ و ۱۸۵۴۶ و ۱۸۷۴۰ و ۱۸۹۳۵ و ۱۹۱۳۱ و ۱۹۳۲۸ و ۱۹۵۲۶ و ۱۹۷۲۵ و ۱۹۹۲۵ و ۲۰۱۲۶ و ۲۰۳۲۸ و ۲۰۵۳۱ و ۲۰۷۳۵ و ۲۰۹۴۰ و ۲۱۱۴۶ و ۲۱۳۵۳ و ۲۱۵۶۱ و ۲۱۷۷۰ و ۲۱۹۸۰ و ۲۲۱۹۱ و ۲۲۴۰۳ و ۲۲۶۱۶ و ۲۲۸۳۰ و ۲۲۹۴۵ و ۲۳۱۶۱ و ۲۳۳۷۸ و ۲۳۵۹۶ و ۲۳۸۱۵ و ۲۴۰۳۵ و ۲۴۲۵۶ و ۲۴۴۷۸ و ۲۴۷۰۱ و ۲۴۹۲۵ و ۲۵۱۵۰ و ۲۵۳۷۶ و ۲۵۶۰۳ و ۲۵۸۳۱ و ۲۶۰۶۰ و ۲۶۲۹۰ و ۲۶۵۲۱ و ۲۶۷۵۳ و ۲۶۹۸۶ و ۲۷۲۲۰ و ۲۷۴۵۵ و ۲۷۶۹۱ و ۲۷۹۲۸ و ۲۸۱۶۶ و ۲۸۴۰۵ و ۲۸۶۴۵ و ۲۸۸۸۶ و ۲۹۱۲۸ و ۲۹۳۷۱ و ۲۹۶۱۵ و ۲۹۸۶۰ و ۳۰۱۰۶ و ۳۰۳۵۳ و ۳۰۶۰۱ و ۳۰۸۵۰ و ۳۱۰۹۸ و ۳۱۳۴۶ و ۳۱۵۹۵ و ۳۱۸۴۵ و ۳۲۰۹۶ و ۳۲۳۴۸ و ۳۲۶۰۱ و ۳۲۸۵۵ و ۳۳۱۱۰ و ۳۳۳۶۶ و ۳۳۶۲۳ و ۳۳۸۸۱ و ۳۴۱۴۰ و ۳۴۳۹۸ و ۳۴۶۵۶ و ۳۴۹۱۵ و ۳۵۱۷۵ و ۳۵۴۳۶ و ۳۵۶۹۸ و ۳۵۹۶۱ و ۳۶۲۲۵ و ۳۶۴۹۰ و ۳۶۷۵۶ و ۳۷۰۲۳ و ۳۷۲۹۱ و ۳۷۵۶۰ و ۳۷۸۳۰ و ۳۸۱۰۱ و ۳۸۳۷۳ و ۳۸۶۴۶ و ۳۸۹۲۰ و ۳۹۱۹۵ و ۳۹۴۷۱ و ۳۹۷۴۸ و ۴۰۰۲۶ و ۴۰۳۰۵ و ۴۰۵۸۵ و ۴۰۸۶۶ و ۴۱۱۴۸ و ۴۱۴۳۱ و ۴۱۷۱۵ و ۴۲۰۰۰ و ۴۲۲۸۶ و ۴۲۵۷۳ و ۴۲۸۶۱ و ۴۳۱۵۰ و ۴۳۴۴۰ و ۴۳۷۳۱ و ۴۴۰۲۳ و ۴۴۳۱۶ و ۴۴۶۱۰ و ۴۴۹۰۵ و ۴۵۲۰۱ و ۴۵۵۰۰ و ۴۵۷۹۸ و ۴۶۰۹۶ و ۴۶۳۹۵ و ۴۶۶۹۵ و ۴۶۹۹۶ و ۴۷۲۹۸ و ۴۷۶۰۱ و ۴۷۹۰۵ و ۴۸۲۱۰ و ۴۸۵۱۶ و ۴۸۸۲۳ و ۴۹۱۳۱ و ۴۹۴۴۰ و ۴۹۷۵۰ و ۵۰۰۶۱ و ۵۰۳۷۵ و ۵۰۶۹۰ و ۵۱۰۰۶ و ۵۱۳۲۳ و ۵۱۶۴۱ و ۵۱۹۶۰ و ۵۲۲۸۰ و ۵۲۶۰۱ و ۵۲۹۲۳ و ۵۳۲۴۶ و ۵۳۵۷۰ و ۵۳۸۹۵ و ۵۴۲۲۱ و ۵۴۵۴۸ و ۵۴۸۷۶ و ۵۵۲۰۵ و ۵۵۵۳۵ و ۵۵۸۶۶ و ۵۶۱۹۸ و ۵۶۵۳۱ و ۵۶۸۶۵ و ۵۷۲۰۰ و ۵۷۵۳۶ و ۵۷۸۷۳ و ۵۸۲۱۱ و ۵۸۵۵۰ و ۵۸۸۹۰ و ۵۹۲۳۱ و ۵۹۵۷۳ و ۵۹۹۱۶ و ۶۰۲۶۰ و ۶۰۶۰۵ و ۶۰۹۵۱ و ۶۱۳۰۰ و ۶۱۶۵۰ و ۶۲۰۰۱ و ۶۲۳۵۳ و ۶۲۷۰۶ و ۶۳۰۶۰ و ۶۳۴۱۵ و ۶۳۷۷۱ و ۶۴۱۲۸ و ۶۴۴۸۶ و ۶۴۸۴۵ و ۶۵۲۰۵ و ۶۵۵۶۵ و ۶۵۹۲۶ و ۶۶۲۸۸ و ۶۶۶۵۱ و ۶۷۰۱۵ و ۶۷۳۸۰ و ۶۷۷۴۶ و ۶۸۱۱۳ و ۶۸۴۸۱ و ۶۸۸۵۰ و ۶۹۲۲۰ و ۶۹۵۹۰ و ۶۹۹۶۱ و ۷۰۳۳۵ و ۷۰۷۰۸ و ۷۱۰۸۶ و ۷۱۴۶۵ و ۷۱۸۴۵ و ۷۲۲۲۶ و ۷۲۶۰۸ و ۷۲۹۹۱ و ۷۳۳۷۵ و ۷۳۷۶۰ و ۷۴۱۴۶ و ۷۴۵۳۳ و ۷۴۹۲۱ و ۷۵۳۱۰ و ۷۵۷۰۰ و ۷۶۰۹۰ و ۷۶۴۸۱ و ۷۶۸۷۳ و ۷۷۲۶۶ و ۷۷۶۶۰ و ۷۸۰۵۵ و ۷۸۴۵۱ و ۷۸۸۵۰ و ۷۹۲۴۸ و ۷۹۶۴۶ و ۸۰۰۴۵ و ۸۰۴۴۵ و ۸۰۸۴۶ و ۸۱۲۴۸ و ۸۱۶۵۰ و ۸۲۰۵۶ و ۸۲۴۶۳ و ۸۲۸۷۱ و ۸۳۲۸۰ و ۸۳۶۹۰ و ۸۴۱۰۱ و ۸۴۵۱۳ و ۸۴۹۲۶ و ۸۵۳۴۰ و ۸۵۷۵۵ و ۸۶۱۷۱ و ۸۶۵۸۸ و ۸۷۰۰۶ و ۸۷۴۲۵ و ۸۷۸۴۵ و ۸۸۲۶۶ و ۸۸۶۸۸ و ۸۹۱۱۱ و ۸۹۵۳۵ و ۸۹۹۶۰ و ۹۰۳۸۶ و ۹۰۸۱۳ و ۹۱۲۴۱ و ۹۱۶۷۰ و ۹۲۱۰۰ و ۹۲۵۳۰ و ۹۲۹۶۱ و ۹۳۳۹۳ و ۹۳۸۲۶ و ۹۴۲۶۰ و ۹۴۶۹۵ و ۹۵۱۳۱ و ۹۵۵۷۳ و ۹۶۰۱۶ و ۹۶۴۶۰ و ۹۶۹۰۵ و ۹۷۳۵۱ و ۹۷۷۵۰ و ۹۸۱۴۸ و ۹۸۵۴۶ و ۹۸۹۴۵ و ۹۹۳۴۵ و ۹۹۷۴۶ و ۱۰۰۱۴۸ و ۱۰۰۵۵۰ و ۱۰۰۹۵۶ و ۱۰۱۳۶۳ و ۱۰۱۷۷۱ و ۱۰۲۱۸۰ و ۱۰۲۵۹۰ و ۱۰۳۰۰۱ و ۱۰۳۴۱۳ و ۱۰۳۸۲۶ و ۱۰۴۲۴۰ و ۱۰۴۶۵۵ و ۱۰۵۰۷۱ و ۱۰۵۴۸۸ و ۱۰۵۹۰۶ و ۱۰۶۳۲۵ و ۱۰۶۷۴۵ و ۱۰۷۱۶۶ و ۱۰۷۵۸۸ و ۱۰۸۰۱۱ و ۱۰۸۴۳۵ و ۱۰۸۸۶۰ و ۱۰۹۲۸۶ و ۱۰۹۷۱۳ و ۱۱۰۱۴۱ و ۱۱۰۵۷۰ و ۱۱۱۰۰۰ و ۱۱۱۴۳۰ و ۱۱۱۸۶۱ و ۱۱۲۲۹۳ و ۱۱۲۷۲۶ و ۱۱۳۱۶۰ و ۱۱۳۶۰۵ و ۱۱۴۰۵۱ و ۱۱۴۵۰۰ و ۱۱۴۹۵۰ و ۱۱۵۴۰۱ و ۱۱۵۸۵۳ و ۱۱۶۳۰۶ و ۱۱۶۷۶۰ و ۱۱۷۲۱۵ و ۱۱۷۶۷۱ و ۱۱۸۱۲۸ و ۱۱۸۵۸۶ و ۱۱۹۰۴۵ و ۱۱۹۵۰۵ و ۱۱۹۹۶۵ و ۱۲۰۴۲۶ و ۱۲۰۸۸۸ و ۱۲۱۳۵۱ و ۱۲۱۸۱۵ و ۱۲۲۲۸۰ و ۱۲۲۷۴۶ و ۱۲۳۲۱۳ و ۱۲۳۶۸۱ و ۱۲۴۱۵۰ و ۱۲۴۶۲۰ و ۱۲۵۰۹۰ و ۱۲۵۵۶۱ و ۱۲۶۰۳۵ و ۱۲۶۵۰۸ و ۱۲۶۹۸۶ و ۱۲۷۴۶۵ و ۱۲۷۹۴۵ و ۱۲۸۴۲۶ و ۱۲۸۸۸۸ و ۱۲۹۳۵۱ و ۱۲۹۸۱۵ و ۱۳۰۲۸۰ و ۱۳۰۷۴۶ و ۱۳۱۲۱۳ و ۱۳۱۶۸۱ و ۱۳۲۱۵۰ و ۱۳۲۶۲۰ و ۱۳۳۰۹۰ و ۱۳۳۵۶۱ و ۱۳۴۰۳۵ و ۱۳۴۵۰۸ و ۱۳۴۹۸۶ و ۱۳۵۴۶۵ و ۱۳۵۹۴۵ و ۱۳۶۴۲۶ و ۱۳۶۸۸۸ و ۱۳۷۳۵۱ و ۱۳۷۸۱۵ و ۱۳۸۲۸۰ و ۱۳۸۷۴۶ و ۱۳۹۲۱۳ و ۱۳۹۶۸۱ و ۱۴۰۱۵۰ و ۱۴۰۶۲۰ و ۱۴۱۰۹۰ و ۱۴۱۵۶۱ و ۱۴۲۰۳۵ و ۱۴۲۵۰۸ و ۱۴۲۹۸۶ و ۱۴۳۴۶۵ و ۱۴۳۹۴۵ و ۱۴۴۴۲۶ و ۱۴۴۸۸۸ و ۱۴۵۳۵۱ و ۱۴۵۸۱۵ و ۱۴۶۲۸۰ و ۱۴۶۷۴۶ و ۱۴۷۲۱۳ و ۱۴۷۶۸۱ و ۱۴۸۱۵۰ و ۱۴۸۶۲۰ و ۱۴۹۰۹۰ و ۱۴۹۵۶۱ و ۱۵۰۰۳۵ و ۱۵۰۵۰۸ و ۱۵۰۹۸۶ و ۱۵۱۴۶۵ و ۱۵۱۹۴۵ و ۱۵۲۴۲۶ و ۱۵۲۸۸۸ و ۱۵۳۳۵۱ و ۱۵۳۸۱۵ و ۱۵۴۲۸۰ و ۱۵۴۷۴۶ و ۱۵۵۲۱۳ و ۱۵۵۶۸۱ و ۱۵۶۱۵۰ و ۱۵۶۶۲۰ و ۱۵۷۰۹۰ و ۱۵۷۵۶۱ و ۱۵۸۰۳۵ و ۱۵۸۵۰۸ و ۱۵۸۹۸۶ و ۱۵۹۴۶۵ و ۱۵۹۹۴۵ و ۱۶۰۴۲۶ و ۱۶۰۸۸۸ و ۱۶۱۳۵۱ و ۱۶۱۸۱۵ و ۱۶۲۲۸۰ و ۱۶۲۷۴۶ و ۱۶۳۲۱۳ و ۱۶۳۶۸۱ و ۱۶۴۱۵۰ و ۱۶۴۶۲۰ و ۱۶۵۰۹۰ و ۱۶۵۵۶۱ و ۱۶۶۰۳۵ و ۱۶۶۵۰۸ و ۱۶۶۹۸۶ و ۱۶۷۴۶۵ و ۱۶۷۹۴۵ و ۱۶۸۴۲۶ و ۱۶۸۸۸۸ و ۱۶۹۳۵۱ و ۱۶۹۸۱۵ و ۱۷۰۲۸۰ و ۱۷۰۷۴۶ و ۱۷۱۲۱۳ و ۱۷۱۶۸۱ و ۱۷۲۱۵۰ و ۱۷۲۶۲۰ و ۱۷۳۰۹۰ و ۱۷۳۵۶۱ و ۱۷۴۰۳۵ و ۱۷۴۵۰۸ و ۱۷۴۹۸۶ و ۱۷۵۴۶۵ و ۱۷۵۹۴۵ و ۱۷۶۴۲۶ و ۱۷۶۸۸۸ و ۱۷۷۳۵۱ و ۱۷۷۸۱۵ و ۱۷۸۲۸۰ و ۱۷۸۷۴۶ و ۱۷۹۲۱۳ و ۱۷۹۶۸۱ و ۱۸۰۱۵۰ و ۱۸۰۶۲۰ و ۱۸۱۰۹۰ و ۱۸۱۵۶۱ و ۱۸۲۰۳۵ و ۱۸۲۵۰۸ و ۱۸۲۹۸۶ و ۱۸۳۴۶۵ و ۱۸۳۹۴۵ و ۱۸۴۴۲۶ و ۱۸۴۸۸۸ و ۱۸۵۳۵۱ و ۱۸۵۸۱۵ و ۱۸۶۲۸۰ و ۱۸۶۷۴۶ و ۱۸۷۲۱۳ و ۱۸۷۶۸۱ و ۱۸۸۱۵۰ و ۱۸۸۶۲۰ و ۱۸۹۰۹۰ و ۱۸۹۵۶۱ و ۱۹۰۰۳۵ و ۱۹۰۵۰۸ و ۱۹۰۹۸۶ و ۱۹۱۴۶۵ و ۱۹۱۹۴۵ و ۱۹۲۴۲۶ و ۱۹۲۸۸۸ و ۱۹۳۳۵۱ و ۱۹۳۸۱۵ و ۱۹۴۲۸۰ و ۱۹۴۷۴۶ و ۱۹۵۲۱۳ و ۱۹۵۶۸۱ و ۱۹۶۱۵۰ و ۱۹۶۶۲۰ و ۱۹۷۰۹۰ و ۱۹۷۵۶۱ و ۱۹۸۰۳۵ و ۱۹۸۵۰۸ و ۱۹۸۹۸۶ و ۱۹۹۴۶۵ و ۱۹۹۹۴۵ و ۲۰۰۴۲۶ و ۲۰۰۸۸۸ و ۲۰۱۳۵۱ و ۲۰۱۸۱۵ و ۲۰۲۲۸۰ و ۲۰۲۷۴۶ و ۲۰۳۲۱۳ و ۲۰۳۶۸۱ و ۲۰۴۱۵۰ و ۲۰۴۶۲۰ و ۲۰۵۰۹۰ و ۲۰۵۵۶۱ و ۲۰۶۰۳۵ و ۲۰۶۵۰۸ و ۲۰۶۹۸۶ و ۲۰۷۴۶۵ و ۲۰۷۹۴۵ و ۲۰۸۴۲۶ و ۲۰۸۸۸۸ و ۲۰۹۳۵۱ و ۲۰۹۸۱۵ و ۲۱۰۲۸۰ و ۲۱۰۷۴۶ و ۲۱۱۲۱۳ و ۲۱۱۶۸۱ و ۲۱۲۱۵۰ و ۲۱۲۶۲۰ و ۲۱۳۰۹۰ و ۲۱۳۵۶۱ و ۲۱۴۰۳۵ و ۲۱۴۵۰۸ و ۲۱۴۹۸۶ و ۲۱۵۴۶۵ و ۲۱۵۹۴۵ و ۲۱۶۴۲۶ و ۲۱۶۸۸۸ و ۲۱۷۳۵۱ و ۲۱۷۸۱۵ و ۲۱۸۲۸۰ و ۲۱۸۷۴۶ و ۲۱۹۲۱۳ و ۲۱۹۶۸۱ و ۲۲۰۱۵۰ و ۲۲۰۶۲۰ و ۲۲۱۰۹۰ و ۲۲۱۵۶۱ و ۲۲۲۰۳۵ و ۲۲۲۵۰۸ و ۲۲۲۹۸۶ و ۲۲۳۴۶۵ و ۲۲۳۹۴۵ و ۲۲۴۴۲۶ و ۲۲۴۸۸۸ و ۲۲۵۳۵۱ و ۲۲۵۸۱۵ و ۲۲۶۲۸۰ و ۲۲۶۷۴۶ و ۲۲۷۲۱۳ و ۲۲۷۶۸۱ و ۲۲۸۱۵۰ و ۲۲۸۶۲۰ و ۲۲۹۰۹۰ و ۲۲۹۵۶۱ و ۲۳۰۰۳۵ و ۲۳۰۵۰۸ و ۲۳۰۹۸۶ و ۲۳۱۴۶۵ و ۲۳۱۹۴۵ و ۲۳۲۴۲۶ و ۲۳۲۸۸۸ و ۲۳۳۳۵۱ و ۲۳۳۸۱۵ و ۲۳۴۲۸۰ و ۲۳۴۷۴۶ و ۲۳۵۲۱۳ و ۲۳۵۶۸۱ و ۲۳۶۱۵۰ و ۲۳۶۶۲۰ و ۲۳۷۰۹۰ و ۲۳۷۵۶۱ و ۲۳۸۰۳۵ و ۲۳۸۵۰۸ و ۲۳۸۹۸۶ و ۲۳۹۴۶۵ و ۲۳۹۹۴۵ و ۲۴۰۴۲۶ و ۲۴۰۸۸۸ و ۲۴۱۳۵۱ و ۲۴۱۸۱۵ و ۲۴۲۲۸۰ و ۲۴۲۷۴۶ و ۲۴۳۲۱۳ و ۲۴۳۶۸۱ و ۲۴۴۱۵۰ و ۲۴۴۶۲۰ و ۲۴۵۰۹۰ و ۲۴۵۵۶۱ و ۲۴۶۰۳۵ و ۲۴۶۵۰۸ و ۲۴۶۹۸۶ و ۲۴۷۴۶۵ و ۲۴۷۹۴۵ و ۲۴۸۴۲۶ و ۲۴۸۸۸۸ و ۲۴۹۳۵۱ و ۲۴۹۸۱۵ و ۲۵۰۲۸۰ و ۲۵۰۷۴۶ و ۲۵۱۲۱۳ و ۲۵۱۶۸۱ و ۲۵۲۱۵۰ و ۲۵۲۶۲۰ و ۲۵۳۰۹۰ و ۲۵۳۵۶۱ و ۲۵۴۰۳۵ و ۲۵۴۵۰۸ و ۲۵۴۹۸۶ و ۲۵۵۴۶۵ و ۲۵۵۹۴۵ و ۲۵۶۴۲۶ و ۲۵۶۸۸۸ و ۲۵۷۳۵۱ و ۲۵۷۸۱۵ و ۲۵۸۲۸۰ و ۲۵۸۷۴۶ و ۲۵۹۲۱۳ و ۲۵۹۶۸۱ و ۲۶۰۱۵۰ و ۲۶۰۶۲۰ و ۲۶۱۰۹۰ و ۲۶۱۵۶۱ و ۲۶۲۰۳۵ و ۲۶۲۵۰۸ و ۲۶۲۹۸۶ و ۲۶۳۴۶۵ و ۲۶۳۹۴۵ و ۲۶۴۴۲۶ و ۲۶۴۸۸۸ و ۲۶۵۳۵۱ و ۲۶۵۸۱۵ و ۲۶۶۲۸۰ و ۲۶۶۷۴۶ و ۲۶۷۲۱۳ و ۲۶۷۶۸۱ و ۲۶۸۱۵۰ و ۲۶۸۶۲۰ و ۲۶۹۰۹۰ و ۲۶۹۵۶۱ و ۲۷۰۰۳۵ و ۲۷۰۵۰۸ و ۲۷۰۹۸۶ و ۲۷۱۴۶۵ و ۲۷۱۹۴۵ و ۲۷۲۴۲۶ و ۲۷۲۸۸۸ و ۲۷۳۳۵۱ و ۲۷۳۸۱۵ و ۲۷۴۲۸۰ و ۲۷۴۷۴۶ و ۲۷۵۲۱۳ و ۲۷۵۶۸۱ و ۲۷۶۱۵۰ و ۲۷۶۶۲۰ و ۲۷۷۰۹۰ و ۲۷۷۵۶۱ و ۲۷۸۰۳۵ و ۲۷۸۵۰۸ و ۲۷۸۹۸۶ و ۲۷۹۴۶۵ و ۲۷۹۹۴۵ و ۲۸۰۴۲۶ و ۲۸۰۸۸۸ و ۲۸۱۳۵۱ و ۲۸۱۸۱۵ و ۲۸۲۲۸۰ و ۲۸۲۷۴۶ و ۲۸۳۲۱۳ و ۲۸۳۶۸۱ و ۲۸۴۱۵۰ و ۲۸۴۶۲۰ و ۲۸۵۰۹۰ و ۲۸۵۵۶۱ و ۲۸۶۰۳۵ و ۲۸۶۵۰۸ و ۲۸۶۹۸۶ و ۲۸۷۴۶۵ و ۲۸۷۹۴۵ و ۲۸۸۴۲۶ و ۲۸۸۸۸۸ و ۲۸۹۳۵۱ و ۲۸۹۸۱۵ و ۲۹۰۲۸۰ و ۲۹۰۷۴۶ و ۲۹۱۲۱۳ و ۲۹۱۶۸۱ و ۲۹۲۱۵۰ و ۲۹۲۶۲۰ و ۲۹۳۰۹۰ و ۲۹۳۵۶۱ و ۲۹۴۰۳۵ و ۲۹۴۵۰۸ و ۲۹۴۹۸۶ و ۲۹۵۴۶۵ و ۲۹۵۹۴۵ و ۲۹۶۴۲۶ و ۲۹۶۸۸۸ و ۲۹۷۳۵۱ و ۲۹۷۸۱۵ و ۲۹۸۲۸۰ و ۲۹۸۷۴۶ و ۲۹۹۲۱۳ و ۲۹۹۶۸۱ و ۳۰۰۱۵۰ و ۳۰۰۶۲۰ و ۳۰۱۰۹۰ و ۳۰۱۵۶۱ و ۳۰۲۰۳۵ و ۳۰۲۵۰۸ و ۳۰۲۹۸۶ و ۳۰۳۴۶۵ و ۳۰۳۹۴۵ و ۳۰۴۴۲۶ و ۳۰۴۸۸۸ و ۳۰۵۳۵۱ و ۳۰۵۸۱۵ و ۳۰۶۲۸۰ و ۳۰۶۷۴۶ و ۳۰۷۲۱۳ و ۳۰۷۶۸۱ و ۳۰۸۱۵۰ و ۳۰۸۶۲۰ و ۳۰۹۰۹۰ و ۳۰۹۵۶۱ و ۳۱۰۰۳۵ و ۳۱۰۵۰۸ و ۳۱۰۹۸۶ و ۳۱۱۴۶۵ و ۳۱۱۹۴۵ و ۳۱۲۴۲۶ و ۳۱۲۸۸۸ و ۳۱۳۳۵۱ و ۳۱۳۸۱۵ و ۳۱۴۲۸۰ و ۳۱۴۷۴۶ و ۳۱۵۲۱۳ و ۳۱۵۶۸۱ و ۳۱۶۱۵۰ و ۳۱۶۶۲۰ و ۳۱۷۰۹۰ و ۳۱۷۵۶۱ و ۳۱۸۰۳۵ و ۳۱۸۵۰۸ و ۳۱۸۹۸۶ و ۳۱۹۴۶۵ و ۳۱۹۹۴۵ و ۳۲۰۴۲۶ و ۳۲۰۸۸۸ و ۳۲۱۳۵۱ و ۳۲۱۸۱۵ و ۳۲۲۲۸۰ و ۳۲۲۷۴۶ و ۳۲۳۲۱۳ و ۳۲۳۶۸۱ و ۳۲۴۱۵۰ و ۳۲۴۶۲۰ و ۳۲۵۰۹۰ و ۳۲۵۵۶۱ و ۳۲۶۰۳۵ و ۳۲۶۵۰۸ و ۳۲۶۹۸۶ و ۳۲۷۴۶۵ و ۳۲۷۹۴۵ و ۳۲۸۴۲۶ و ۳۲۸۸۸۸ و ۳۲۹۳۵۱ و ۳۲۹۸۱۵ و ۳۳۰۲۸۰ و ۳۳۰۷۴۶ و ۳۳۱۲۱۳ و ۳۳۱۶۸۱ و ۳۳۲۱۵۰ و ۳۳۲۶۲۰ و ۳۳۳۰۹۰ و ۳۳۳۵۶۱ و ۳۳۴۰۳۵ و ۳۳۴۵۰۸ و ۳۳۴۹۸۶ و ۳۳۵۴۶۵ و ۳۳۵۹۴۵ و ۳۳۶۴۲۶ و ۳۳۶۸۸۸ و ۳۳۷۳۵۱ و ۳۳۷۸۱۵ و ۳۳۸۲۸۰ و ۳۳۸۷۴۶ و ۳۳۹۲۱۳ و ۳۳۹۶۸۱ و ۳۴۰۱۵۰ و ۳۴۰۶۲۰ و ۳۴۱۰۹۰ و ۳۴۱۵۶۱ و ۳۴۲۰۳۵ و ۳۴۲۵۰۸ و ۳۴۲۹۸۶ و ۳۴۳۴۶۵ و ۳۴۳۹۴۵ و ۳۴۴۴۲۶ و ۳۴۴۸۸۸ و ۳۴۵۳۵۱ و ۳۴۵۸۱۵ و ۳۴۶۲۸۰ و ۳۴۶۷۴۶ و ۳۴۷۲۱۳ و ۳۴۷۶۸۱ و ۳۴۸۱۵۰ و ۳۴۸۶۲۰ و ۳۴۹۰۹۰ و ۳۴۹۵۶۱ و ۳۵۰۰۳۵ و ۳۵۰۵۰۸ و ۳۵۰۹۸۶ و ۳۵۱۴۶۵ و ۳۵۱۹۴۵ و ۳۵۲۴۲۶ و ۳۵۲۸۸۸ و ۳۵۳۳۵۱ و ۳۵۳۸۱۵ و ۳۵۴۲۸۰ و ۳۵۴۷۴۶ و ۳۵۵۲۱۳ و ۳۵۵۶۸۱ و ۳۵۶۱۵۰ و ۳۵۶۶۲۰ و ۳۵۷۰۹۰ و ۳۵۷۵۶۱ و ۳۵۸۰۳۵ و ۳۵۸۵۰۸ و ۳۵۸۹۸۶ و ۳۵۹۴۶۵ و ۳۵۹۹۴۵ و ۳۶۰۴۲۶ و ۳۶۰۸۸۸ و ۳۶۱۳۵۱ و ۳۶۱۸۱۵ و ۳۶۲۲۸۰ و ۳۶۲۷۴۶ و ۳۶۳۲۱۳ و ۳۶۳۶۸۱ و ۳۶۴۱۵۰ و ۳۶۴۶۲۰ و ۳۶۵۰۹۰ و ۳۶۵۵۶۱ و ۳۶۶۰۳۵ و ۳۶۶۵۰۸ و ۳۶۶۹۸۶ و ۳۶۷۴۶۵ و ۳۶۷۹۴۵ و ۳۶۸۴۲۶ و ۳۶۸۸۸۸ و ۳۶۹۳۵۱ و ۳۶۹۸۱۵ و ۳۷۰۲۸۰ و ۳۷۰۷۴۶ و ۳۷۱۲۱۳ و ۳۷۱۶۸۱ و ۳۷۲۱۵۰ و ۳۷۲۶۲۰ و ۳۷۳۰۹۰ و ۳۷۳۵۶۱ و ۳۷۴۰۳۵ و ۳۷۴۵۰۸ و ۳۷۴۹۸۶ و ۳۷۵۴۶۵ و ۳۷۵۹۴۵ و ۳۷۶۴۲۶ و ۳۷۶۸۸۸ و ۳۷۷۳۵۱ و ۳۷۷۸۱۵ و ۳۷۸۲۸۰ و ۳۷۸۷۴۶ و ۳۷۹۲۱۳ و ۳۷۹۶۸۱ و ۳۸۰۱۵۰ و ۳۸۰۶۲۰ و ۳۸۱۰۹۰ و ۳۸۱۵۶۱ و ۳۸۲۰۳۵ و ۳۸۲۵۰۸ و ۳۸۲۹۸۶ و ۳۸۳۴۶۵ و ۳۸۳۹۴۵ و ۳۸۴۴۲۶ و ۳۸۴۸۸۸ و ۳۸۵۳۵۱ و ۳۸۵۸۱۵ و ۳۸۶۲۸۰ و ۳۸۶۷۴۶ و ۳۸۷۲۱۳ و ۳۸۷۶۸۱ و ۳۸۸۱۵۰ و ۳۸۸۶۲۰ و ۳۸۹۰۹۰ و ۳۸۹۵۶۱ و ۳۹۰۰۳۵ و ۳۹۰۵۰۸ و ۳۹۰۹۸۶ و ۳۹۱۴۶۵ و ۳۹۱۹۴۵ و ۳۹۲۴۲۶ و ۳۹۲۸۸۸ و ۳۹۳۳۵۱ و ۳۹۳۸۱۵ و ۳۹۴۲۸۰ و ۳۹۴۷۴۶ و ۳۹۵۲۱۳ و ۳۹۵۶۸۱ و ۳۹۶۱۵۰ و ۳۹۶۶۲۰ و ۳۹۷۰۹۰ و ۳۹۷۵۶۱ و ۳۹۸۰۳۵ و ۳۹۸۵۰۸ و ۳۹۸۹۸۶ و ۳۹۹۴۶۵ و ۳۹۹۹۴۵ و ۴۰۰۴۲۶ و ۴۰۰۸۸۸ و ۴۰۱۳۵۱ و ۴۰۱۸۱۵ و ۴۰۲۲۸۰ و ۴۰۲۷۴۶ و ۴۰۳۲۱۳ و ۴۰۳۶۸۱ و ۴۰۴۱۵۰ و ۴۰۴۶۲۰ و ۴۰۵۰۹۰ و ۴۰۵۵۶۱ و ۴۰۶۰۳۵ و ۴۰۶۵۰۸ و ۴۰۶۹۸۶ و ۴۰۷۴۶۵ و ۴۰۷۹۴۵ و ۴۰۸۴۲۶ و ۴۰۸۸۸۸ و ۴۰۹۳۵۱ و ۴۰۹۸۱۵ و ۴۱۰۲۸۰ و ۴۱۰۷۴۶ و ۴۱۱۲۱۳ و ۴۱۱۶۸۱ و ۴۱۲۱۵۰ و ۴۱۲۶۲۰ و ۴۱۳۰۹۰ و ۴۱۳۵۶۱ و ۴۱۴۰۳۵ و ۴۱۴۵۰۸ و ۴۱۴۹۸۶ و ۴۱۵۴۶۵ و ۴۱۵۹۴۵ و ۴۱۶۴۲۶ و ۴۱۶۸۸۸ و ۴۱۷۳۵۱ و ۴۱۷۸۱۵ و ۴۱۸۲۸۰ و ۴۱۸۷۴۶ و ۴۱۹۲۱۳ و ۴۱۹۶۸۱ و ۴۲۰۱۵۰ و ۴۲۰۶۲۰ و ۴۲۱۰۹۰ و ۴۲۱۵۶۱ و ۴۲۲۰۳۵ و ۴۲۲۵۰۸ و ۴۲۲۹۸۶ و ۴۲۳۴۶۵ و ۴۲۳۹۴۵ و ۴۲۴۴۲۶ و ۴۲۴۸۸۸ و ۴۲۵۳۵۱ و ۴۲۵۸۱۵ و ۴۲۶۲۸۰ و ۴۲۶۷

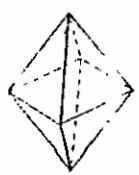
تعجب‌اورترین جنبهٔ این واقعیت در این است که اگر اضلاع یك مربع دقیقاً به طول یك اینچ باشند، انطباق دقیق تقسیمات خط‌کش بر بخش‌های مساوی اضلاع آن هیچ مشکلی به همراه ندارد، اما غیرممکن است که دو انتهای قطر مربع بر دو انتهای نشانه‌های روی خط‌کش، منطبق شود. دو کمیّت از این نوع را که نتوان با واحد مشابه اندازه گرفت، ناسنجا[105] می‌نامند. هریك از این اعداد را نمی‌توان به صورت کسری از کمیت دیگر بیان کرد. این واقعیت[106] که ضلع و قطر مربع ناسنجا هستند، برای فیثاغورسیان به نیروی اعتبار خط بطلان کشید. دراینجا نکته‌ای بود که اعداد از بیان آن عاجز می‌ماندند. فیثاغورسیان کوشیدند (البته کوششی ناموفق) تا شاید براین کشف قابل توجه سرپوش بگذارند. و این همان لجاجتی است که بشر به رغم حکم عقل، در دفاع از عقاید مألوف خود نشان می‌دهد.

مورد دیگر از پیوند میان رازوری و ریاضیات در نزد فیثاغورسیان، علاقهٔ آنها به شکلهای هندسی منتظم است. چندضلعی شکلی مستوی است که به وسیلهٔ چند خط مستقیم محدود شده باشد. چند ضلعی در صورتی منتظم است که همهٔ اضلاع آن به یك اندازه و زوایای آن برابر باشند. شکل فضایی منتظم از چند وجه مستوی که همانند یکدیگرند، تشکیل می‌شود. هر وجه از شکل فضایی منتظم، یك چند ضلعی است. هر چند وجه به یك نقطه ختم می‌شوند. تعداد چند وجهیهای منتظم منحصر به پنج تاست (شکل ۲). فیثاغورسیان، در مقام ریاضیدان، به این اشکال و بویژه به دوازده وجهی که خود کشف کرده بودند، دلبستگی داشتند. اما این عقیده‌شان که اشکال فضایی منتظم جایگاه مهمی در طراحی عالم دارد، بی‌پایه بود. با وصف این، این اندیشه قرنها دوام آورد.

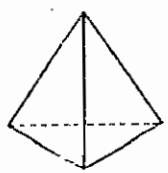
شکل ۲



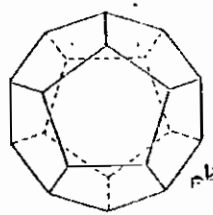
مکعب
۶ مربع



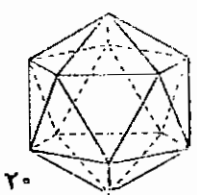
هشت وجهی
۸ مثلث متساوی‌الاضلاع



چهاروجهی
۴ مثلث متساوی‌الاضلاع



دوازده وجهی
۱۲ پنج ضلعی منتظم



بیست وجهی
۲۰ مثلث متساوی‌الاضلاع

105. incommensurable

۱۰۶. به قول برتراند راسل، این واقعیت «چالش طبیعت با حساب است.»

۱۵ اخترشناسی فیثاغورسی

اخترشناسی فیثاغورسی مانند اخترشناسی یونیایی نظری بود، ولی در عین حال حاوی آرای مهمی نیز بود که بعدها احیا شد. اما برای آن ارا دلیلهای علمی جدّی نمی‌آوردند و گذشته از آن، خود ارا با حدس و گمانهای بی‌ارزش درهم آمیخته بود. فیثاغورسیان به کروی بودن زمین عقیده داشتند و برای این عقیدهٔ خود دو دلیل می‌آوردند: دلیل نخست گرچه کاملاً قانع کننده نبود، اما خردپسند می‌نمود؛ زیرا دلیل آنان از مقایسهٔ زمین با خورشید و ماه استنتاج شده بود. دلیل دوم، رازورانه بود. فیثاغورسیان می‌گفتند که کروی کاملترین شکل است، حتی کاملتر از دوازده وجهی. بنابراین، همهٔ اختران می‌بایست کروی باشند. براستی هیچ نیازی نمی‌دیدند که بنگرند و به چشم ببینند.

همچنین عقیده داشتند زمین مرکز عالم نیست و همراه با خورشید و ماه و سیارگان، به گردآتشی که در مرکز عالم است می‌گردد. مدارها هم لزوماً دایره هستند. دایره در دو بعد از لحاظ کمال شبیه کره در سه بعد است. خورشید، ماه، زمین، آتش مرکزی و پنج سیارهٔ معروف دیگر، روی هم عدد نه را تشکیل می‌دهند. فیثاغورسیان معتقد بودند جز ستارگان، باید ده اختر دیگر هم باشد. آنها دلبستگی خاصی به عدد مثلثی ده داشتند بنابراین، یك ضدزمین[107] خیالی را برنظام خود افزودند. معتقد بودند که فاصله‌های اختران از آتش مرکزی به نسبتهای عددی ساده است. به نظر آنها عالم مانند چرخ فلکی است که می‌چرخد و از آن موسیقی مترنّم می‌شود. ما موسیقی آسمانها را نمی‌شنویم، اما فیثاغورسیان در پاسخ این سخن می‌گفتند: چون گوش ما به موسیقی آسمانها خوگرفته و به آن معتاد شده است.

سه اندیشهٔ مهم فیثاغورسیان عبارت بود از: زمین کروی است؛ زمین مرکز عالم نیست؛ زمین ساکن نیست. اندیشهٔ نخست در میان دانشمندان یونانی متداول بود. دواندیشهٔ دیگر را اساساً جدّی نگرفتند، تا اینکه دوسدهٔ پانزدهم از سوی کوپرنیك دوباره مطرح شد؛ گواینکه پس از کوپرنیك، باز هم گسترش این اندیشه‌ها با دشواری روبرو بود.

آتش مرکزی، در هاله‌ای از رمز و راز است. می‌گویند فیثاغورسیان آتش را مرکز عالم قرار دادند، چون خورشید را مرکز واقعی آن می‌پنداشتند؛ اما از بیم تعقیب و آزار، عقیدهٔ اصلی خود را پنهان داشته بودند. اگر این طور بوده باشد، آنها بر کوپرنیك تقدّم فضل داشته‌اند. معلوم نیست چرا ممکن بود فیثاغورسیان را به سبب اعتقاد به مرکزیت خورشید مورد تعقیب و آزار قرار دهند. اما هرچه بود، بعد از ایشان آناکساگوراس (انکساغورس)[108] را به سبب اندیشه‌های اخترشناختی‌اش آزارداده‌اند. پس ممکن است ملاحظهٔ فیثاغورسیان بی‌جهت نبوده باشد. بنابراین، چون هیچ کس

107. counter earth

108. Anaxagoras

آتش مرکزی یا ضد زمین را نپذیرفت، اخترشناسی فیثاغورسی هم با استقبال روبه‌رو نشد و حتی نکته‌های درست آن هم از یادها رفت.

۱۶ مشاهده و آزمایش؛ فیثاغورسیان و موسیقی

مشاهده به منزلهٔ روش اکتشاف در میان یونانیان نخستین، کمتر از پیشینیان شرقی‌شان متداول بود. اما شگفتی در این است که نخستین نشانه‌های فیزیك تجربی (آزمایشی) در کارهای فیثاغورسیان دیده شده است. آزمایش[۱۰۹] از مشاهده مهمتر است. آزمایش، مشاهده‌ای است که مشاهده‌گر در اوضاع و احوال خاص ترتیب می‌دهد. ثبت حرکتهای سیارهٔ مشتری مشاهدهٔ صرف است، زیرا که حرکتهای مشتری در اختیار مشاهده‌گر نیست. اما کسی که ماده‌ای را بتدریج حرارت می‌دهد و تغییرات آن را بررسی می‌کند، عمل آزمایش را انجام می‌دهد. فرق میان مشاهده و آزمایش، فرق میان دیدن انفعالی طبیعت و پرسش فعّالانه از مجهولات طبیعت است.

فیثاغورسیان برای یافتن رابطهٔ میان طول زهها و دانگ صداهای ناشی از لرزش زههای ساز، دست به آزمایش زدند. اعتقادشان به اهمیت اعداد با کشف این نکته که طول نسبتهای عددی ساده با نتهای هماهنگ پرده‌های موسیقی مطابقت دارد، راسختر شد. برای مثال، یك نُت موسیقی و پنجم و اُکتاو آن با اندازه‌هایی به نسبت ۶:۴:۳ مطابق است. این آزمایشها به خودی خود مهم نبودند؛ اهمیت آنها از آن جهت است که در عصری انجام گرفته‌اند که آن عصر گرفتار بحثهای نظری بی‌پایه و اساس بوده است.

109. experiment

فصل دوم
حوزهٔ علمی آتن

۱ آتن عصر پریکلس

شهرهای یونانی در میان کوهستانها و جزیره‌های جنوب ایتالیا و دریای اژه پراکنده بودند. هیچ راه طبیعی ارتباطی مانند رود نیل در مصر یا رود فرات در بین‌النهرین نبود تا شهرهای پراکندهٔ یونانی را در سایهٔ حکومت یگانه‌ای قرار دهد. حتی احساس مشترك ناشی از زبان، مذهب، شرکت در بازیهای المپیك و پاسداشت سنتهای هومری آنها را از هم‌چشمی و جنگ و ستیز با هم باز نمی‌داشت. تنها در خلال نیم قرنی که جنگ با ایران ادامه داشت، چند شهر به انگیزهٔ یونانخواهی کاملاً وفادار ماندند. آتن مهمترین شهری بود که وفاداری خود را نشان داده بود؛ پس طبیعی بود اگر از خود روحیه‌ای پیشتاز نشان دهد و رهبری انحصاریه‌ای را که همپیمانان مازم به پیروی از آن بودند، برعهده گیرد. آتن در انتخاب فرمانروایی برجسته توفیق یافته بود. قانون اساسی آتن، قانون مردمسالارانه[۱] بود. هر شهروندی حق مداخله در کار حکومت را داشت؛ اما به یاد داشته باشیم که بسیاری از ساکنان شهر آتن، شهروند آتن به شمار نمی‌آمدند. از پایان جنگهای ایران و یونان چندی نگذشته بود که پریکلس بر راس حکومت برگزیدهٔ مردم قرار گرفت و بیش از ۳۰ سال (۴۶۱ تا ۴۲۸ ق م) فرمانروایی کرد. او سخنوری توانا و حامی علم و هنر و ادب بود. در عصر او آتن از نو ساخته شد و به صورت زیباترین شهر یونان درآمد. از هر گوشه و کنار هر که هنری داشت، به دیدار از آتن شتافت. نزدیك به ۱۵۰ سال، آتن شهری بود که هرکس هنری و استعدادی داشت، با جستجوی نام و آوازه راهی آن می‌شد. همان طور که در روزگاری دیگر، اهل علم به اسکندریه موسیقیدانان به وین ونقاشان به فلورانس، روم و ونیز روی می‌بردند. درهیچ دوره‌ای، در زمانی چنین کوتاه و از میان جمعیتی چنین اندك، این قدر مردم برجسته برنخاسته است. در میان این مردان فیلسوفانی چون سقراط، افلاطون، ارسطو و اپیکوروُس؛ معماران و مجسمه‌سازان بزرگی مانند

. democratic

مرکز اسناد ... ۱۳۸۸/۱۱/۱۵ ... ۲۰۵۴۲

فیدیاس[2] نمایشنامه‌نویسانی همچون آیسخولوس[3] (اشیل)، سوفوکلس[4] (سوفوکل)، اوریپیدس[5] (اوریپید) و آریستوفانس[6]؛ تاریخ‌دانی مانند هیرودوت (هرودوتس)؛ و ریاضیدانان و دانشمندانی همانند آناکساگوراس، بقراط و اِئودوکسوس بودند.

پریکلس برای آتن ثروت و نعمت و قدرت سیاسی به ارمغان آورد. برپایهٔ شرایط اتحادیهٔ دِلوسی، همپیمانان متعهد شده بودند که با همکاری هم کشتی بسازند، یا در این راه مساعدت مالی کنند. چون بیشتر همپیمانان مساعدت مالی کردند، آتن کشتیها را ساخت، برتری دریایی به دست آورد و به کمک آن بازرگانی خود را رونق داد و اتحادیهٔ دلوسی را به امپراتوری آتنی مبدل ساخت. اشرافیت ثروتمند و آزاداندیش که در پناه چنین نظامی پرورده شده بود، از کوششهای پریکلس در راه تبدیل آتن به مرکزی فرهنگی و فکری پشتیبانی می‌کرد. مردمان بسیاری، بودند که استعداد، فراغت و از آداب و سنن بیزاری داشتند و آمادهٔ پذیرش هنرهای نو و بهره برگرفتن ازاندیشه‌های تازه بودند.

اما مردمی که بینش تنگ‌نظرانه‌ای از حکومت مردمی داشتند، عامل تهدید نظام حکومتی آتن قرار گرفتند. با شعله‌ور شدن جنگهای پلوپونسوسی (۴۳۱ تا ۴۰۴ ق م)، که بر آن اسپارت بیشتر نیروی آتن را نابود کرد، سقوط پریکلس هم تسریع شد. با وصف این، آتن تا مدتی دیگر مرکز فکری یونان باقی ماند. در سراسر دوران عظمت امپراتوری روم، به پیشوایی آتن در فلسفه اذعان داشتند. پس از پیروزی مقدونیان، آتن راه انتقال علم و ریاضیات را به اسکندریه گشود. فضای آتن همواره بیشتر با فلسفه و ریاضیات سازگار بود، تا علوم طبیعی؛ گو اینکه دستاوردهای آتن در زمینهٔ علوم ناچیز نبوده است. فلاسفهٔ عصر زرین آتن و به همراه آن علم آتنی چنان تاثیر ژرفی برسیر تفکر گذارده‌اند که ناگزیریم به آنها توجه کنیم.

۲ امپدوکلس پارمنیدس زنون معمای سنگپشت و آخیلس

گرچه آن دوره را بحق دورهٔ آتن نامیده‌اند، اما همهٔ مردان بزرگی که در آن عصر برخاسته‌اند، آتنی نبوده‌اند. دانشمندان عصر پریکلس بیشتر از شهرهای دیگر یونان به آتن آمده بودند. نفوذ یونیا از دو راه تاثیر گذارده بود: به صورت مستقیم و از راه شهرهای آزادشدهٔ آسیای کوچک؛ به طریق غیرمستقیم، از سوی فیثاغورسیان متاخر و از راه جنوب ایتالیا و سیسیل.

اندیشه‌های فیثاغورسی بیشتر از راه امپدوکلس[7] (انباذقلس)، پارمنیدس[8] (برمانیدس) و زنون[9]

2. Pheidias 3. Aeschylus 4. Sophocles 5. Euripides
6. Aristophanes 7. Empedocles 8. Parmenides 9. Zeno

به آتن رسیده بود. این سه تن براتمیها تاثیر گذاشتند و هرسه با اندیشه‌های فیثاغورسی آشنا بودند. اینها کاملاً به حوزهٔ آتنی تعلق ندارند و ما تنها به عنوان کسانی که واسطهٔ انتقال اندیشه‌ای قرار گرفته‌اند، به آنها نگاه می‌کنیم.

امپدوکلس که از مردم آگریجنتو[10] بود، به نوبهٔ خود سهمی در عرصهٔ علم دارد. او حدوداً میان سالهای ۵۰۰ تا ۴۰۰ ق م می‌زیست و تنها در اواخر عمر به علم پرداخت. اوازهٔ او برای عقیده‌اش به چهار عنصر خاک، آب، هوا و آتش است. او فکر می‌کرد که عالم ترکیبی از این چهارعنصر به نسبتهای متفاوت است. نظریهٔ او با استقبال گسترده‌ای روبه‌رو گردید و تاثیرات این نظریه تا پایان سدهٔ هیجدهم که شیمی نوین تکامل یافت، همچنان پابرجا بود. ممکن است این نظریه از آن فیثاغورسیان بوده، اما امپدوکلس، مروج آن شده باشد. درهرحال، این نظریه بیشتر از سایر مباحث نظری و قدیم یونانی با مشاهده نزدیکی دارد و سزاوار توجهی است که همواره به آن معطوف شده است.

خاک، آب و هوا، یاز نمودی از ماده در حالتهای جامد، مایع و گازی شکل است. فرض بر این است که مادهٔ چسبنده‌ای چون عسل، از مادهٔ مایعی چون شیر، خاکی بیشتر و آبی کمتری دارد. افزودن آتش هم برای توضیح اختلاف دما[11] است. تصور براین بود که وقتی چیزی می‌سوزد، آتشی را که در نهاد خود داشته است پس می‌دهد. خاک و آب دارای وزنند، اما آتش بی‌وزن است. اگر بعضی از مواد سبکتر از بعضی دیگرند، علتش این است که نسبت آتش آنها بیشتر است. این نکته با این واقعیت که مواد قابل اشتعال غالباً به نسبت سبکتر هستند، سازگار می‌نماید. این دلایل و دلایلی دیگر، نظریات امپدوکلس را موجه می‌نمود. با آزمایشهای کمی بسادگی می‌توان کاستیهای نظریهٔ امپدوکلس را نشان داد، اما ابزارهای فنی برای این قبیل آزمایشها دراختیار امپدوکلس نبود. او کوشش بسیار کرد تا نظریه‌اش را برپایهٔ واقعیاتی که درذهن خود داشت، بنیاد کند و این کوشش برای عقل، در برابر حدس و گمانهای غیرواقعی پیشینیان او، برتری چشمگیری به شمار می‌آمد.

امپدوکلس نخستین کسی بود که هوا را در شمار عناصر آورد. طبیعتاً این نظر او به نظریه‌اش دربارهٔ عناصر برمی‌گردد. او نظریهٔ خود را به نمایش گذاشت. انگشت خود را بردهانهٔ یک لوله قرار داد و دهانهٔ دیگر لوله را در آب فروبرد. تا دست خود را از دهانهٔ لوله برنمی‌داشت و هوای محبوس را آزاد نمی‌ساخت، آب به درون لوله راه نمی‌یافت. او برای نور سرعت[12] محدودی قائل شد، اما این نظرش به منزلهٔ انداختن تیری درتاریکی بود.

نظریهٔ زیست‌شناختی او کمتر از سایر آرای وی قانع‌کننده بود. تنها نکته‌های برجستهٔ آن نظریه

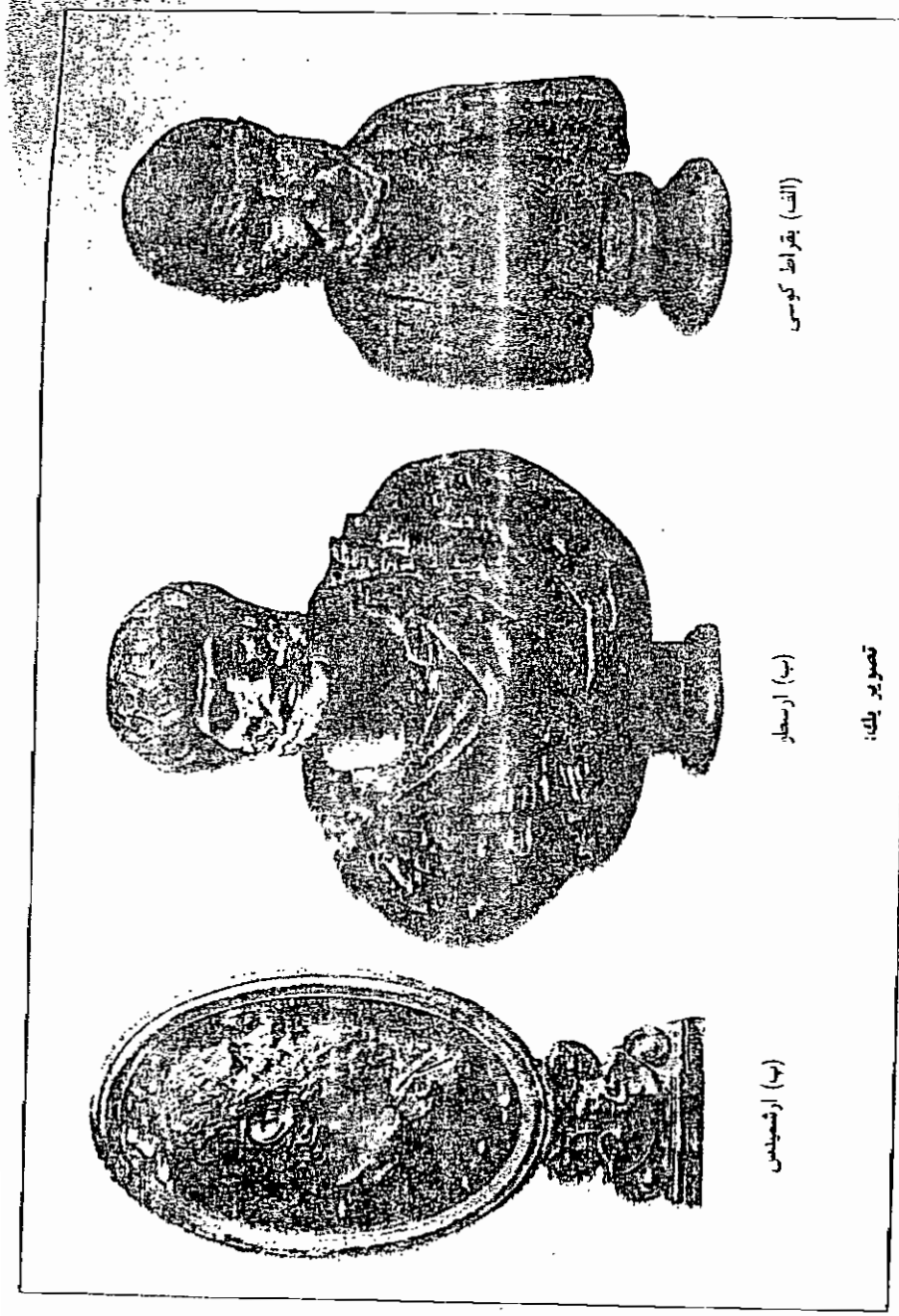
10. Agrigentum 11. temperature 12. velocity

دربارهٔ تغییر اتفاقی[13] و بقای اصلح[14] بود. او می‌گفت اعضای مختلف حیوانات ــ دست، پا، چشم و جز آن ــ در اصل اجزای پراکنده‌ای بوده که برحسب اتفاق با هم جمع شده و حیوانات گوناگون را به وجود آورده‌اند. حیواناتی که بشت یار آنها بوده و به طرز مناسبی ساخته شده‌اند، باقی مانده‌اند. چنین می‌نماید که امپدوکلس تا اندازه‌ای در این زمینه تواناییهای عملی داشته است. او وجود جنس را در گیاهان مشاهده کرده بود. امپدوکلس مدرسهٔ پزشکی سیسیل را تأسیس کرد. دران مدرسه کالبد شکافی هم می‌کردند و این کار بر پزشکی آتنی تأثیر گذاشته است. او خون قلب را جایگاه عقل می‌انگاشت و ارسطو همین نظر را اقتباس کرد. به عقیدهٔ امپدوکس خصوصیات اخلاقی به ترکیب خون بستگی دارد. او تغییر خوراك را برای مداوای فساد اخلاق تجویز می‌کرد. به نظر او، خون از سیالی رقیق و زندگی‌بخش آکنده بود. ممکن است نظریهٔ اخلاط[15] بقراط و ارسطو از همین اندیشه گرفته شده باشد.

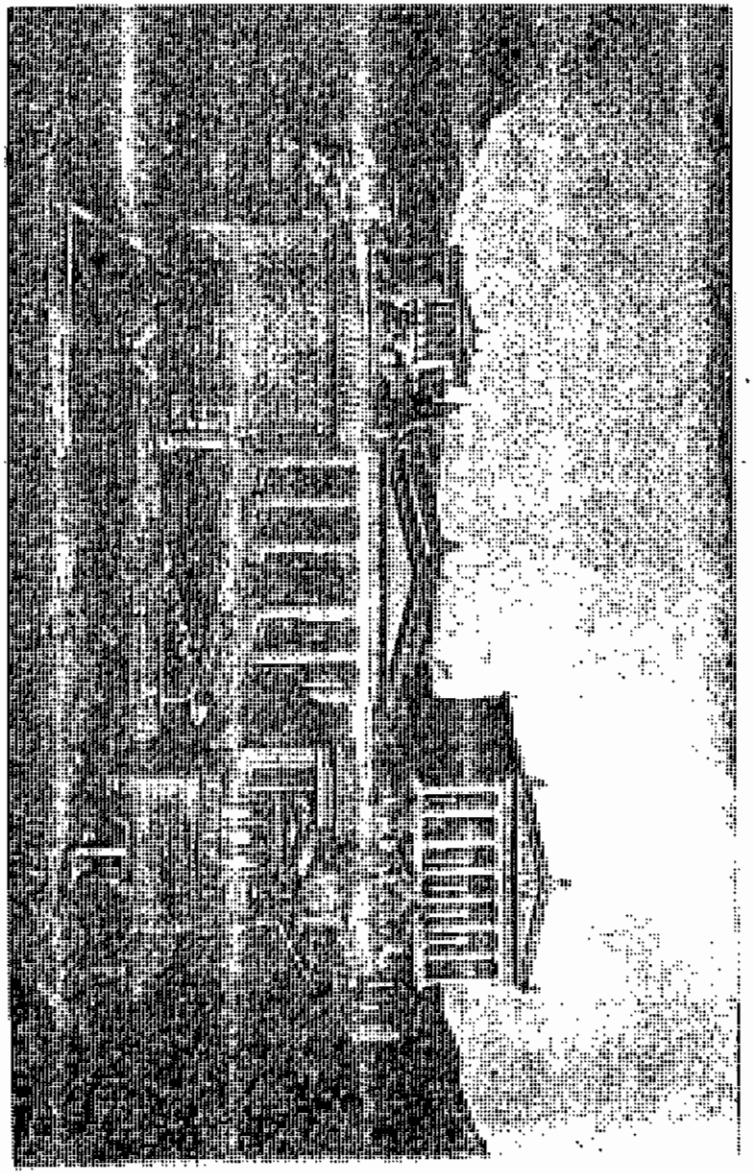
پارمنیدس و زنون در الئا[16] واقع در جنوب ایتالیا می‌زیستند. پارمنیدس با فیثاغورس و سقراط معاصر بود. به روایت افلاطون، پارمنیدس و زنون از آتن دیدار کرده‌اند و با سقراط که در آن زمان جوان بود، گفتگو داشته‌اند. مطمئن نیستیم چنین ملاقاتی حتماً صورت گرفته باشد، اما به هرحال افلاطون از آن خبر داده و چه حقیقت باشد یا افسانه، نشانهٔ تأثیر پارمنیدس و زنون برفلسفهٔ آتنی است. احتمال این هست که آن دو بعضی از اندیشه‌های فیثاغورسی را به آتن برده باشند. پارمنیدس از جملهٔ کسانی است که حواس را شایستهٔ اعتماد نمی‌دانست و به نظر او، حقیقت را تنها باید در عالم مثل جستجو کرد. نتیجهٔ این فکر، لاجرم اعتقاد او به یافتن حقیقت از راه استدلال بوده است. احتمال می‌دهند که پارمنیدس این مفاهیم را از فیثاغورس گرفته باشد. او از جهت معرفی اندیشه‌های فیثاغورس به آتن، جایی که این اندیشه‌ها سرانجام به زیان علم تمام شد، در تاریخ علم دارای اهمیت است.

زنون بیشتر با شبهه‌هایش[17] شهرت دارد. او را نباید با زنون کیتیونی[18]، بنیانگذار مکتب رواقی[19] اشتباه کرد. مراد زنون از بیان سخنان شبهه آمیزش، بیشتر پشتیبانی از آرای پارمنیدس بود. پارمنیدس چندگانگی (تکثر)[20] را انکار کرده بود و معتقد شده بود وجود، یگانه است. انکار چندگانگی، فلسفهٔ عددی فیثاغورس را که پارمنیدس و زنون هم به انکار آن برخاسته بودند، ریشه کن کرد. تلاش برای گشودن راز و رمز سخنان شبهه ناك زنون سرانجام به نظریهٔ جدید بی‌نهایت و نیز به تدوین حسابی که برای مقاصد هندسی از هرحیث دقیق بود، انجامید. (به یاد داریم که حساب اعداد صحیح و کسری نمی‌توانست رابطهٔ میان ضلع و قطر مربع را نشان دهد.) بنابراین، شبهه‌های

13. chance variation 14. survival of the fittest 15. humours 16. Elea
17. paradox 18. Zeno of Citium 19. Stoicism 20. plurality

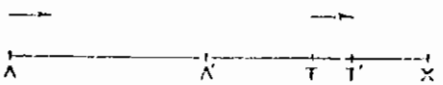


تصویر یك:
(ب) ارشمیدس
(ب) ارسطو
(الف) بقراط کوسی



مجموعه‌ای از زنان، از روی نمونهٔ بازسازی شده.

زنون بیش از آنچه در اصل انتظار می‌رفته، می‌تواند دارای اهمیت باشد. کافی است به مشهورترین شبههٔ زنون که به معمای آخیلس و سنگپشت شهرت دارد، توجه کنیم. زنون این شبهه را آورد تا مفهوم تشکیل خط از نقطه‌های بیشمار را متناقض نشان دهد؛ همان مفهومی که مستلزم چندگانگی است و با بطلان این مفهوم ناگزیر بطلان منطقی چندگانگی اثبات می‌شود. مهمترین نکتهٔ این شبهه در خطایی است که زنون مرتکب شده است. استدلال او از این قرار است: آخیلس به دنبال سنگپشت که از نقطهٔ T به سوی راست حرکت کرده (شکل ۲)، از نقطهٔ A حرکت خود را به سمت راست آغاز می‌کند. فرض کنید آخیلس در نقطهٔ X از سنگپشت جلو می‌زند. آخیلس در این مسابقه یک بار، و تنها یک بار، از هریک از نقاط میان A تا X می‌گذرد؛ سنگپشت یک بار، و تنها یک بار، از هریک از نقاط میان T تا X می‌گذرد. درلحظهٔ مشخصی آخیلس در نقطهٔ معین A′ است و هیچ گاه به این نقطه بازنمی‌گردد. در همان لحظه سنگپشت در نقطهٔ معین T′ است و او هرگز به این نقطه بازنمی‌گردد. متناظر با هرنقطهٔ A′ از پاره خط AX یک نقطه و فقط یک نقطهٔ T′ بر TX وجود دارد ــ T′ همان نقطه‌ای است که سنگپشت هست، و A′ همان نقطه‌ای است که آخیلس هست. بنابراین،



شکل ۲

تعداد نقاط بین T و X با تعداد نقاط بین A و X برابر است. مادامی که بطلان یکی از مفروضات این معما را ثابت نکنیم، از دام نتیجهٔ محال[21] آن رهایی نخواهیم یافت. یا باید بپذیریم که AX و AT از نقطه تشکیل نشده‌اند، یا ناگزیریم قبول کنیم که آخیلس نمی‌تواند از سنگپشت پیشی بگیرد. زنون توجه داشت چون مخالفانش می‌پذیرند آخیلس از سنگپشت پیشی می‌گیرد، پس بناچار خواهند پذیرفت خط از نقطه تشکیل نشده است.

گالیله قبل از همه به ماهیت این مغالطه[22] پی برد. این نتیجه که گرچه AX و TX از جهت طول برابر نیستند اما دارای نقاط برابرند، نتیجه‌ای محال نیست. گالیله متوجه این نکته بود. پس می‌توان پذیرفت آخیلس از سنگپشت پیشی می‌گیرد، بدون آنکه تشکیل شدن AX و TX از نقاط را منکر شد. این امر ممکن است، زیرا نقاط AX و TX یک ردهٔ بی‌نهایت[23] را تشکیل می‌دهند.

برای آنکه با مشکلی روبه‌رو نباشیم، باید مراد خود را از اینکه می‌گوییم دو ردهٔ بی‌نهایت دارای تعداد اجزای برابر هستند، روشن کنیم. نمی‌توانیم اجزا را بشماریم، اما اگر توانستیم نشان دهیم که هرجزئی از یک رده با یک جزء، و تنها یک جزء از ردهٔ دیگر متناظر است، شمارش لزومی ندارد. پس

21. absurd 22. fallacy 23. infinite class

از این می‌توان گفت که میان اجزای دو رده تناظر یك به یك[۲۴] برقرار است. اگر چنین تناظری برقرار باشد، می‌گوییم دو رده شامل تعداد اجزای برابرند. برپایهٔ این تعریف، ممکن است یك ردهٔ بی‌نهایت اجزای ردهٔ بی‌نهایت دیگری را به عنوان بخشی از اجزای خود شامل باشد. مثالی که گالیله آورده از اعداد صحیح و مربعات آنهاست. بازای هرعدد صحیح، یك عدد مربع و بازای هرعدد مربع یك جذر[۲۵] صحیح هست. هرعدد صحیح تنها یك عدد مربعی متناظر با خود دارد:

اعداد صحیح	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	...
	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	
مربعات	۱	٤	۹	۱٦	۲٥	۳٦	٤۹	...

بنابراین، با تعریفی که از برابری داشتیم، شمارهٔ مربعات به اندازهٔ شمارهٔ اعداد صحیح است. اما ردهٔ مربعات، تنها بخشی از اعداد صحیح است. زنون با نشان دادن اینکه دو خط شامل نقاط برابر هستند، در استدلالش میان نقاط AX و XL تناظر یك به یك برقرار کرد. او می‌دید که TX تنها بخشی از AX است، اما خیال می‌کرد تعداد نمی‌تواند با کل برابر باشد. و چون آن طور خیال کرده بود، واژهٔ برابر را در معنای دیگری ــ که برابری طول باشد ــ به کار می‌برد. این درست است که بخشی از یك خط هرگز از جهت *طول* با کل آن خط برابر نیست، اما خاصیت اگر تصور کنیم بخشی از یك ردهٔ بی‌نهایت لزوماً *ازنظر تعداد* با کل آن رده برابر نیست.

رده‌ای که شمارهٔ اجزای آن با شمارهٔ اجزای بخشی از آن برابر باشد، ردهٔ بازتابی[۲۶] نامیده می‌شود. کانتور[۲۷] بنیانگذار نظریهٔ جدید اعداد بی‌نهایت، همین خصوصیت بازتابی را نقطهٔ آغاز بحث خود قرار داد. از آنجا که موضوع بی‌نهایت با موضوع پیوستگی[۲۸] که به همان نسبت مهم است پیوند دارد، معمای زنون گرچه به مقصود خود نرسیده، اما نامودمند نبوده است. زنون شایان توجه است، چون نمایندهٔ یك سنخ فکری است. فیلسوفان ویرانگر همیشه برای علم ارزشمندند. اگر حق به جانبشان باشد، خطاها را برملا می‌کنند. اگر برخطا باشند، گوغم مباد، زیرا مردم را، حتی برای دفاع از خود هم که باشد، به تفکر وامی‌دارند.

24. one-one correspondence 25. square root 26. reflexive class 27. Cantor
28. continuity

۳ آناکساگوراس انوکیپوس و دموکریتوس مکتب اصالت جزء لایتجزا (اتمی) ارسطو علت غایی انودوکسوس و حرکت سیارگان هراکلئیدس

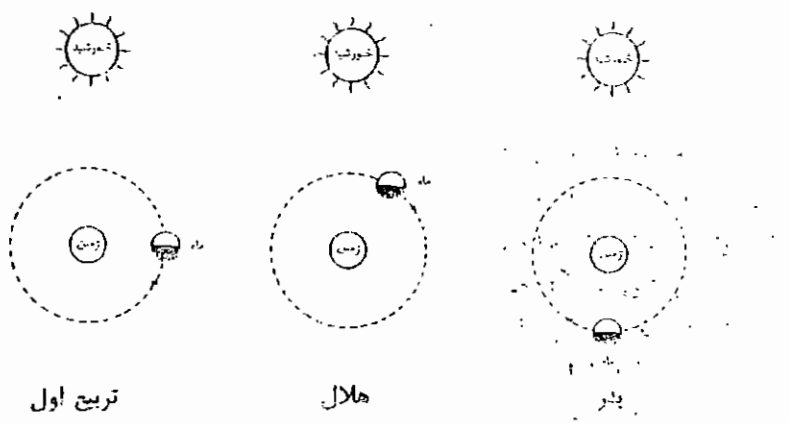
بهتر است اخترشناسی و فیزیك دورهٔ آتنی را با هم بررسی کنیم. میان آن دو مرز مشخصی نبود و هردو با فلسفه آمیخته بودند. آرای متفاوت بسیاری در آن دوره ابراز شده که برخی از آنها الهام‌بخش و بقیه بی‌ارزشند. اغلب آن آرا پیشداوریهایی بیش نبودند و حتی اگر با برهان همراه بودند، بندرت ممکن بود قانع کننده باشند. در آن روزگار عقیده‌ای مقبول می‌افتاد که صاحب آن عقیده شهرت اجتماعی بیشتری می‌داشت؛ علتی که هیچ ارتباطی به علم نداشته، اما در آن وقت برترین دلیل بوده است. داوریهای اندکی می‌توان یافت که برضابطه‌های غیرشخصی علمی استوار بوده باشند. زیرکانه‌ترین حدس و گمانها بیشتر از آن مردم یونیا بود. این حدس و گمانها پرداختهٔ کسانی است که نگرش اخلاقی و دینی را برپنیاد نظریه‌های علمی خود استوار کرده بودند. متأسفانه تأثیر این مردان در مجموع کمتر از تأثیر کسانی بود که نظریه‌های علمی را برای پشتیبانی از دیدگاههای اخلاقی و دینی خود به کار می‌گرفتند.

آنتیها نخست از طریق آناکساگوراس (انکساغوروس) که اهل کلازومنای[۲۹] یونیا بود، جامع فلسفهٔ علمی را چشیدند. او به دعوت پریکلس نزدیك به سی سال از عمر خود را در آتن گذراند و دوست و راهنمای پریکلس شد. دیدگاه اخترشناختی آناکساگوراس مادیگرا بود. او عقیده داشت که خورشید انبوهی از فلز گداخته[۳۰] و ماه، مانند زمین، پوشیده از کوه و دره است. او دریافت که بخش روشن ماه همیشه رو به خورشید است و نتیجه گرفت که ماه سرد است و درخشندگی آن تنها از نوری است که بازمی‌تاباند. همین نظر، او را به تفسیر درستی از اهلهٔ ماه رهنمون شد. اهلهٔ ماه نتیجهٔ تغییر وضع ماه به نسبت خورشید و زمین است (شکل ٤). آناکساگوراس گرفتهای خورشید و ماه را بدرستی تفسیر کرد. او به این نکته اشاره داشت که مه‌گرفت هنگامی رخ می‌دهد که ماه درسایهٔ زمین قرار گیرد و خورگرفت آنگاه روی می‌دهد که زمین درسایهٔ ماه واقع شود. او تصور خامی از فرضیهٔ سحابی داشت و می‌گفت اختران از چگالش[۳۱] جرمی آشوبناك و چرخان تشکیل یافته‌اند. به نظر او، جز جهان ما جهانهای مسکون دیگری هم وجود دارند.

29. Clazomnae

۳۰. دریکی از روزهای سال ٤٦۷ ق‌م، شهابسنگ meteorite بزرگی در اگوس پوتاموس Aegos Potomi فرود آمد. می‌گویند آناکساگوراس می‌پنداشته که شهابسنگ از خورشید فروافتاده و برپایهٔ همین پندار، نظریهٔ خود را دربارهٔ ماهیت خورشید تدوین کرده است.

31. condensation



شکل ٤

درفیزیك آناکساگوراس عناصر عجیبی از همه نوع یافت می‌شد. عناصری که در نظام او به کار رفته، بمراتب بیش از عناصری است که در نظامهای پیشینیان وی به کار رفته بود. فعلاً نیازی نیست که این عناصر را برشماریم. تنوع این عناصر به قدری بود که در میان آنها آتش، خون، رنگ و سرب نیز یافت می‌شد. روح نیز از جملهٔ عناصر او بود. به عقیدهٔ او، روح از عوامل سازندهٔ موجودات زنده است. اما آناکساگوراس تا آنجا که می‌توانست، تبیین مادی را برتر می‌داشت و تاحد امکان عنصر روح را کمتر دخالت می‌داد. سقراط و افلاطون به دلیل آنکه روح را متعالی از هرچیز دیگری می‌شناختند، نظر خوشی به آناکساگوراس نداشتند.

آناکساگوراس در نخستین برخوردی که میان شکاکیت علمی[۳۲] و تعصب روی داده و شرح واقعه نیز ضبط شده، شرکت داشت. چون او حاضر نشده بود اختران را پدیده‌های الهی یا خارق عادت بداند، او را متهم به بی‌خدایی (الحاد)[۳۳] و محکوم به مرگ کردند. آتنیهای خرافه‌پرست نمی‌توانستند از خدایان مرسوم خود دل بکنند. البته نظر مخالف آتنیها نسبت به آناکساگوراس همه از احساس دینی ناشی نشده بود. جمعی از مردم آتن از پریکلس خسته شده بودند و با حمله به دوستان او، از جمله به آناکساگوراس، حمله به سوی او را آغاز کردند. با پا درمیانی پریکلس، آناکساگوراس از مرگ نجات یافت، اما بازماندهٔ سالهای عمر را در تبعید گذراند.

لئوکیپوس[۳۴] و دموکریتوس[۳۵] (ذیمقراطیس) که به اصالت جزء لایتجزی (اتمیسم)[۳۶] اعتقاد

32. scientific scepticism 33. atheism 34. Leucippus 35. Democritus 36. atomism

داشتند، به تکوین نظریه‌هایی پرداختند که به آرای ماده‌گرایانهٔ سدهٔ نوزدهم شباهت داشت. آنها برای به آزمایش گذاردن نظریاتشان هیچ ابزاری دراختیار نداشتند. دران ایام هم نظریهٔ اتمی این دو، نسبت به سایر مباحث نظری یونانی، سابقهٔ کمتری داشت. تأییدشدن بیشتر نظریات این دو، امری تصادفی بوده است. درباب لئوکیپوس اطلاع زیادی نداریم، جز اینکه از مردم میلتوس (ماطیه) بوده و حدود سالهای ٤٤٠ ق م. سالهای شکوفای عمر خود را می‌گذرانده است. او بنیان‌گذار نظریهٔ اتمی بود. دموکریتوس از آبدرا[۳۷] واقع در تراکیه برخاسته بود و هنگامی که آناکساگوراس دورهٔ پیری را می‌گذراند، او به استانهٔ جوانی رسیده بود. دموکریتوس عامل گسترش و مشروحیت نظریهٔ اتمی است. او معاصر سقراط بود و از آتن دیدار کرد، اما چندان مورد توجه قرار نگرفت. شاید بی‌اعتنایی به نظریهٔ اتمی به جهت نفوذ سقراط و افلاطون بوده است. آنها مطمئناً چنین دیدگاههای ماده‌گرایانه‌ای را تأیید نمی‌کردند. ارسطو که از همان ولایت دموکریتوس برخاسته بود، با آن دیدگاه اشنایی داشت، اما موافق آن نبود.

دیدگاه اتمی از این قرار است: اجزای لایتجزا (اتمها) تجزیه‌ناپذیر و فناناشدنی‌اند و تقریباً در همه سو در فضای خالی حرکت می‌کنند. اجزای لایتجزا و فضا تنها پدیده‌های موجودند و انواع مختلفی دارند که برپایهٔ اختلاف شکل از هم متمایز می‌شوند. اجزاء لایتجزای منفرد ریزتر از آن هستند که با حواس تشخیص داده شوند. آنچه ما می‌بینیم و لمس می‌کنیم، از تشکل اجزای لایتجزا پدید آمده است. دگرگونی، چیزی جز تغییر ترتیب اجزا نیست. در خود اجزای لایتجزا تغییر راه ندارد. جزء لایتجزا پیوسته به حرکت خود ادامه می‌دهد، تا اینکه به مانعی برخورد کند ــ مثلاً با جزء لایتجزای دیگری تصادم کند. این نظریه امکان هرحرکت دیگری را برای حرکت مردود دانسته است، واین نکته مهمترین اندیشهٔ مکتب اتمی و پیش‌درآمد قانون لختی[۳۸] است. قانون لختی می‌گوید حرکت در تداوم خودنیازی به علت ندارد. علت، تنها برای ایجاد *تغییرات* حرکت لازم است. اگر چیزی درحرکت باشد، بدون تغییر درشتاب یا سمت حرکت، به حرکت خود ادامه می‌دهد؛ مگر اینکه عاملی از سرعت آن بکاهد، حرکتش را شتابان کند، یا مسیر حرکتش را بگرداند. این عقیده که مکانیك نیوتونی بربنیاد آن استوارشده، مخالف دیدگاه ارسطویی است. دردیدگاه ارسطویی همه چیز ساکن است، مگر انکه علتی آن را به حرکت وادارد. بدبختانه دیدگاه ارسطویی نزدیك به ۲۰۰۰ سال تسلط داشت. اگر پیروان مکتب اتمی میدان را به دست می‌داشتند، مکانیك و اخترشناسی پیشرفتی شتابناکتر داشت.

پیروان مکتب اتمی می‌گفتند اگر به اجزای لایتجزا حرکت داده شود، حرکتهای بعدی را

37. Abdera

۳۸. Law of Inertia؛ (قانون ماند/قانون اینرسی)

قانونهای ثابت مکانیکی تعیین می‌کنند. وضع عالم در هرلحظه، فقط به اوضاعی که پیشتر داشته، بستگی دارد. آیندهٔ عالم را اکنون عالم تعیین می‌کند. درپس این نظر، فلسفهٔ موجبیت علّی[۳۹]، و آن هم به صورت افراطیش، نهفته است. نتایج ضمنی اخلاقی این نظر که لزوماً از انکار اختیار پدید می‌آیند، آشکارا رنج آورند.

ارسطو به مکتب اتمی ایراد می‌گرفت که چرا از چگونگی شروع حرکت اجزای لایتجزا سخنی نمی‌گوید. آنچه ارسطو دوست می‌داشت، قائل شدن به نوعی علت اولی[۴۰] یا خدا بود. ارسطو متوجه نبود که قول به علت اولی، مشکل را تنها یک گام به پس می‌برد. اگر ارسطو می‌خواست سازگار بیندیشد، می‌بایست علتی هم برای خدا جستجو می‌کرد. موجبیت علّی، مانند قیاس ریاضی، باید نقطهٔ آغازی داشته باشد که در باب آن نقطه، هیچ شك وشبهه‌ای نباشد. لئوکیپوس و دموکریتوس از جایی بحث را آغاز کرده و بطرزی درباب حالت حرکت اولیه ساکت مانده‌اند، که پنداری به طور ضمنی محدودیتی برای علم قائل شده‌اند. و این طریق آن دو برتری نگرشی علمی خود را نشان داده‌اند. خطای ارسطو تنها در آن نبود که می‌خواست یك گام به پس بردارد، بلکه اشتباهش در این بود که مکتب اتمی را به سبب تبیین نکردن همهٔ *پدیده‌ها* محکوم می‌کرد. هر نظامی که برپایهٔ سلسلهٔ علتها بناشده باشد، *نمی‌تواند* همه چیز را تبیین کند. از هر جا که آغاز کنیم، باز کاستیهایی هست که با آغاز کردن از جای دیگر، از میان نمی‌رود.

به هرطریق که در باب مکتب اتمی بیندیشیم، ناگزیریم اصالت و نوآوری آن را دریافتن نظریه‌ای که نوعاً به نمود علم داشت، بپذیریم. اتمی گرایان به کشف قانون لختی، مفهوم عام علت و معلول، و نظریه‌ای مشابه نظریهٔ جنبشی[۴۱] و اتمی شیمی جدید توفیق یافتند. وهمهٔ این کارها را انجام داده‌اند، بدون آنکه داده‌هایی که در دسترس دانشمندان نوین است، در دسترس آنها بوده باشد. اگر علم یونانی به راه آنها می‌رفت، پیشرفتی بس شتابانتر می‌داشت. از اینکه مکتب اتمی را نادیده گرفته‌اند، نباید متعجب شد. هرنظریه‌ای هر چند مناسب باشد، به خودی خود فایده‌ای برای علم ندارد، مگر آنکه مردم ترغیب شوند و آن را به عنوان فرضیهٔ کار بپذیرند. پیروان آن مکتب امکانات لازم را برای ترغیب مردم دراختیار نداشتند. ما چون با نظریهٔ اتمی بزرگ شده‌ایم و شاهد به تحقق پیوستن پیش‌بینی‌های آن بوده‌ایم، نظریهٔ اتمی را از هرلحاظ موجه می‌بینیم. پذیرفتن اندیشه‌ای که فهم متعارف از قبول آن سرباز می‌زده، دشوار بوده است. لئوکیپوس و دموکریتوس نه دلایل قانع کننده‌ای برای نظریهٔ خود آورده بودند و نه از اعتبار شخصیت افلاطون و ارسطو را داشتند که بتوانند پاسخگوی استفهامات دیگران باشند. نباید معاصران لئوکیپوس و دموکریتوس را به سبب اینکه مانند این دو دانشمند قدرت آینده‌نگری نداشتند، سرزنش کنیم.

39. determinism 40. first cause 41. kinetic theory

فیزیك و اخترشناسی افلاطون در خور اعتنا نیست، اما آرای ارسطو دراین باره گرچه بیشتر نادرست است، خالی از اهمیت نیست. نظریات علمی ارسطو با آنکه نسبت به سایر نظریاتش اقبال کمتری داشته، اما درعصر خود او و در سرتاسر سده‌های میانه متداول بوده و نفوذی بیش از اندازه داشته است. غالباً از بخشهای علمیتر آرای ارسطو غافل می‌شدند. ارسطو به سال ۳۸۴ ق م در استاگیرا[۴۲] به دنیا آمد. پدرش پزشك پادشاه مقدونیه بود. در آکادمی افلاطون مدت ۲۰ سال به تحصیل اشتغال داشت و پس از آن به سفر رفت و معلم اسکندرشد. سرانجام به آتن بازگشت تا به کار تالیف اشتغال ورزد و در مدرسهٔ خود که لوکئون[۴۳] نام داشت، تدریس کند. مکتب او را مشائی[۴۴] نامیده‌اند، چون ارسطو به حسب عادتی که داشت به هنگام تقریر درس قدم می‌زد. او در همهٔ رشته‌های علوم، جز ریاضیات، سهم دارد و آثاری پیرامون اخلاق، سیاست، ادبیات، مابعدالطبیعه، طبیعیات، اخترشناسی، پزشکی و تاریخ طبیعی تالیف کرده است. ارسطو بنیانگذار منطق صوری هم هست.

یکی از مهمترین عناصر فلسفهٔ او، علت غایی[۴۵] است که جای خاصی در فلسفهٔ او دارد. علت غایی هرچیزی عبارت از غایت و مقصودی است که آن چیز برای آن، منظور شده است. علت فاعلی[۴۶] هرچیزی عبارت از عاملی است که آن چیز را ایجاد می‌کند. بنابراین، آذرخش علت فاعلی تندر است، اما سود علت غایی بازرگانی است. اگر تخم‌مرغ نیمرو شود، علت غایی آن می‌تواند صبحانهٔ فلان کس باشد، اما علت فاعلی نیمرو، شعلهٔ زیرتابه است. ممکن است آقای کاراکاه به هر دو نوع علت علاقه‌مند باشد. می‌پرسد: «فلانی چرا مرد؟» پاسخ می‌دهند: «چون ایشان زهرمیل فرمودند»؛ این پرسش و پاسخ علت فاعلی را آشکار می‌کند. اما اگر پاسخ دهند «برای اینکه خانمشان به ارث و میراث برسند»، علت غایی معلوم می‌شود. علت غایی آنچا درکار می‌آید که عامل ذهن دخالت کند. علت غایی می‌تواند در جرم‌شناسی[۴۷] یا روانشناسی و زیست‌شناسی دارای اهمیت باشد. در فیزیك که با اشیای بی‌جان سروکار دارد، علت غایی محل و مورد ندارد.

ارسطو به هرشیئی «طبیعت»[۴۸]ی نسبت می‌دهد و آن طبیعت، شیئی را به سوی مقصودی هدایت می‌کند. اگر از او می‌پرسیدند چرا تخم‌مرغ تبدیل به مرغ می‌شود، او بسادگی پاسخ می‌داد اصلاً تخم‌مرغ برای همین منظور ایجاد شده است. این تفسیر می‌توانست برای خود او قانع کننده باشد. ارسطو در تفکرات خود ضرورتی نمی‌دید تا به کنشها و واکنشهای شیمیایی که شرط لازم تغییر است، یا گرمایی که از خوابیدن مرغ بر روی تخم‌مرغ حاصل می‌شود، توجه کند. اگر از

42. Stagira 43. lyceum (= لیسه)

۴۴. peripatetic، از ریشهٔ یونانی peri-pateih به معنای گام زدن، راه رفتن (= همشیره عربی) ...

45. final cause 46. efficient cause 47. criminology 48. nature

ارسطو می‌پرسیدند چرا سنگ فرومی‌افتد، او پاسخ می‌داد غایت سنگ این است که هستهٔ مرکزی کیتی را تشکیل دهد و «جایگیرد» سنگ آن را برای رسیدن به این غایت مستعد ساخته است. شاید ارسطو می‌اندیشیده اشیای بی‌جان به علتهای غایی‌ای که به منظور آنها ایجاد شده‌اند، عملاً وقوف دارند. اگر ارسطو چنین می‌اندیشیده، پس می‌بایست با فلسفهٔ جانمندانگاری پیش از خود مانوس بوده باشد. ارسطو طبیعیدان[49] برجسته‌ای بود و شاید ذهن او برای مطالعه در رفتار جانوران، که گاه رفتارشان آشکارا خاکی از قصد و نیت دارند، مستعد می‌بود. این بینش کلامی[50] که هرچیز برای غایت مقدری منظور شده است، طبیعتاً مورد قبول مومنین به کلام است. بی‌شبهه یکی از دلایلی که کلیسای قرون وسطی را به پذیرفتن فلسفهٔ ارسطو واداشته، همین دلیل بوده است. مطالعهٔ علت غایی می‌تواند در بعضی از زمینه‌ها از اهمیتی برخوردار باشد، اما در علم فیزیک، این مطالعه عبث است.

در اینجا ضرورتی نیست تا وارد بحث فلسفی یا دینی شویم و از اینکه عالم را قصد و غایتی هست یا نه پرسش کنیم. آنچه به کار ما مربوط است این است که کاوش در علتهای فاعلی، از جست‌وجو در علتهای غایی طرزکار علمی موثرتری برده است. دانشمندان با توجه به علت فاعلی و غالباً با تاکید گرفتن علتهای غایی به توفیقهایی دست یافته‌اند. تاکید ارسطو برعلتهای غایی ــ مانند کوششی که در وارد کردن مفهوم «طبیعت» به قلمرو علم فیزیک به کار بسته ــ بیش از هر خطای دیگر، زیانبار بوده است. اگر بگوییم همین تاکید ارسطو به روشی که از بنیاد نادرست بوده ارزشی خلاق واقع بخشیده است، حکم ناروایی نرانده‌ایم. علم همواره برپایهٔ این فرض پیش می‌رود که همهٔ اشیاء دارای علتهای فاعلی هستند و وظیفهٔ دانشمند هم جستجوی همین علتهاست.

ارسطو به چهار عنصر امپدوکلس قائل بود و به طور کلی عقیده داشت طرح عالم براساس شکلهای کامل دایره و کره بوده است. خاک و آب «بنابه طبیعت خود» تمایل به حرکت به سوی مرکز عالم دارند و این تمایل در خاک قویتر از آب است. هوا و آتش نیز همین طور ــ اما آتش با نیرویی بیشتر ــ «بنا به طبیعت خود» تمایل به دورشدن از مرکز عالم دارند. خاک و آب دارای درجاتی مختلفی از سنگینی و هوا و آتش دارای درجات متفاوتی از سبکی هستند. نتیجهٔ حاصل از این چهار عنصر، چهارفلک هم مرکز است: فلک خاک، فلک آب، فلک آتش، فلک هوا. فراتر از این افلاک، فلک گردانی است که ماه دران قرار دارد. آنچه در زیر فلک ماه (منطقهٔ تحت قمر) است، محکوم به دگرگونی و تباهی[51] است. برتر از فلک گردان ماه، فلک عُطارد، زهره، خورشید، مریخ، مشتری، زحل و فلک ثوابت است. این اختران از آتش پدید نیامده‌اند، بلکه از عنصر پنجم یا جوهر پنجمی آفریده شده‌اند که مزاجی صافتر از عناصر فلک زیرماه است و دگرگونی و تباهی نمی‌پذیرد.

49. naturalist 50. theolgical view 51. change and decay

برتر از آن فلک هم باز فلک دیگری است که به آن فلک‌اعلی[52] می‌گویند و آنجا جایگاه خداوند یا محرک اول[53] است و اوست که افلاک ثابت و سیارگان را به حرکت واداشته است. افلاک شفافند. بعدها برای توجیه بی‌نظمی حرکات سیارگان، نظام افلاک با دقت فراوان ساخته و پرداخته‌ترشد. ما در بحث مربوط به اثودوکسوس، به این امر خواهیم پرداخت.

پیش از این از اشتباه اساسی ارسطو در مکانیک آگاه شدیم. او خطاهای دیگری، مرتکب شده که با مشاهده‌های دقیق می‌توانستند به آنها پی ببرند، اما آن خطاها قرنها همچنان خطا باقی ماندند. یکی از دوخطای فاحش ارسطو این بود که می‌پنداشت اجسام سنگین همیشه با شتابی بیشتر از اجسام سبک سقوط می‌کنند. خطای دیگرش این بود که خیال می‌کرد پرتابه[54] افقی حرکت می‌کند، تا اینکه از حرکت بازایستد و آنگاه عمودی فروافتد. زدودن تصورات نادرست ارسطویی از اندیشهٔ اروپایی، یکی از بنیادی‌ترین کارهای انقلاب علمی بود.

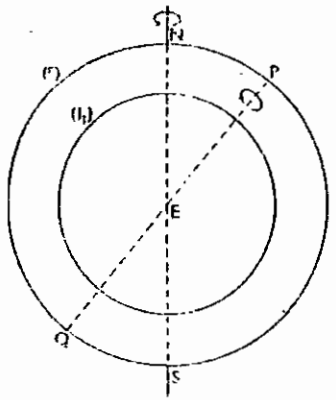
اِئودوکسوس کنیدوسی و هراکلئیدس پونتوسی[55] از اخترشناسان آن دوره‌اند و یادی از آنها لازم است. اثودوکسوس میان سالهای ۴۰۸ تا ۳۵۵ ق م می‌زیست و بنابراین، جوانترین معاصر افلاطون بود. او به همراه افلاطون به مصر رفت و پس از آن مدرسه‌ای در سیزیک کیزیکوس[56] تاسیس کرد. چندگاهی نیز در آتن زیست، اما آنچه قدر او را آن طور که شایسته بود ندانستند.

افلاطون با صحنای بی‌نظمی حرکات ظاهری سیارگان دست به گریبان بود. تنها نوع حرکتی که او متصور می‌دانست، حرکت مستدیر متشابه[57] بود. او نمی‌توانست بپذیرد که ممکن است افلاک حرکتهای نوع دیگری داشته باشند. اما حرکت ظاهری سیارگان شباهتی به حرکت مستدیر متشابه ندارد. می‌دانیم موضوع اصلی اخترشناسی تشریح حرکتهای ظاهری اختران است. واین موضوع بسیار دشواری است. افلاطون با تاکید برسکون زمین واینکه همهٔ حرکات می‌بایست ترکیبهایی از حرکتهای مستدیر متشابه باشد، یک مشکل ساختگی دیگر برسایر مشکلات افزود. اثودوکسوس کوشید تا برای این مشکل راه حل دقیقی به شرح زیر بیابد. راه حل معروف دیگر که به راه حل بطالمیوسی شهرت دارد، همان طرح حک و اصلاح شدهٔ اثودوکسوس است.

مکانیسمی که اثودوکسوس پیشنهاد کرد، از این قرار بود که حرکت افلاک در درون هم حرکت متشابه است. فلک F که زمین E ثابت و در مرکز آن است، دورترین فلک است و روزی یک بار به گرد محور NS از شرق به غرب می‌گردد (شکل ۵). این فلک، فلک ثوابت است. نقطه‌های N و S قطبهای شمال و جنوب فلکی‌اند وخط NS از دوقطب شمال و جنوب زمین می‌گذرد.

چهار فلک لازم است تا حرکت سیارهٔ واحدی، مثلاً حرکت مشتری، را تاانداره‌ای تبیین کند.

52. ultimate heaven 53. prime mover 54. projectile
55. Heraclides of Pontus 56. Cyzicus 57. uniform circular motion



شکل ۵

فرض کنید PQ قطر فلک F باشد و هنگام چرخش، F، یک سطح مخروطی به وجود آورد، همچنین فرض کنید فلک J_1 هم با فلک F متحدالمرکز باشد و در حول محور PQ بچرخد. تصور کنید فلک دیگری هم با نام J_2 به همین نحو به گرد قطری از J_1 بچرخد، و J_3 به دور قطر J_2 و J_4 به دور قطر J_3، و مشتری هم در J_4، درونی‌ترین فلک باشد. ائودوکسوس به کمک تغییر آهنگهای گردش، و زاویه میل به محور فلکهای خودرو، تقریباً توانست حرکت ظاهری مشتری را بازسازی کند. ائودوکسوس مشاهده‌گر تیزبینی بود. باید نبوغ او را در سازگار ساختن این دستگاه شگفتی‌آور با واقعیتها ستود. اما سیارگان دیگر هم به مجموعهٔ فلکهایی چون فلکهای مشتری نیاز داشتند. ائودوکسوس به ۲۷ فلک متحدالمرکز قائل بود: یک فلک ثوابت، سه فلک خورشید و سه فلک ماه و چهار فلک برای هریک از سیارگان دیگر. بعدها با رصدهای دقیقتر، باز بر شمارهٔ افلاک افزودند.

هراکلئیدس (۳۸۸ تا ۳۱۵ ق‌م) نظام ائودوکسی را اندکی ساده کرد. او فرض را براین گذاشت که سیارگان درونی، عطارد و زهره، به جای آنکه چون سیارگان دیگر به دور زمین بچرخند، به گرد خورشید می‌گردند. و به همین دلیل حرکتهای ظاهری آنها قانع‌کننده‌تر تبیین می‌شود. او نیز گفته است که فلک ثوابت بیحرکت است و حرکت روزانهٔ افلاک، وهمی است که از گردش زمین در حول محور خود سرچشمه می‌گیرد. کوپرنیک، هراکلئیدس را از این جهت از پیشگامان خود شمرده است.

۴ بقراط خیوسی مسئلهٔ دلوسی افلاطون و ریاضیات
ائودوکسوس و ریاضیات منائخموس

کار ریاضی طالس و فیثاغورس دوراندیش بود. آن دو با ارائهٔ طرحی منسجم و منطقی برای هندسه، راه گسترش و پیشرفت دقیق را به آیندگان نشان دادند. ریاضیدانان عصر آتن بیشتر دراین راه گام برداشتند. کافی است از کار اینان که بی‌بهره از اصالت هم نبوده است، به کوتاهی یاد کنیم. اما کار آنها بیشتر برپیشرفت فنی ریاضیات تاثیر بخشیده، تا بر روند عمومی تفکر علمی. با پایان عصر آتن، هندسهٔ یونانی به همان طرزی که در کتاب *اصول* اقلیدس به تفصیل بیان شده، تقریباً تکمیل شد. درکار ایشان چند اندیشهٔ مهم و نمایان بود که در خور بررسی بیشتر است. پیوندهای مدرسهٔ ائودوکسوسی در سیزی‌کس با مدرسهٔ آتن آن قدر نزدیک بود که می‌توان هردو مدرسه را یکسی انگاشت.

بقراط (هیپوکراتس) خیوسی[58] حدود سال ۴۷۰ ق م به دنیا آمد. او را نباید با بقراط (هیپوکراتس) کوسی[59] مشهور که «پدرپزشکی» است، اشتباه گرفت. بقراط خیوسی حوالی سال ۴۳۰ ق م راهی آتن شد و در آن شهر به فلسفه و علم روی کرد. او هندسهٔ دایره را گسترش داد و کتابی درسی نوشت که گویا سرمشق کار اقلیدس قرار گرفته است. نخستین هندسه‌دانی بود که برای نشان دادن نقاط اشکال، حروف را به کار گرفت. این ابتکار با ارزش هنوز به کار می‌رود. بقراط خیوسی اوقات زیادی را به مسئلهٔ تربیع دایره، که از حل آن نیز ناتوان ماند، مصروف داشت. این مسئله از مسائل سه‌گانهٔ مشهور دورهٔ باستان است. مسائل سه‌گانه به خودی خود اهمیت چندانی ندارند، اما کوششهایی که برای حل آنها به کار برده‌اند، نتیجه‌های بس ارزشمندی به بار آورده است. درتاریخ علم بارها دیده شده که کشفیات مهمی از راهها و به جستجوی هدفهایی که درنگاه ما جزئی و بی‌اهمیت می‌نماید، رخ داده است.

مقصود از تربیع این است که تنها به کمک خط‌کش و پرگار مربعی رسم کنیم که مساحتش با مساحت دایره برابر باشد. درسده‌های جدید ثابت شده که این مسئله حل شدنی نیست. با وجود این، بسیاری کسان برای حل آن مسئله کوشیده‌اند. مشابه همین وضع برای مسئلهٔ تثلیث زاویه — تقسیم زاویه به سه قسمت مساوی — و تضعیف مکعب — به معنای یافتن طول ضلع مکعبی که حجم آن مکعب دوبرابر حجم مکعب موردنظرباشد، وجود داشت.

تضعیف مکعب مانند ترسیم طولی است که برابر با ریشهٔ سوم عدد ۲ باشد. می‌توان یکی از لبه‌های مکعب اصلی را واحد طول خود فرض کرد و با آن واحد، حجم مکعب را اندازه گرفت. اگر

58. Hippocrates of Chios 59. Hippocrates of Cos

طول لبهٔ مکعب X باشد، حجم آن X^3 است. پس $X^3=2$ است. به عبارت دیگر، Xریشهٔ سوم عدد ۲ است. یونانیان نمی‌توانستند ریشهٔ سوم عدد ۲ را از راه حساب به دست آورند. روش نامناسب عددنویسی، پیشرفت ریاضیات یونانی را محدود ساخته بود. به همین سبب کوشش آنها برای حل این مسئله از راه هندسی، بی‌ثمر نبود. شاید یونانیان از آن رو به حل این مسئله امیدوار شده بودند که آن را با موفقیت آسانی که در تضعیف مربع به دست آورده بودند، مقایسه می‌کردند.[۶۰]

تضعیف مکعب را مسئلهٔ دلوسی[۶۱] هم می‌نامند. می‌گویند در ۴۳۰ ق‌م مردم آتن از غیبگوی پرستشگاه آپولون در دلوس راه رهایی از چنگال بیماری طاعون را پرسش کردند. پاسخ آمد که باید اندازهٔ محراب مکعب شکل پرستشگاه را دوبرابر کنند. پس برآن شدند تا طول هرلبهٔ مکعب را به دوبرابر افزایش دهند، اما حجم مکعب ۸ برابر شد. آنگاه به این فکر افتادند مکعب دیگری بسازند و در کنار مکعب اولی قرار دهند. با این کار حجم محراب به دوبرابر افزایش یافت، اما شکل محراب ازقواره افتاد. به سبب نادانی آن مردم، طاعون هم ادامه یافت. راهبانی که حافظ شهرت و ابروی غیبگوی پرستشگاه بودند، با برگزیدن مسئله‌ای که حل آن مانند آن مسئلهٔ دیگر به ظاهر ساده می‌نمود، اما به واقع مسئلهٔ بسیار دشواری بود، از خود بی‌فراستی نشان دادند. مسئلهٔ دلوسی و تثلیث زاویه را یونانیان حل کردند، اما نه به کمک ترسیم اشکال با خطوط مستقیم و ترسیم دوایر. ریاضیدانان که خوی محافظه‌کار نداشتند، با تحقیق در منحنیهای مهمی جز دایره، در حل این معضل را تشایی کردند. از این رو، آنها زمینهٔ تازه و تقریباً بیکرانی را فراروی تحقیق ریاضی گشودند. کوشش برای یافتن مساحت دایره به روشی انجامید که بی‌شباهت به حساب انتگرال نیست.

از مورد استثنایی ارسطو که بگذریم، افلاطون نامدارترین متفکر یونانی است. او به سال ۴۲۹ ق‌م در یکی از خاندانهای اشرافی آتن چشم به جهان گشود. او شاگرد و دوست سقراط بود و پس از شهادت استاد در ۳۹۹ ق‌م، چندگاهی آتن را ترک گفت. افلاطون به همراه ائودوکسوس سفری به مصر کرد و از راه شمال آفریقا در جستجوی معرفت به ایتالیا رسید و درآنجا آرخوتاس[۶۲] (ارخوطه‌ای)، فیلسوف فیثاغورثی مشرب را ملاقات کرد. این ملاقات نیز راه دیگری در ورود اندیشه‌های فیثاغورثی به فلسفهٔ آتنی بود. شاید که این آشنایی تا اندازه‌ای دلیل احترام افلاطون به ریاضیات باشد. او در ۳۸۰ ق‌م به آتن بازگشت و آکادمی خود را در همان جا تشکیل داد. در ۳۴۸ ق‌م رخت از این جهان بربست.

حالت افلاطون در زمینهٔ ریاضیات همراه با فضلنمایی، و تاثیر او برریاضیات واپسگرایانه بود.

---

۶۰. نگاه کنید به صفحهٔ ۲۲۷

61. Delian Problem 62. Archytas

برای علاقهٔ افلاطون به ریاضیات، می‌توان دو دلیل آورد: نخست آنکه او در میان رجال تنها رجلی است که تعلق خاطرش به ریاضیات بیشتر به واسطهٔ این جهانی نبودن مضمون آن بوده است، زیرا اشتغال ذهنی افلاطون بیشتر با مُثُل بود تا با جهان مادی. نظر او درباب اهمیت ریاضیات درعرصهٔ علم بکلی اشتباه بود. او تنها به دستگاه فکری محض و گسترشپذیر ریاضیات توجه داشت و می‌پنداشت ریاضیات سرمشق خدادادهٔ موفقیت در همهٔ رشته‌های دانش است. او به کاربرد ریاضیات، در مورد نتایج مشاهدات، رغبتی نشان نمی‌داد. نمی‌خواهیم پیش کسانی که برای خود ریاضیات دوستدار ریاضیات هستند، از کسی که به ریاضیات احترام می‌گذاشته عیب‌جویی کنیم. همان طور که هنرها سرچشمهٔ لذّت حقیقی‌اند، ریاضیات هم در نظر این دسته از مردم، سرشار از لذت متعالی است. اما افلاطون نسبت به کاربرد عملی ریاضیات نظرتی کوته‌بینانه داشت، و از این بابت که روشهای قیاسی ریاضیات را کلاً یا عموماً قابل اعمال می‌دانست، در اشتباه بود.

دوم آنکه افلاطون ریاضیات را بهترین ابزار آموزش و پرورش می‌دانست. بردرگاه آکادمیش نوشته بود: «هرکه ریاضیات نمی‌داند، وارد نشود.» او برای پاسداران جامعه که طبقهٔ فرمانروای جمهوری اویند، تجویز کرده بود که نخست از همه ریاضیات را فراگیرند. افلاطون ریاضیات را جزو مقررات آکادمی قرار داد. او آئین‌نامه‌ای نگاشت و ریاضیدانان را از انجام پاره‌ای کارها منع کرد. مثلاً آنها نمی‌بایست به ریاضیات عملی می‌پرداختند.[۶۳] نمی‌بایست به منحنیهای دیگری جز دایره توجه می‌کردند. افلاطون این‌گونه منحنیات را «مکانیکی» می‌نامید و این اصطلاح در قاموس او در معنای منفی کلمه به کار می‌رفت. در آئین‌نامه آمده بود که تنها ابزارهای مجاز هندسی، خط‌کش و برگار است. واین رد رایی است از ستایش عارفانهٔ فیثاغورس نسبت به اشکال دایره.

هرکس که به جای کشادن چشم‌اندازهای نو، چنین مانعهای مصنوعی می‌تراشد، ملانقطی و فضلفروش است. چنین محدودیتهایی هیچ مایه‌ای از حقیقت ندارد و تنها حکم افلاطون است و بس. گویی که این شعر وصف حال او در ریاضیات است:

من که استاد این دبستانم — هر چه دانستنی است می‌دانم
انچه در فهم من نمی‌اید — نام دانش بران نمی‌شاید.[۶۴]

با چنین واکنشی، هیچ موضوعی نمی‌تواند تازگی و دقت خود را نگاهدارد. ریاضیات در دست افلاطون پژمرده است. به دلیل معروفیت او در زمینه‌های دیگر، تاثیر واپسگرایانهٔ او برریاضیات بسیار بود واین تاثیر به واسطهٔ اقلیدس که آئین‌نامهٔ افلاطونی را در مجموع پذیرفته، تشدید گشته

---

۶۳. جز در موارد کاملاً استثنایی و برای هدفهای جنگی.

۶۴. این دو بیت ترجمهٔ این شعر انگلیسی است:

I am the master of this college
What I don't know isn't knowledge

است. کتاب *اصول* اقلیدس تا پایان سدهٔ نوزدهم متن رسمی بود. خوشبختانه نوابغی چون ارشمیدس در آتن نمی‌زیستند و برای خود آزادی قایل بودند که هرطور شایسته می‌دانند بیندیشند. جایگاه ارشمیدس و افلاطون در ریاضیات، تقریباً قابل مقایسه با مقام یوهان سباستیان باخ و بتهوون پراوت[۶۵] در موسیقی است.

ائودوکسوس بزرگترین ریاضیدان عصر آتن بود. تنها نظریهٔ اخترشناسی او گواه بزرگی اوست. اما از سوی دیگر نظریهٔ او واپسگرایانه است. ائودوکسوس در این نظریه، اندیشهٔ فیثاغورسی درباب حرکت زمین را کنار گذاشته و دوباره زمین را مرکز عالم قرار داده است. و براستی هیچ دلیل محکمی در دست نبود تا گمان کنند اندیشهٔ فیثاغورسیان دربارهٔ حرکت زمین، چیزی جدا از سایر پندارهای خیال‌آلود آنها بوده است. برتری کار ائودوکسوس برای آن است که دربارهٔ حرکتهای آسمانی با تفصیل کارکردهٔ و به آنچه از راه مشاهده به دست می‌آورده، توجه می‌کرده و این کار به نوبهٔ خود نازه‌بودهٔ است. کار ائودوکسوس، گواه توانایی ریاضی تراز اول و هم نشانهٔ آن است که او جای مناسبِ ریاضیات را در میان سایر رشته‌های علمی می‌دانسته است. نظریهٔ ائودوکسوس نتایج حاصل از مشاهده را جمع و جور کرده و آنها را مرتب و مدون ساخته است. البته این سخن به آن معنا نیست که استنتاج منطقی درنظریهٔ ائودوکسوس راه نداشته باشد. آنچه از آثار ریاضی ائودوکسوس می‌توان دریافت، این است که او دراین زمینه از استعداد کم‌نظیر برخوردار بوده است.

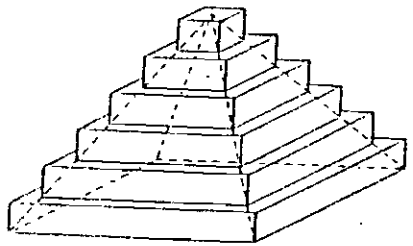
هندسهٔ یونانی بیشتر بربنیاد اندیشهٔ تناسب استوار است. برای مثال، یکی از قضایای بنیادی هندسهٔ یونانی این بود که اضلاع مثلثهای متساوی‌الزاویه متناسبند. فرض کنید ABC و PQR دومثلث متساوی‌الزاویه باشند و زاویهٔ A برابر با زاویهٔ P و B برابربا Q و C برابربا R باشد. این قضیه می‌گوید: بنابراین QR، RP و PQ با BC، CA و AB متناسبند. اگر توضیح قضیه را بخواهند، پاسخی که طبعاً داده می‌شود این است که QR به همان نسبت BC و RP به نسبت CR یا PQ به نسبت AB است. اما همان گونه که دیدیم، فیثاغورسیان به این واقعیت ناگوار پی برده بودند که امکان ندارد بتوان خطی را بخشی از خط دیگر به حساب آورد. بنابراین، اگر QR بخشی از BC نباشد، پاسخ سادهٔ ما معنایی نخواهد داشت. آیا می‌توان معنای دیگری برای این فرضیه یافت؟ و تازه اگر معنای دیگری یافت شود، باز هم قضیه راست خواهد بود؟ اگر پاسخ منفی باشد، پس باید این قضیه و آنچه برپایهٔ آن ساخته شده، رها کرد. ائودوکسوس توانست برای هر دو پرسش پاسخهای مثبتی بیابد. متاسفانه پاسخ او فنی‌تر از آن است که در اینجا مجال بررسی آن باشد. جویندهٔ کنجکاو، پاسخ او را درکتابهای پنجم و ششم *اصول* اقلیدس خواهد یافت. نظریهٔ تناسب ائودوکسوس یکی از بزرگترین دستاوردهای تفکر یونانی است. اندیشه‌های او هنوز از منابع

65. Ebenezer Prout

آنالیز ریاضی جدید و مقدمهٔ خوبی برای متخصصان این رشته از ریاضیات است.

یکی دیگر از آثار اندیشهٔ پس بلند ائودوکسوس، روش افناء[۶۶] او بود. جوانهٔ حساب انتگرال را در این روش روییده است. این روش را می‌توان با مثال آوردن نحوهٔ یافتن حجم هرم نمایش داد.[۶۷]

فرض کنید V حجم قطعهٔ مکعب مستطیل شکلی باشد که ارتفاع آن به اندازهٔ ارتفاع هرم و قاعدهٔ آن به اندازهٔ قاعدهٔ هرم باشد. فرض کنید هرم از قطعه‌هایی که روی هم چیده شده‌اند و هرقطعه کوچکتر از قطعهٔ پایین‌تر از خود است، تشکیل شده باشد (شکل ٦). بوضوح پیداست که حجم کل



شکل ٦

این قطعه‌ها از حجم هرم بیشتر است، اما با افزودن قطعه‌های تازه، مانند پله‌هایی که بتدریج کوچک و کوچکتر می‌شوند، از تفاوت این دوکاسته می‌شود. ائودوکسوس ثابت کرد که حجم کل قطعه‌ها همیشه از V/۳ بزرگتر است، اما با افزایش شمارهٔ قطعه‌ها تا بی‌نهایت، می‌توانیم آن را هرقدر که بخواهیم به V/۳ نزدیک کنیم و این نشان می‌دهد که حجم هرم از V/۳ تجاوز نمی‌کند. ائودوکسوس تعدادی قطعه را در درون و درست قالب هرم جای داد و این بار نشان داد چون حجم هرم نمی‌تواند از V/۳ کمتر باشد، لاجرم می‌بایست V/۳ باشد.

راز این روش در محصور ساختن کمیّت موردنظر در میان دوکمیّت دیگر است. این دو کمیّت را می‌توان محاسبه کرد و می‌توان ثابت کرد که هرقدر بخواهیم به هم نزدیک می‌شوند.

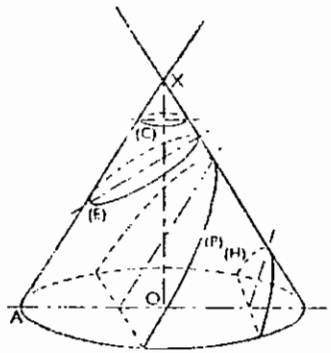
ائودوکسوس در باب منحنیهایی جز دایره بحث کرده است، اما معلوم نیست به چه منحنیهایی پرداخته است. ائودوکسوس معروفیت چندانی نداشت و می‌توان گفت بخت با او یار نبود، زیرا دستاوردهای علمی او هیچ تناسبی با شهرت کمش نداشت. آثار ائودوکسوس از بین رفته و آشنایی ما با کارهای او از راه نوشته‌های دیگران حاصل شده است؛ آن هم از راه آثار کسانی که همگی از او تاثیر گرفته بودند، اما مشهورتر از او شده‌اند. مانند مشاهیری چون اقلیدس، ارشمیدس،

66. exhaustion

٦٧. مصریها می‌توانستند حجم هرم را حساب کنند، اما انها روش محاسبه را از راه تجربه به دست اورده بودند. مصریها برای حل مسائلی از این نوع، روشی کلی و عمومی نداشتند.

هیپارخوس (اَبَرخُس)[68] و بطلمیوس. ائودوکسوس پیش از تراک گفتن آتن با مخالفتهایی از سوی افلاطون روبه‌رو شده بود. به یقین او نه می‌توانست و نه خوش می‌داشت که راه محافظه‌کارانهٔ افلاطونی را در ریاضیات دنبال کند. ائودوکسوس، نه از لحاظ زمان و مکان بلکه روحاً نخستین دانشمند بزرگ اسکندرانی است.

بجاست از منائخموس[69] (۳۷۵ تا ۳۲۵ ق‌م) از مکتب ائودوکسوس و معلم دیگر اسکندر یادکنیم. او نخستین کسی بود که به مطالعه در مقاطع مخروطی پرداخت. مقاطع مخروطی، منحنیهای حاصل از تقاطع سطح مستوی با مخروطند. فرض کنید قاعدهٔ مخروط دایره‌ای به مرکز O باشد (شکل ۷). محور مخروط خط XO است که برقاعدهٔ مخروط عمود است. نقطهٔ X راس

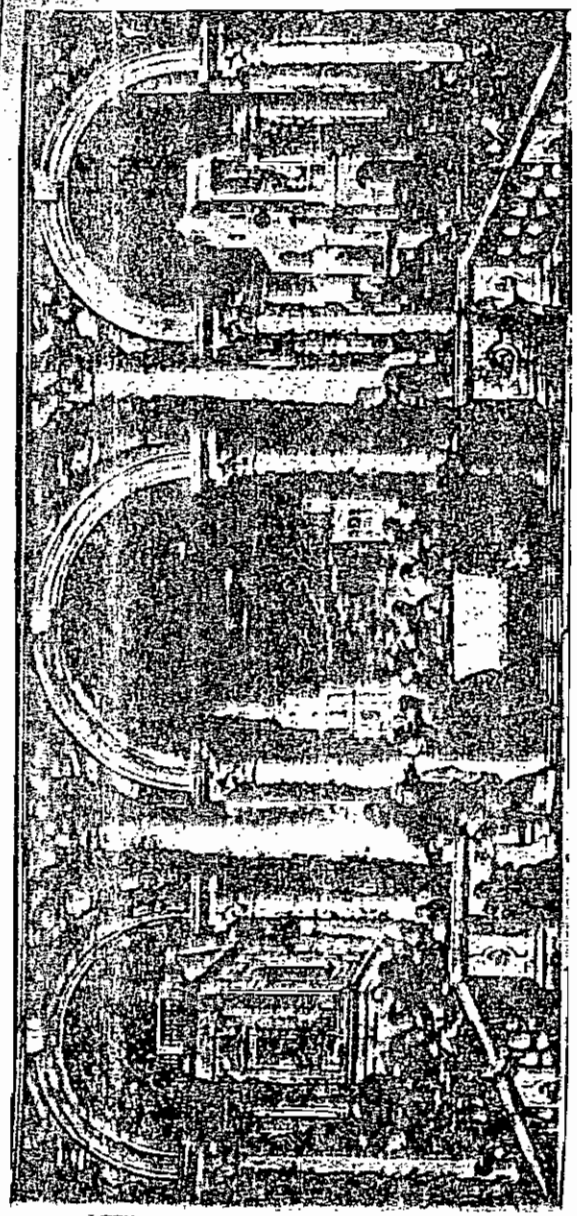


شکل ۷

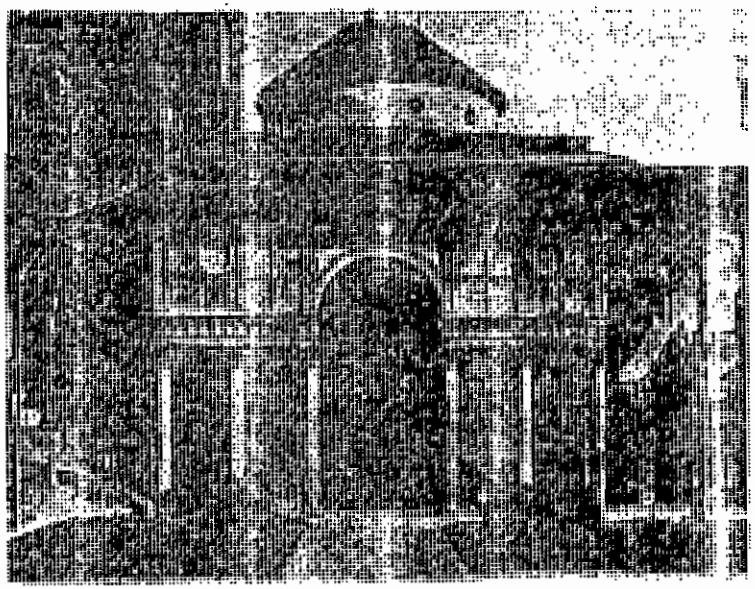
مخروط است. خطی مانند خط XA راس مخروط را به نقطه‌ای از دایرهٔ قاعده وصل کند، مُوَلِّد نام دارد. اگر مخروط را عمود برمحور آن برش دهیم، مقطع حاصل، دایره است (C). اگر مخروط را با سطحی مستوی که موازی یکی از مولدها باشد قطع کنیم، مقطع به دست آمده، منحنی سهمی است (P). چنانچه مخروط را به صورت مایل برش دهیم ــ البته نه آن قدر مایل که منحنی سهمی به دست آید ــ منحنی به دست آمده، بیضی شکل است (E) برشی که مایلتر از برش منحنی سهمی باشد، منحنی هذلولی است (H).

هندسهٔ مخروطات[70] در آغاز پیدایش، کاربرد علمی نداشت و یونانیان تنها با علاقه‌ای که به ریاضیات محض داشتند، به بسط آن اهتمام می‌ورزیدند، اما درسدهٔ هفدهم به طرزی نامنتظر در اخترشناسی به کار رفت و موفقیتهای فراوانی به بار آورد. اگر هندسهٔ مخروطات نمی‌بود، انقلاب علمی در جوانی خود فرو مرده بود. به یقین و از بن دندان می‌توان گفت که منائخموس ناشناس

68. Hipparchus 69. Menaechmus 70. geometry of the conics

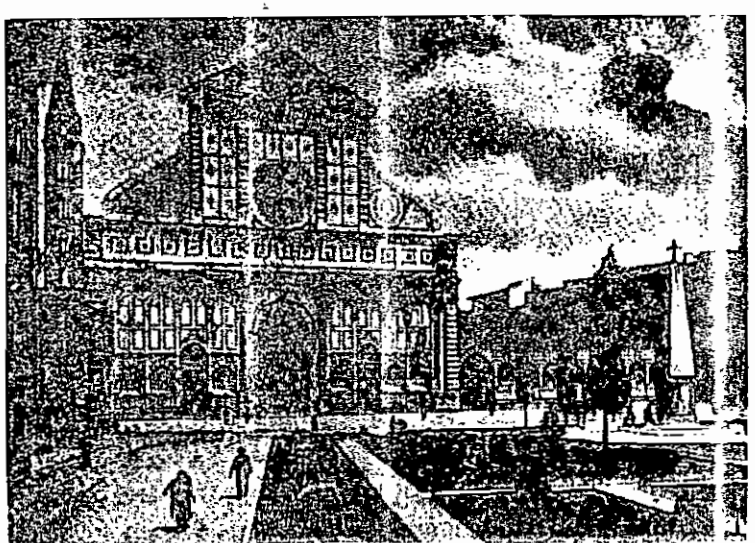


تصویر سمت راست: ورانیه: جشن در منزل لیویوس.



(الف) نمازخانهٔ پاتسی، فلورانس

(ب) سانتاماریا نوولا، فلورانس



تصویر چهار.

بیش از اسکندر، یولیوس قیصر (ژول سزار) شارلمانی و ناپلئون در تاریخ تأثیر گذاشته است. هندسهٔ مخروطات از موارد محسوسی است که کار ریاضی خالص و مدرسی، پایهٔ تفسیرهای فیزیکی پیش‌بینی نشده‌ای قرار گرفته است.

۵ پزشکی یونانی بقراط کوسی ارسطو و زیست‌شناسی ریاضیات و علوم طبیعی

در دوران باستان، پزشکی و زیست‌شناسی موضوعهای جدا از هم نبودند. کشف زیست‌شناختی غالباً کاربرد پزشکی داشت و نتیجهٔ کار کسانی بود که به حرفهٔ پزشکی اشتغال داشتند. نخستین کار پزشکی که جداً سرشت علمی داشته، از آن مکتبهای یونانی در کُوس و کِنیدوس و مکتب سیسیلی امپدوکلس، که پیشتر از آن یاد کردیم، بود. مطمئناً پزشکی آن مکاتب از جهاتی مدیون تمدنهای پیش از تمدن یونان و بویژه تمدن مصری بوده است.

از تاریخ پزشکی کهن یونانی اطلاع دقیقی نداریم. احتمالاً پزشکان یونیایی نخستین پژوهشهای پزشکی خود را از آسکلیپوُسها[۷۱] یا پرستشگاه‌های آسکلیپوسی آغاز کرده‌اند. در گذشته‌های دور معمولاً بیماریها را به خشم برخی از خدایان نسبت می‌دادند و برای مداوا دست در دامن خدایان می‌زدند. آسکلیپیوس یکی از خدایان بود. نیروی جادویی در درمان بیماریها را به او نسبت می‌دادند و بیماران را به پرستشگاههای او می‌بردند. مزدی در کار نبود، اما مطابق رسم هرکه شفا می‌یافت، هدیه‌ای به پرستشگاه تقدیم می‌داشت و نام، نوع بیماری و چگونگی شفای خود را می‌نوشت و آن را به پرستشگاه می‌سپرد. هیچ مدرکی که حاکی از کارپزشکی کاهنان در آن پرستشگاهها بوده باشد، در دست نیست. کاهنان تنها واسطهٔ میان بیمار و خدا بودند. طبیعی است اگر کسانی که سررشته‌ای از پزشکی نداشتند اما به آن کار علاقه‌مند بودند، می‌توانستند هرچندگاه به پرستشگاه اسکلیپوسی سری بزنند، بیماریهای مردم را از نزدیک ببینند و پیشینه‌های بیماری را بخوانند. شاید با گذشت زمان، این کار به پیدایش پزشکی غیرروحانی انجامیده و بتدریج از شفای دینی به عنوان تنها راه درمان بیماری دوری کرده‌اند.

کسانی که این نظریه را نمی‌پسندند، به هومر استناد می‌کنند و می‌گویند اشاره‌های هومر به پزشکی هیچ نکته‌ای از مداخلهٔ کاهنان را دربرندارد و هومر از اسکلیپوس نه به عنوان خدا، بلکه به عنوان پادشاه تسالیا[۷۲]، که با نیروی شفابخشش پرآوازه بوده، یاد کرده است. اینها مدعی‌اند که

71. Aesclepions 72. Thessaly

پزشکی غیرروحانی، پیش از آنکه اسکلپیوس به مرتبهٔ خدایی برسد، پیدا شده است. آیین پرستشگاه اسکلپیوسی صرفاً تصادفی بوده که با پیشرفت مستمر علمی قرین شده است. حقیقت هرچه بوده باشد، شك نیست که روزگاری درمان بیماری عموماً با دین پیوند داشته است. تاریخ مسئلهٔ دلوسی هم گواه این نظر است. البته این احتمال هست راو آنکه پزشکی غیرروحانی پیش ازدرمان در پرستشگاههای اسکلپیوسی متداول بوده، باز از مشاهدهٔ بیماریها در آن پرستشگاهها نکته‌های بسیار آموخته باشند.

پزشکی باستان، عرصهٔ بی‌رقیب بقراط کوسی است. او در سال ۴۶۰ ق‌م به دنیا آمد. از امپدوکلس کمی متأخرتر و با پریکلس و سقراط و افلاطون معاصر بود و شخصیتی ممتاز داشت. بقراط شخصی درست کردار بود و حاصل کار خود را تا آنجا که قدرت تشخیصش اجازه می‌داد، باز می‌نمود. و این همان سنت صداقت حرفه‌ای است که او پایه گذارد؛ سنتی که هنوز در کار بهترین پزشکان به چشم می‌خورد. بقراط براین نکته تاکید می‌ورزید که بیماری علتهای طبیعی دارد و باید با وسایل طبیعی درمان شود. او با عزمی استوار هرگونه خرافهٔ رایج را مردود شمرد و حقیقتاً توانست پزشکی را برپنیاد پایه‌های علمی چنان محکمی استوار سازد که گرچه بنای اعتقاد به شفاهای خارق عادت را ویران نکرده اما برای همیشه متزلزل ساخته است.

از همه مهمتر، بقراط براهمیت معاینهٔ بالینی ــ معاینهٔ بیمار در بستر بیماری ــ تاکید فراوان داشت. به اعتقاد او، بدن انسان از چهار عنصر امپدوکلسی خاك، هوا، آب و آتش ترکیب یافته و اخلاط چهارگانهٔ سودا، صفرا، خون و بلغم با این عناصر درهم آمیخته است. اخلاط چهارگانه باید به نسبتهای معین و هرکدام در محل مناسب خود در بدن باشند. بیماری نتیجهٔ به هم خوردن نسبت، جابه‌جایی یا ناخالصی اخلاط است. میل طبیعی بدن به این است که با برطرف شدن مازاد، جابه‌جایی و ناخالصی اخلاط، سلامت خود را بازیابد. بیماری آنگاه به دورهٔ بحران می‌رسد که این‌گونه اخلاط با سرعتی که لازم است، رفع نشوند. به اعتقاد بقراط، پزشك نمی‌تواند از سوء عمل ذاتی اخلاط جلوگیری کند. وظیفهٔ پزشك این است که دورهٔ بیماری را تحت مراقبت قرار دهد، دقت کند که طبع بیمار برای رهایی خود از سوءعمل اخلاط چگونه تلاش می‌کند، و آنگاه حداکثر کوشش خود را به کار بندد و با درمان و تجویز داروی مناسب، به کمك طبیعت بیمار بشتابد. رکن اساسی موفقیت، تشخیص لحظهٔ مناسب برای انجام کارهای پزشکی است. پزشك باید از راه نشانه‌های بیماری لحظهٔ بحران[۷۴] را ــ که کمك پزشك در همین لحظه بیشترین تاثیر را دارد ــ تشخیص بدهد. او باید بداند طبیعت بیمار حدوداً چه موقعی تلاش خود را به کار می‌بندد. پس

۷۴. معنی اصلی «بحران» crisis، «جدایی» separation است. به اعتقاد بقراط، لحظهٔ بحران همان لحظه‌ای است که اخلاط مزاحم از بدن جدا می‌شوند.

می‌بایست آماده باشد تا طبیعت بیمار را تقویت کند. اهمیت معاینهٔ بالینی در همین نکته است. اشتباه مشاهدهٔ دقیق بیماری تحت مراقبت، به اضافهٔ تجربهٔ موارد قبل، تنها مبنای قابل اعتماد پیش‌بینیهای لازم اوج بیماری و تشخیص لحظهٔ بحران است.

بقراط به پزشکی پیشگیری توجه داشت و برنامهٔ مخصوص غذایی و ورزش را برای پیشگیری بیماری تجویز می‌کرد. شیوهٔ کار بقراط، که رنگی از کار هنری در زمینهٔ علم داشت، جوهری کاملاً نو و پیوندی ناگسستنی با مشاهده داشت. او خرافه‌پرستی و میل ذاتی یونانیان به قراردادن عمل بر مبانی کلی غیرواقعی را از قلمرو کار خود بیرون رانده بود. روش او انعطاف‌پذیر بود و تاب سازگاری با تغییر اوضاع و احوال را داشت؛ یعنی همان خصوصیتی که نشانهٔ بارز روش علمی است. براستی شیوهٔ کار بقراط علمی‌ترین پدیدهٔ روزگار خود بود. شاید روشی که او به کار می‌بست، با طرز کار معمول در مکتب کنیدوس تعارض داشته است. در روش کنیدوسی معمول این بود که ابتدا کوشش می‌کردند تا بیماری را تشخیص دهند. پس از تشخیص، هیچ تغییر و اصلاحی در تجویز خود به عمل نمی‌آوردند، کار را تمام شده می‌انگاشتند و بران اساس به درمان می‌پرداختند. اما به اعتقاد بقراط، نفس بیماری اهمیت اصلی را ندارد، بلکه آنچه مهم است مراقبت از پیشروی بیماری و اقدام متناسب با آن است.

مقام والای بقراط، محصول ظرافت روش اوست. نظریهٔ بقراط دربارهٔ اخلاط، خام و بی‌اهمیت است. اما چون او اطلاعات لازم را دراختیار نداشت، نظریهٔ اخلاط به دشواری ممکن بود جز این که هست، باشد. علومی که پزشکی بیشتر برپایهٔ آنها بناشده، عبارتنداز: کالبدشناسی (آناتومی)[۷۴] علم مطالعه در ساختمان کالبدی؛ و تن‌کارشناسی (علم وظایف‌الاعضا = فیزیولوژی)[۷۵] که طرز کار اندامهای بدن را مطالعه می‌کند. اطلاع بقراط از تن‌کارشناسی سطحی و نادقیق بوده در زمینهٔ کالبدشناسی، تنها دانش مختصری از استخوانها داشت. از سایر اجزای بدن اطلاع زیادی نداشت. شاید بقراط جانوران را کالبدشکافی (تشریح) کرده باشند، اما بدن انسان را کالبدشکافی نکرده است. تالیفات بیشماری را به او نسبت داده‌اند، اما در درستی انتساب پاره‌ای از آنها تردید هست.

بیشتر آثار درخشان ارسطو در زمینهٔ تاریخ طبیعی است. تاریخ طبیعی تنها زمینه‌ای بود که ارسطو در آن واقعاً از مشاهده استفاده می‌کرد. او پس از فراغت از آکادمی و پیش از آنکه معلم اسکندر شود، مدتی از عمر را به پژوهش و کالبدشناسی جانوران و تشریح گیاهان در آسیای کوچك گذراند. از این گذشته، دربارهٔ رویان‌شناسی[۷۶] و وراثت[۷۷] هم تحقیق کرد و پس از آن، پیرامون جنبه‌های گوناگون جانورشناسی[۷۸] و گیاهشناسی[۷۹] به تالیف پرداخت. از دانش او آنچه متکی به مشاهدات

74. anatomy 75. physiology 76. embcyology 77. heredity
78. zoology 79. botany

شخصی است، بسیار دقیق است. اما او از مشاهدات دانشمندانی که با اردوی اسکندر از سفر مشرق زمین بازگشته بودند و مشاهداتشان چندان که باید قابل اعتماد نبود، نیز استفاده کرد. ارسطو کالبدشناسی تطبیقی[۸۰] را پایه گذارد و رده‌بندی نظام یافتهٔ جانداران را براساس ساختمان بدنی آنها آغاز کرد. رده‌بندی او تا سدهٔ شانزدهم مداول بود و پایهٔ کار جان ری[۸۱] و لینه (لینایوس)[۸۲] قرار گرفت. این دو نظام رده‌بندی جدید از همان جایی که ارسطو آغاز کرده بود، گسترش یافتند. ارسطو جانداران را به دو دستهٔ خون‌دار و بی‌خون تقسیم کرد؛ و این همان تقسیم جانداران به مهره‌داران[۸۳] و بی‌مهرگان[۸۴] در رده‌بندی جدید است. جانداران خون‌دار به چهار ردهٔ فرعی تقسیم می‌شدند: پستانداران، پرندگان، خزندگان و ماهیها. جانداران بی‌خون هم به چهار ردهٔ فرعی تقسیم می‌شدند: نرم‌تنان، سخت‌پوستان، صدف‌پوستان و حشرات. ارسطو از رده‌بندی جانوران به اندیشهٔ «نردبان طبیعت» راه برد. براین اساس، موجوداتی که ساختمان پیچیده‌تری داشته باشند، برپله‌های بالاتر نردبان قرار می‌گیرند. ما هنوز از جانداران عالی و پست سخن می‌گوییم، اما باید توجه داشت که نردبان طبیعت ارسطو تفسیرهای تطورگرایانه را برنمی‌تابد.

تعجب در این است که چرا در اخترشناسی و فیزیک اولیهٔ یونانی، مشاهده از توجه کم و در زیست‌شناسی و پزشکی از اعتنای بسیار برخوردار بوده است. مطمئناً پیچیدگی ساختمان موجودات زنده، تبیین خاص خود را ایجاب می‌کند و این خود مانع از آن است که روشهای ریاضی در قلمروی که ارتباطی به ریاضیات ندارد، به کارگرفته شود. بقراط و ارسطو دو یونانی متعلق به عصر آتن بودند که بیشترین توجه را به علوم طبیعی معطوف داشتند و سروکار چندانی با ریاضیات نداشتند. از این جهت میان این دو با سایر فیلسوفان یونانی فرقی نمایان بوده است. دیدیم که ریاضیات تفکر را از مشاهده و آزمایش دور می‌کرد و به این دیدگاه که به کمک روش قیاسی می‌توان معرفت را از اصول بدیهی نتیجه گرفت، متوجه می‌ساخت. بی‌تردید سبب اینکه زیست‌شناسی و پزشکی زودتر از سایر علوم در مسیر درست افتادند، نبودن نفوذ ریاضیات در این حوزه‌ها بوده است. ارسطو در اخترشناسی و فیزیک، وارث سنتی بود که از پیشینیان ریاضی‌اندیش او به جا مانده بود، و بینش ارسطو در این دو زمینه همان قدر غیرعلمی بود که بینش هرکس دیگر. اما در قلمرو زیست‌شناسی او پیشتاز بود و آرای او از هرگونه پیشداوری برکنار بود.

خوب است کمی به بیان علت نبودن پیوند میان ریاضیات و پزشکی در آن دوره، که پیشتر نیز بدان اشاره‌ای داشتیم، بپردازیم. هم دشواری و هم محدودیتهای علمی ریاضیات نتیجهٔ سادگی ساختگی آن است: ریاضیات بدون شک دشوار است، زیرا ساده‌تر از آن است که *از هر حیث* فهمیده

80. comparative anatomy 81. John Ray 82. Linaeus 83. vertebrates
84. invertebrates

شود. با هر نسلی از متفکران، ریاضیات هم ساخته می‌شود و در هردورهٔ معین، ریاضیات وسیلهٔ سنجش خوبی برای پیچیدگی است؛ وسیله‌ای برای بررسی بهترین ذهنهایی که توانسته‌اند به آن مرتبه از پیچیدگی برسند و آن را درک کنند. چون ریاضیات آفریدهٔ انسان است، همیشه در دایرهٔ نیروهای ادراک انسانی باقی می‌ماند و حدّ وگسترش آن، حدّ همان نیروهاست. شاید جهان به‌مراتب پیچیده‌تر از آن باشد که آدمی به همهٔ رازهای نهان آن پی ببرد. حتی هرجزء کوچکی از جهان از هرآنچه انسان تاکنون آفریده، پیچیده‌تر است. امّا هرچه ریاضیات بیشتر پیشرفت کند، کاربردش در پیچیدگی فزایندهٔ پدیده‌های طبیعی بیشتر می‌شود. ریاضیات به ترتیب دراخترشناسی، فیزیک و شیمی به کاربسته شده است. قلمرو نفوذ ریاضی، همراه با دقت ریاضی گسترش می‌یابد. اکنون کاربرد ریاضیات در زیست‌شناسی مراحل ابتدایی خود را می‌گذراند. اما پیچیدگی ریاضیات باید حدّ و حدودی داشته باشد، زیرا که آفریدهٔ انسان است. ارزش علمی ریاضیات هرچند گسترده باشد، سرانجام محدود است. اما گویی یونانیان تصور می‌کردند طبیعت وظیفه دارد خود را با سادگی ریاضیات ابتدایی آنها سازگار کند. یونانیان نمی‌توانستند انتظار بکشند تا ریاضیات رشد کند و پیچیدگیهای آن با پدیده‌های ساده‌تر طبیعی بیشتر سازگار شود.

پیچیدگی محدود ریاضیات جنبهٔ دیگری نیز دارد. وقتی از پیوند میان ریاضیات و هنرهای زیبا سخن به میان می‌آید، بنا به عادت رشتهٔ کلام به حساب کامهای موسیقی یا به رعایت تقسیم زرین[۸۵] در معماری و نقاشی ایتالیایی کشیده می‌شود. اما این پیوندها اهمیت چندانی ندارند. پیوند آنها ژرفتر از این است. ریاضیات وهنرهای زیبا دست کم می‌توانند از یک جنبه نیاز واحدی را برآورند. تفکر در امور پیچیده، همیشه همراه با لذت است: لذت از اینکه هیچ پدیدهٔ پیچیده‌ای نیست که از هر جهت ادراک‌ناپذیر باشد. لذت حاصل از تفکر آن‌گاه به منتها درجه می‌رسد که پیچیدگی پدیدهٔ موردنظر در دایرهٔ نیروی ادراکی انسان، و تنها در همین دایره، محدود شود. در تجربه‌های روزمرهٔ ما چیزهای بسیاری هست که مطمئن نیستیم همهٔ آنها را درک می‌کنیم. درعین حال، نکته‌های دیگری هم هست که از فرط بداهت، توجه ما را به خود جلب نمی‌کنند. این مرتبهٔ از پیچیدگی که بیشترین لذت را القا کند، به خودی خود پیدا نمی‌شود. یکی از وظیفه‌های هنرهای زیبا ایجاد چنین لذتی است، و ریاضیات به ویژه برای این مقصود مناسب است. ریاضیات با ایجاد روابط پیچیده برپایهٔ روابط ساده، به این مقصود جامهٔ عمل می‌پوشاند. کسی که تا به مقصود نرسد، از پای نمی‌نشیند. می‌تواند

۸۵. اقلیدس، *اصول*، کتاب دوم؛ ۱۱. از نظر زیبایی‌شناسی، تقسیم زرین Golden Section نسبتهای ارضاکننده‌ای را القا می‌کند. هنرمندان از این تقسیم ناخودآگاهانه پیروی می‌کنند. تقسیم زرین در هنر عصر رنسانس غالباً یا استادی تمام به کار رفته است. طبیعت هم در پاره‌ای از شکلهای گیاهی این تقسیم را به دقت مراعات کرده است.

به درجه‌ای از پیچیدگی که او را سیراب کند، دست یابد یا آن را با تفکر خود بیافریند. موسیقی با ترکیب کردن ساختهای نسبتاً ساده‌تر، از همین راه پیچیدگی مناسب خود را به دست می‌آورد. نقاش غالباً از راه تحلیل به پیچیدگی می‌رسد. او با موضوعی که پیچیده‌تر از ظرفیت ادراک است، آغاز می‌کند. اما از راه گزینش، از پیچیدگی موضوع می‌کاهد، تا آنجا که موضوع در دایرهٔ ادراک کاملاً محصور می‌شود. شاهکارهای موسیقی باخ و نظریهٔ تناسب یونانی، که از لحاظ زیبایی‌شناسی اقناع کننده‌اند، پیچیده‌اند؛ اما درعین پیچیدگی، ساختی کاملاً ادراک‌پذیر دارند. ساخت سروصدایی که برحسب تصادف ایجاد شده باشد، بسیار پیچیده است، اما ساخت آهنگ کودکانهٔ «سلام، سلام، نازی‌جون» بسیار ساده است.

۶ سوفسطاییان شکاکیّت افلاطون، ارسطو و کلیات
منطق ارسطو، زنون و مکتب رواقی اپیکوروس و فلسفهٔ اپیکوروسی

فلسفهٔ آتنی از راههای گوناگون برعلم تاثیر گذاشت. آتن به مرکز اجتماع، مبادله و انتشار اندیشه‌ها تبدیل شده بود. آرای اخترشناسی و فیزیکی و نیز نظامهای اخلاقی از گوشه و کنار سرزمین یونان در آتن گردآمدند. طبقه‌ای از فیلسوفان برخاستند که کارشان پدیداوردن نظامهای فلسفی جدید نبود، بلکه تنها به مقایسه و نقادی نظامهای موجود می‌پرداختند. کار این فیلسوفان سوفسطایی به نقّادی نوین ادبی بی‌شباهت نبود. آنها در کار استنباط و ارزشیابی بسیاری از آرایی که عرضه می‌شد، افکار عمومی را رهبری می‌کردند. فیلسوفان سوفسطایی جوانان ثروتمند را هم به شاگردی می‌پذیرفتند.

اگر نظامهای فکری مختلف در کنار هم بررسی شوند، موارد ناسازگاریشان آشکار می‌شود. امکان ندارد چند نظام، با هم ناسازگار و درعین حال همگی درست باشند؛ اما احتمال اینکه هیچ یک از آنها درست نباشند، هست. حال اگر یکی از آن نظامها درست باشد، با چه معیاری می‌توان به درستی آن پی برد؟ طبیعتاً همین دشواریها بود که سوفسطاییان را به دیدگاهی شکّاکانه سوق می‌داد. تعالیم سوفسطاییان، عملگرایانه[86] بود. آنها فایده را برحقیقت برتری می‌دادند و آن را معیار داوری معرفت و کمال می‌دانستند. در نظر آنها هدف از آموزش، روشنی اندیشه نبود، بلکه به دست آوردن پیروزی در طرح دعاوی و موفقیت در عرصهٔ سیاست و بازرگانی بود. از این رو خطابه که فن ادبی و منطقی اقناع مخاطب به شمار می‌رود، موضوع اصلی برنامهٔ درسی سوفسطاییان قرار گرفت. سوفسطاییان از همرنگی ظاهری با اخلاق دینی و مرسوم به عنوان ارزشهای اجتماعی طرفداری

86. pragmatic

می‌کردند.

تاثیر چنین افکاری برمعیارهای اخلاقی، علم بیطرف و ایمان متعصبانه، ناخوشایند بود. کم کم اصطلاح «سوفسطایی» در شمار دشنامها درآمد، حال آنکه شاید ناقد بیطرف نکته‌های فراوانی را در آیین سوفسطایی درست بیابد. تمرین خطابه به پیشرفت زبان یونانی کمک کرد. شاید این موضوع بی‌اهمیت جلوه کند، اما هرکه از بستگی اندیشه به توانایی زبان آگاه باشد، از این نکته سبک‌سری نمی‌گذرد. شکاکیّت بیشتر سوفسطاییان نامی، بیان اصیلی از صداقت فکری بود. شکاکیّت اصیل تنها در جایی پیدامی‌شود که براندیشه‌های مخالف با هم، تساهل و مدارا حکومت کند. برای مثال، مدارای مذهبی روم در قبال مناقشات عقیدتی، به شکاکیّت دینی بیشتری دراین امپراتوری انجامید. سوفسطاییان با بینشهای نظری کاملاً متفاوتی روبه‌رو بودند و هیچ وسیله‌ای برای داوری دربارهٔ این دیدگاهها نداشتند. دشوار بتوان از این بابت سوفسطاییان را سرزنش نمود. سهل است، باید آنها را به سبب اینکه داوریهای خود را به حال تعلیق گذاشته‌اند، مردمی آگاه قلمداد کرد. شکاکیّت در برانگیختن مردم به آزمودن مداوم مبانی نارسای عقیدتی خود سهمی بسزا دارد. شکاکیّت می‌تواند با ویران کردن بنیاد امور بی‌ارزش راه را برآغازی دیگر و مسیری بهتر بگشاید. با اطمینان می‌توان گفت که شکاکیّت هیچ زیانی به علم نزده است. رابرت بریجز[87] در شان شکاکیّت گفته است:

> شکاکیّت به آن گیاهان طبی می‌ماند که اگر مسمومشان به مصرف تنقیه برسانند، تندرستی را به بدن بازمی‌گردانند.

نقطهٔ کاملاً مخالف این نظر را سیدنی اسمیت[88] به اختصار گفته است: فکر باز چون گنداب سر باز است.

از شکاکیّت بجای سوفسطاییان چه نتیجه‌ای را می‌توان استنباط کرد؟ قطعاً این نتیجه را: روش بحث نظری در علم بی‌حاصل بوده، روشهای تازه‌ای را باید آزمود. سقراط، مخالف فقیر سوفسطاییان، این راه رابرنگزید. اوسوفسطاییان رابرای تعلّق‌خاطری که به این عالم داشتند خوار می‌شمرد. سقراط هم به جوانان تعلیم می‌داد، اما نه به روش سوفسطاییان و نه به امید مزد. بیشتر وقت او با شاگردانش به بحث دربارهٔ بی‌ارجی تعالیم سوفسطایی و ناشایستگی مردم عالی مقام می‌گذشت. بدنامی‌ای که از این راه دامن سقراط را گرفت، دلیل اصلی محکومیت او بود؛ هرچند که این دلیل در میان اتهامهایی که دادگاه براو وارد ساخت، نیامده بود. سقراط با شکاکیّت سوفسطاییان نسبت به علم مخالفتی نداشت، اما با وصف این، نه تنها به جستجوی روش علمی تازه‌ای برنخاست، بلکه در عوض، علم را تباه کردن عمر می‌انگاشت. سقراط روش نظاری را پذیرفت، اما آن روش را در خدمت مقصود تازه‌ای به کار گرفت. او معتقد بود که نارسایی روش

87. Robert Bridges 88. Sydney Smith

نظری در زمینهٔ علم از اهمیت زیادی برخوردار نیست، اما اگر همین روش در زمینهٔ مناسب خود یعنی بررسی مسائل اخلاقی و زیبایی شناسی به کاررود، می‌تواند روش موفقی باشد. به نظر سقراط، مسائل زیبایی‌شناسی و اخلاق تنها مسائلی هستند که براستی برای انسان اهمیت دارند.

نیازی نیست که دربارهٔ اهمیت نسبی اخلاق و علوم طبیعی به عنوان موضوعهای مطالعهٔ انسانی حکم کنیم. دلیلی نمی‌بینیم چرا یکی از این دوباید از ارج و مقام برتری بر خوردارباشد، یا چرا پژوهندگان یکی از این دو باید به دانشپژوهان رشتهٔ دیگر به چشم حقارت بنگرند. ضرورتی هم به بررسی تفصیلی تعالیم سقراط نیست. بدون تردید سقراط به عنوان اخلاقگرا[89] سزاوار برترین ستایشهاست: اما نفوذ او به زیان علم بوده است. سقراط علم را خوار می‌شمرد. او علم و فلسفه را از هم دور کرد، و این دوری تا همین اواخر ادامه داشت. او به روش نظری نیروی تازه‌ای بخشید واگر شان این روش را در فلسفهٔ اخلاقی بدان پایه بالا نبرده بود، علم زودتر از اینها روش نظری را از صحنه بیرون می‌راند.

تاثیر افلاطون بیش از تاثیر سقراط بود و زیانی که او برعلم وارد آورد، بیشتر از زیانی است که سقراط وارد کرده است. افلاطون با این نظر سقراط که فلسفهٔ اخلاق مهمتر از علوم طبیعی است، موافق بود، اما ریاضیات و علم را به کلی بی‌اهمیت و ناچیز نمی‌شمرد. افلاطون از ریاضیات و اخترشناسی آگاهی اندکی داشت، اما همین قدر که ارزش آموزشی این دوموضوع را ستوده، دست کم برای آنها ارج و احترامی قایل بوده است. پیش از این دیدیم افلاطون به لحاظ اهمیتی که برای این علوم قایل بود، آیین‌نامهٔ سختی وضع کرد و همین مقررات سخت و صُلب، علوم را از رشد طبیعی بازداشت. با این همه، نظریهٔ مُثُل افلاطونی است که بیشترین زیان را برعلم وارد ساخته است.

واژهٔ «انسان» بر موجودات مشابهی که حتی دو فرد از آنها کاملاً به هم نمی‌مانند، دلالت می‌کند. این واژه را کلی[90] می‌نامند. چگونه ممکن است یك واژه برشماری موجودات مختلف اطلاق شود؟ افلاطون پاسخ می‌دهد: علت این است انسانهایی که ما همواره به کمك احساسهایمان ادراك می‌کنیم، در صفت انسانیّت مشترکند. صفت انسانیّت مستقل از یکایك انسانهاست. درواقع پیش از آنکه انسانها بتوانند هستی داشته باشند، لزوماً انسانیّت هستی داشته است. هر انسان به تنهایی چیزی بیش از بدل ناقص یاسایهٔ صفت انسانیت، که از پیش هستی داشته، نیست. افلاطون چنین صفتی را، که کلّی معنای خود را از آن کسب می‌کند، مثال (ایده) نامیده است. مثال افلاطونی، کامل، جاودان وتغییرناپذیراست. به قول او، مثال «هستی» دارد، اما انسانها بدلهای ناقص مثال‌اند و خاصیّت «شدن» دارند. مراد افلاطون از «شدن» این است که مثلاً انسان برای رسیدن

89. moralist 90. universal

به جاودانگی و کمال مثالی که هستیش از اوست، تلاش می‌کند؛ هرچند این تلاش به توفیق کامل نمی‌رسد.

نظریهٔ مُثُل که گسترش یافتهٔ تعالیم پارمنیدس است به این عقیده می‌انجامد که معرفت، از راه حواس به دست نمی‌اید. معرفت، علم به مُثُل است و مُثُل به تنهایی واقعیت دارد. علم به مُثُل تنها با کوشش ذهن حاصل می‌شود و حواس تنها تصویری واژگونه و گمراه‌کننده از واقعیت را انسان می‌دهد. هیچ نظریهٔ دیگری را نمی‌توان یافت که این سان مخالف مشاهده و ازمایش، یا بیش از این، سد راه علم باشد. با وصف این، شاید مُبرّزترین متفکران از مُروّجان همین نظریه بوده‌اند. بیان خود افلاطون، گواه ایمان راسخ اوست به هرانچه خود گفته است. من از جمهوری، (کتاب هفتم) جملاتی را نقل می‌کنم، موضوع بحث، اخترشناسی است. کلمات از زبان سقراط گفته می‌شود، اما اندیشه از آن افلاطون است:

> اما کسی که دربارهٔ محسوسات به تحقیق می‌پردازد، خواه سر به آسمان کند و به بالا بنگرد و خواه سربزیر اندازد و به پایین نگاه کند، نه کار او را پژوهش علمی می‌نامم، زیرا شناسایی راستینی را نمی‌توان از محسوسات به دست آورد و نه می‌توانم بگویم او به عالم بالا توجه دارد...
>
> پس ستاره‌شناسی را نیز چون هندسه یکی از رشته‌های آموزشی قرار خواهیم داد تا وسیله‌ای برای تمرین فکر باشد. ولی چون منظور اصلی ما از آموزش این دانش، این است که آن جزء روح که ماهیتش تعقّل و تفکّر است از حال خود به درآید و کامل و نیرومند گردد، چندان اهمیتی به اجرام آسمانی نخواهیم داد.[91]

با به یادآوردن آنچه پیشتر درباب تاثیر زیانبار و پرسروتفاهم ریاضیات گفتیم، به اهمیت عبارت «چون هندسه» توجه کنید. همچنین توجه داشته باشید ما مجاز نیستیم از مشاهده، حتی به عنوان وسیله‌ای کمکی، استفاده کنیم. آشکارا به ما تکلیف شده است اگر می‌خواهیم دانشی دربارهٔ اختران داشته باشیم، «چندان اهمیتی به اجرام آسمانی» ندهیم و به جای نظر کردن براسمان، «آن جزء روح را که «ماهیتش تعقّل و تفکّر است» به کار بگماریم.

فلسفهٔ ارسطو کمتر از فلسفهٔ افلاطون برای علم زیانبار بود. ارسطو از کلیات برداشتی درست نقطهٔ مقابل برداشت افلاطون داشت. ارسطو گفته است مفهوم انسانیّت ازمقایسهٔ حاصل از مشاهده

۹۱. نویسنده این قسمت را از ترجمهٔ انگلیسی لرد لیندزی Lord Lindsay نقل کرده و مترجم همان قسمت را از ترجمهٔ فارسی‌ای که مشخصات آن در زیر می‌اید، نقل قول کرده است. در ترجمهٔ کتاب حاضر، مترجم واژهٔ «اخترشناسی» را در برابر astronomy به کار برده و مترجم فارسی آثار افلاطون، واژهٔ «ستاره‌شناسی» را. افلاطون. *دورهٔ آثار افلاطون*، ترجمهٔ محمدحسن لطفی، تهران، خوارزمی، ۱۳۵۷، ج ٤ (جمهوری)، کتاب هفتم، ص ۱۱۵۱ و ۱۱۵۳ـ م.

پدید می‌آید و از مشاهده، مجموعه‌ای از پدیده‌ها که دارای بسیاری صفات مشترک هستند ظاهر می‌شود. این صفات میان سایر پدیده‌ها مشترک نیست. کلیات صرفاً عنوانهایی هستند که بر رده‌ها گذاشته می‌شوند و همانندیهای مشهود در هر رده را به استنباط اجزای طبیعی آن رده رهنمون می‌شود. کلیات، نتیجهٔ عمل انتزاع ذهن‌اند و از موردهای خاص بیشمار استخراج می‌شوند و آنچه را مشترک و عمومی انگاشته می‌شود، بازمی‌نمایند. وقتی می‌گوییم «این انسان است»، واژهٔ انسان بر کل موجود مستقلی که «این انسان» شباهتی به آن داشته باشد، اشاره نمی‌کند. کلّی، تدبیر زبانی ساده‌ای است که اطلاعات مفصل را خلاصه می‌سازد.

این دیدگاه ارسطو، نتیجهٔ طبیعی کار دقیق علمی او در زیست‌شناسی است و درست همان نگرشی است که دانشمندان جدید در باب کلیات دارند. کلّی به مفهوم وسیع روش استقرایی در علم، که از ارسطو با آن نیز آشنا بود، شباهت دارد. روش استقرایی عبارت از مشاهده‌های همانند و سپس تدوین قانون کلی محتمل برپایهٔ نتایج آن مشاهده‌هاست. روش استقرایی می‌گوید چه مقدماتی چه نتایج جزیی را به بار می‌آورد؛ حال آنکه روش قیاسی می‌گوید کدام نتیجه از کدام مقدمات خاص استنتاج می‌شود. نمونهٔ روش قیاسی کشف دورهٔ ساروس از سوی بابلیها یا نظریهٔ اخترشناختی اودوکسوس است.

ارسطو، در زمینهٔ زیست‌شناسی، به این اصول درست پایبند نماند. روش استقرایی روشی مناسب اما کند است. سالها کار صبورانه لازم است تا نتیجهٔ کلی درستی به دست بیاید. از آن گذشته، نتیجهٔ به دست آمده تنها در قلمرو محدودی از پدیده‌ها کاربرد دارد و روشی نزدیک به حقیقت است و بار همیشه دستخوش تغییر و حک و اصلاح است. ارسطو از ناشکیبایی و بلندپروازی که خوی فیلسوفان یونانی بود، بی‌نصیب نمانده بود. او به پیشرفت محسوس و تدریجی که حاصل عمری زحمت صمیمانه تواند بود، قناعت نمی‌کرد. رسم روزگار ارسطو اقتضا می‌کرد تا نظامی پدید آرند که همه چیز را در خود فرابگیرد. اما چون هیچ روشی نمی‌یافتند تا با چنان هدفی متناسب باشد، ناچار متوسل به بحث نظری می‌شدند و بحث نظری به زیان علم بود. اما نباید دربارهٔ ارسطو جانب انصاف را تهی کرد. او برای بررسی مسائل علمی به رهیافت تازه‌تر و بهتری دست یازیده بود و دست‌کم آنکه آن رهیافت را در یکی از رشته‌های علوم به کار گرفت. نباید ارسطو را برای گسترش نفوذ زیانبارش در علم به ناحق مقصر شمرد، زیرا این نفوذ بیشتر از تعصب کسانی که بعدها به فلسفهٔ او گرویدند، ناشی شده است. احتمال نمی‌رود خود او مانند بعضی از پیروانش، حتی به رغم شواهد جدی مخالف، دوستی به افکار نظری می‌چسبیده است.

از منطق، ارسطو نباید سرسری گذشت. ارسطو کوشیده است تا استدلالها را برپایهٔ ساخت آنها در منطق رده‌بندی کند، همان طور که جانوران را برپایهٔ ساختمان زیستی آنها در زیست‌شناسی رده‌بندی کرده است. او توجه داشت که ساخت استدلال می‌تواند چیزی جدا از موضوع استدلال باشد.

استدلال به شرطی معتبر است که نتیجهٔ آن از مقدمات آن حاصل شده باشد. اعتبار استدلال تنها به ساخت آن بستگی دارد. به این استدلال توجه کنید: «*بعضی مردم دروغگو نیستند. تمام بزدان دروغگویند. پس بعضی مردم بزد نیستند.*» برای اینکه به اعتبار این استدلال حکم کنیم، لزومی ندارد در این واقعیت که این استدلال با مردم و بزدان و دروغگویان سروکار دارد، دقت کنیم. ساخت استدلالی که گذشت، با ساخت استدلالی که می‌آید، همانندی دارد: «*بعضی از مشروبات سکراور نیستند. همهٔ عرقها سکراورند. پس بعضی مشروبات عرق نیستند.*» می‌توان این استدلالها را با صورت تهی (صورت محض)[۹۲] هم بیان داشت: «*بعضی الف‌ها، ب نیستند. همهٔ جیم‌ها، ب هستند. پس بعضی الف‌ها، ج نیستند.*» هدف ارسطو این بود که این قبیل صورتها را بشمارد و قواعدی وضع کند تا براساس آنها بتوان نسبت به اعتبار هر استدلالی، حکم کرد.

اعتبار استدلال، ضامن راستی نتیجهٔ استدلال نیست. راستی نتیجه را نمی‌توان استنتاج کرد، مگر آنکه راستی مقدمات استدلال شناخته شده باشد. منطق صوری تنها با اعتبار استدلال کار دارد، نه با راست بودن مقدمات آن. مقدمات، موضوع استدلال است و معمولاً از راه تجربی آزموده می‌شود. منطق صوری از این باب، وجه اشتراک زیادی با ریاضیات ناب دارد.

ارسطو به همهٔ جنبه‌های منطق نپرداخته است. شکلهای بسیاری از استدلال هست که او بدانها اعتنا نداشته است. بعضی از نظرهای او نادرست است. اما او با ایجاد روش تحقیقی که کار آن روش بررسی صورتهای انتزاعی است، گام بلندی برداشته است. به مدت ۲۰۰۰ سال منطق ارسطو همان طور که او برپا داشته بود، برجای خود ماند، و این بسیار به سود علم بود، زیرا اگر منطق مانند ریاضیات پیشرفت کرده بود، می‌بایست همان تاثیر سوء ریاضیات را برجای می‌گذاشت؛ با این تفاوت که منطق فایدهٔ عملی ریاضیات را ندارد. اما در یکصد سال گذشته، منطق گسترشی بسیار چشمگیر داشته و پیشرفتهای مهمی را در ریاضیات و فلسفه سبب شده است.

استنتاج یک صورت انتزاعی از میان چندین استدلال جزئی، نمایانگر روش استقرایی ارسطوست. افلاطون استدلالهای جزئی را بازتابهای جزئی و نامعتبر صورت استدلال مثالی می‌پنداشته است. همانند این اختلاف نظر در علوم سیاسی دیده می‌شود. افلاطون جمهوری خیالی خود را با استنتاج از اصول کلی ساخته و پرداخته است، اما ارسطو نگرش سیاسی خود را از راه تجزیه و تحلیل نظامهای سیاسی دولتهای موجود پرورانده است.

آتنیها به سال ۳۳۸ ق.م در ناحیهٔ خائرونیا[۹۳] از فیلیپ مقدونی شکست خوردند. شرایطی که بر آتنیها تحمیل شد، جز دریک مورد، ملایم بود. آتن در آغاز زیان مادی اندکی دید، اما ناگزیر شد رهبری فیلیپ را بریونان یکپارچه شده بپذیرد. برای شهری که خود در راه اتحاد یونان کوشش

92. empty form 93. Chaeroneia

بسیار کرده و به رهبری آن اتحاد خوگرفته بود، شرایط تحمیلی تحقیرآمیز می‌نمود. زیانهای مادی دیگری از پس آن شکست از راه رسید. ماجراجوییهای اسکندر در مشرق زمین، ذخایر آتن را به تاراج داد. حال و هوای آتن دگرگون شد. رونق آزاد کار و کوشش فکری، جای خود را به درونگرایی و احساس شکست داد. علم که در رویارویی با فلسفه‌های معارضه‌جو همهٔ توان خود را از دست داده بود، اکنون از هر جهت بی‌اهمیت به نظر می‌رسید. مردم از متفکرانی که دانش را ترویج می‌دادند، روی برگرداندند و در عوض در پی کسانی رفتند که در روزگار تیره و پر مشقت راه زندگی را به آنها نشان دهند یا نویدبخش آسودگی و راحتی خیالشان باشند. کارفیلسوفان این شده بود که به مردم چگونگی تحمل صبورانهٔ شرّ چاره‌ناپذیر را بیاموزند. حتی اکنون نیز هرگاه از تحمل «فیلسوفانه» مصایب سخن می‌گوییم، اشارهٔ ما به همین جنبه از فلسفه است.

زنون کیتیونی[۹۴] پایه‌گذار مکتب رواقی، رستگاری را در تعدیل آزادکامی می‌انگاشت به نظر او، خوشبختی در رهایی از بدبختی و تلاش در رسیدن به وضع دلخواه نیست، بلکه خوشبختی در خواستن وضع موجود است. زنون از مردم فنیقیه بود. در فلسفهٔ او روح کنش‌پذیر شرقی به چشم می‌خورد. رقیب اصلی زنون، اپیکوروس[۹۵] (اپیقور) بود و او لذت‌جویی موافق با عقل را توصیه می‌کرد. اپیکوروس به زندگی پس از مرگ اعتقاد نداشت و می‌گفت تا آنجا که ممکن است آدمی باید بهتر زندگی کند. جملهٔ «بخوریم، بنوشیم و خوش باشیم، چون فردا می‌میریم.» وصف مناسبی برای فلسفهٔ اپیکوروس نیست. او مبلغ لذتهای اصیل، همچون لذت دوستی بود. می‌گفت اگر لذت‌جویی همساز عقل باشد، باید به راه اعتدال رفت. کسی که پرخوری کند، به دل‌درد دچار می‌شود و اندکش تباه می‌گردد. اما فلسفهٔ کسانی چون خود اپیکوروس که لذت را در مهربانی و روابط دلپسند انسانی می‌دیدند، فلسفهٔ منحطی که بسیاری از مردم می‌پندارند، نبود.

مکتبهای رواقی و اپیکوروسی به عنوان دو فلسفهٔ عملی قرنها رواج داشتند. مکتب رواقی الهامبخش بسیاری از برجسته‌ترین شخصیتهای روزگار باستان قرار گرفت و در هموار ساختن راه مسیحیت تأثیر بسیار داشت. اما زنون و اپیکوروس بیشتر از این دید جالب توجه‌اند که نمونهٔ ممتاز فیلسوفانی به شمار می‌آیند که نه به اقتضای حقیقت، بلکه بنا به مقتضیات نظامهای اخلاقی خود، آرای علمی خویش را ابراز داشته‌اند. اپیکوروس نه به لحاظ مزایای علمی مکتب اتمی، بلکه از آن سبب که مادی‌گرایی آن مکتب محمل مناسبی برای عقاید او دربارهٔ انکار زندگی روحانی پس از مرگ بود، آن مکتب را پذیرفت. لوکرتیوس[۹۶] شاعر رومی از پیروان نامی اپیکوروس بود. او کوشش بسیار کرد تا در منظومهٔ *دربارهٔ طبیعت اشیاء*[۹۷] مکتب اتمی را معرفی کند.

نظریهٔ رواقیون دربارهٔ عالم، به برداشت کهن یونانیان از عنصر یکتا بازمی‌گشت. این عنصر بیشتر

94. Zeno of Citium 95. Epicurus 96. Lucretius 97. *De Renum Natura*

شباهتی به عنصر آتش هراکلیتوسی داشت، اما پدیدهٔ زندهٔ عاقلی بود که با خداوند همگوهر انگاشته می‌شد. برپایهٔ این عقیده، از تراکم پاره‌ای از این آتش نخستینی، آتش، خاک، هوا و آب مادّی، که همهٔ پدیده‌ها از آنها تشکیل شده‌اند، پدید آمده است. از این رو عالم نه تنها *به دست خدا*، بلکه *از خدا* ساخته شده است.[۹۸] بخشی از آتش خداوندی که کیفیت نخستینی خود را همچنان نگاه داشته، به منزلهٔ همان روحی است که بر سراسر عالم حکومت می‌کند. نَفَس آدمی جرقه‌ای از آتش الهی است. شعلهٔ آتش گهگاه زبانه می‌کشد و هرچه از آتش اصلی پدید آمده، باز به همان آتش نخستین تبدیل می‌شود. پس از هر شعله برکشیدنی، دوباره روند تراکم از سر گرفته می‌شود؛ عالم مادّی پیوسته نابود و از نو آفریده می‌شود. عالم مادّی در دوره‌ای که هستی دارد و با روحی که بر آن چیره است، به بهترین صورت ممکن نظام یافته است. از این رو انسان در سازگار کردن خود با آنچه هست، ارادهٔ خود را همان مشیّت خداوندی می‌داند و موافق با آن مشیّت عمل می‌کند. او در زندگانیش برای بازپیوستن به خداوند، که سرانجام در بازافروختن شعله‌ای دیگر صورت حقیقت می‌گیرد، تلاش می‌کند. چنین اعتقاداتی مردم را آماده می‌کرد تا از قاعده‌های زندگی رواقی پیروی کنند. برای علم جدید، ما باید به جای دیگر روی آوریم.

۷ کلیات

فلسفهٔ اتنی همواره بر تفکر تأثیر گذاشته است. اگر بخواهیم تأثیر این فلسفه را برعلم خلاصه کنیم، باید دوباره به تعارض اندیشه‌هایی که از اختلاف رأی افلاطون و ارسطو در باب کلیات سرچشمه گرفته است، بازگردیم. اختلاف رأی آن دو از عدم توافق برانیکه کلمات جگونه معنی می‌یابند نیست، بلکه اختلاف حاکی از تعارض بنیادی دو رهیافت فکری دربارهٔ جهان است که هنوز در مجموع میانشان آشتی برقرار نشده است.

هرکس که عبارت مشهور «خوک، براستی شایستهٔ نام خوک است» بر زبانش رانده شده، دانسته یا ندانسته افلاطونی مشرب بوده، هم به مثال مستقل و از پیش موجودی که نام «خوک» بر آن دلالت می‌کند اعتقاد داشته و هم آن مثال را دارای هستی تغییرناپذیر و ابدی می‌دانسته است. هرگاه حواس افلاطونی مشرب با موجودی متناسب با آن نام روبه‌رو شود، ذهن او نام آن موجود را به یاد می‌آورد. ظاهر حیوانات خاص باید و خُرخُرکن با مثال از پیش بوده‌شان همانندی دارد. خوکها، کمال خوکی خوک مثالی را دارا نیستند، اما به خوک مثالی شباهت دارند. واژه‌ای که مدلول

۹۸. همگوهری خدا و جهان را وحدت وجود (همه خدا انگاری) pantheism می‌نامند.

آن مستقلاً و عقلاً از پیش معلوم بوده باشد، کاربرد متناسب خود را نیز خواهد یافت.

اما از دیدگاه ارسطویی، واژه در صورتی دارای معنا خواهد بود که مشاهده نیاز به آن معنا را نشان داده باشد. ما پدیده‌هایی را می‌بینیم که وجوه اشتراکشان نمایانتر از وجوه اختلاف آنهاست. بنابراین، با نظم بخشیدن به وجوه اشتراک پدیده‌ها، مفاهیمی چون صنف[99] یا نوع[100] تشکیل می‌شود. آسانتر این است که برای هر نوع، نامی وجود داشته باشد. درغیر این صورت، ناگزیریم برای ادای مقصود خصوصیات مشترکی که در میان اعضاء هر رده دیده می‌شود، با مشقتی جانکاه برشماریم. به همین منظور است که واژهٔ «خوک» را به کار می‌بریم.

هرکس از نظریهٔ افلاطونی پیروی کند، احتمالاً به امور پیشینی[101] قایل خواهد بود و سعی خواهد داشت جهان را بر طرح عقلی از پیش بوده‌ای منطبق سازد. هرکس از نظریهٔ ارسطویی پیروی کند، تجربه‌گرا[102] به بار می‌آید و می‌کوشد ساخت فکری خود را با آنچه درعالم می‌بیند، سازگار سازد. این روزها فرض مسلّم ما این است که دانشمند طبیعی باید تجربه‌گرا باشد. اما در روش علمی، پیروزی نهایی تجربه‌گرایی بر پیشینی بودن امور سریع و آسان به دست نیامده است.

99. class 100. species 101. a priori 102. empiricist

فصل سوم

حوزهٔ علمی اسکندریه

۱ شهر اسکندریه کتابخانهٔ اسکندریه دانشمندان اسکندرانی

دوسال پس از شکست خاشرونیا، اسکندر فرمانروای سراسر یونان شد. چندسال نگذشت که او تمامی امپراتوری ایران، کشور مصر و بخشی از هندوستان را گشود. به هنگام اقامت درمصر، شهر اسکندریه را بنانهاد و آن را با جماعتهایی از مردم یونانی، مصری و یهودی انباشت. اسکندریه، زیباترین شهر جهان و پایتخت جدید اسکندر شد. او محلی را برای بنای شهربرگزید و یکی از معماران یونانی را برکار بنای آن گماشت. اما اسکندر برسر راه بازگشت از شرق، به سال ۳۲۳ ق م در بابل از دنیا رفت و عمرش وفا نکرد تا پایان کار بنای اسکندریه را به چشم خود ببیند. پس از مرگ او، امپراتوریش در میان سه تن از سرداران سپاهش تقسیم شد. بطالیوس ملقب به سُوتِر که در اسکندریه بود، فرمانروای مصر شد. از میان آن سه سردار، سرنوشت ما تنها با بطالیوس است.

عمر کوتاه اسکندر بر زندگی فکری یونانی تاثیر ژرفی برجای گذاشت، و از جمله، بازماندهٔ دورهٔ رونق و بساط برتری‌جویی آتنی را برچید. بیشتر مردان توانایی که در اوضاع و احوال دیگر می‌بایست برای برپای داشتن سنت آتنی در یونان می‌ماندند، اسکندر را برآورندهٔ آرزوها و سوداهای خویش دیدند. پس همسفر او شدند، دوشادوش او جنگیدند، یا در اردوگاههایی که او در بیرون از یونان و درشهرهای گشوده شده برپا می‌داشت، گرد آمدند. اسکندریهٔ شکوهمند با هدف برقراری ارتباط میان شرق و غرب و با هدف سوق‌الجیشی (استراتژیك) و بازرگانی بناشده بود. بازرگانی اسکندریه به قیمت از میان رفتن تجارت آتن رونق گرفت؛ زیانهای مالی، کمبود نیروی انسانی، کسادی کسب و کار و از آن گذشته، خوارشماری فیلیپ مقدونی، تفکر آتنی را از جستجوی بیغرضانهٔ معرفت منحرف ساخت. فلسفه به تریاقی تبدیل شد که کاربرد آن یاری دادن به مردم در تحمّل فلاکت و بیچارگی خود بود. ولی علم گرچه چندگاهی دچار تعطیل شد، بیش از آنچه در کوتاه مدت و مستقیماً از دست داده بود، در بلندمدت و غیرمستقیم به دست آورد. لشکرکشیهای اسکندر، بطالیوس را بر مسند قدرت مصر نشانید. بطالیوس سلسلهٔ بطالیوسیان (بطالسه) را تشکیل داد که

تا ضمیمه شدن مصر به امپراتوری روم، برآنجا حکومت کرد. آخرین کس از سلسلهٔ او کلئوپاترا بود که جز فرهنگ به بسیاری چیزهای دیگر هم دلبستگی داشت. اما بطالمیوسیان نخستین در راه معرفت و بویژه علم کوشش بسیار کرده‌اند.

اسکندر به فلسفه یا علم رغبت چندانی نداشت، اما به فرهنگ یونانی ــ که البته عمق آن را هم نمی‌فهمید ــ تا اندازه‌ای احترام می‌گذاشت. به عنوان رهبر سیاسی یونان، نسبت به پشتیبانی و گسترش تمدن یونانی احساس مسئولیت می‌کرد. برای مثال، این حس او از به همراه بردن عده‌ای از اهل علم که استفادهٔ نظامی نداشتند، اما همراه اردو می‌شدند و برای ارسطو اطلاعات گرد می‌آوردند، پیداست. از این رو، کوششهای مربیان ممتاز او سراسر برباد نرفت و او نیز تنها کسی نبود که در دربار مقدونی از ارسطو و منائخموس تأثیر پذیرفت. بویژه علاقهٔ عمیق بطلمیوس را به علم و ادب آن دوبرانگیختند.

بطلمیوس پس از آسودگی از تحکیم فرمانروایی خود، برآن شد تا اسکندریه را به مرکز نوین دانش یونانی تبدیل کند. پس کتابخانهٔ عظیمی بنانهاد و پسرش بطلمیوس ملقب به فیلادلفوس آن قدر آن را گسترش داد که در شمار یکی از شگفتیهای جهان باستان درآمد. پولهای هنگفتی صرف کتابخانه شد. خریداران کتاب به گوشه و کنار جهان گسیل شدند و نسخه‌برداران بیشماری به استخدام درآمدند. کتابخانهٔ اسکندریه همهٔ شرایط موزه یا پرستشگاه خدایان علم و هنر را دربرداشت. کتابخانهٔ اسکندریه، نه موزه به معنای امروزی کلمه، بلکه نخستین دانشگاه جهان بود و از اتاقهای سخنرانی، تجهیزات اخترشناسی، تالارهای کالبدشکافی و باغهای جانورشناسی و گیاه‌شناسی تشکیل شده بود. و چهاربخش ادبیات، ریاضیات، اخترشناسی و پزشکی داشت. بخش پزشکی، همان گونه که از آن پس متداول شد، شامل بخش تاریخ طبیعی هم بود. گماشتن و برکنارکردن اعضای کتابخانه جزو اختیارات دربار بود. هرکس که درآن کتابخانه منصبی می‌یافت، از امکانات آموزش و پژوهش و زندگی مرفه برخوردار می‌شد. خود بطلمیوسیان در میهمانیهای آزاد، که در آن زمان از سنتهای زندگی دانشگاهی بود، حضور می‌یافتند و در گفتگوهایی که متخصصان رشته‌های گوناگون را با کارهای یکدیگر آشنا می‌کرده شرکت می‌کردند. شایسته‌ترین مردان آن روزگار به کتابخانه جذب شدند و اینان، متفکران و ادیبان یونانی بودند که در اوضاع و احوالی دیگر شایددر آتن گردهم می‌آمدند. برجسته‌ترین مردم اهل علم در مقام استاد، دانش‌پژوه یا طرف مکاتبه، قرنها با کتابخانه در ارتباط بودند. می‌توان این دسته از مردم را اسکندرانی نامید، همان طور که امروز فارغ‌التحصیلان آکسفرد و هاروارد را آکسفردی و هاروارادی می‌خوانند. گرچه کتابخانهٔ اسکندریه بیشتر جوّی یونانی داشت، اما مقر آن شهری با جمعیتهای آمیخته بود و این خود امکان تماس با فرهنگهای غیریونانی و بویژه با فرهنگ عبرانی را فراهم می‌ساخت. نخستین انتصاب درکتابخانهٔ اسکندریه، سنجیده و حساب شده بود. ریاست افتخاری کتابخانه را درآغاز به یک

غیریونانی بخشیدند. او نماینده‌ای از سلسلهٔ باستانی مصر بود و آن انتصاب بدان سبب صورت گرفت که احساس مذهبی ریشه‌دار مصری از ورود شکاکیت علمی یونانی آزرده نشود.

تا ۲۰۰ سال پس از تشکیل کتابخانهٔ اسکندریه ــ از حوالی ۳۰۰ تا ۱۰۰ ق‌م ــ علم یونانی با توان ودرخشندگی تابناک خود شکفت و آن دوره سه اخترشناس وسه ریاضیدان تراز اول را دردامان خود پرورانید. براستی یکی از آن ریاضیدانان همتا ندارد، و تا سده‌های شانزدهم و هفدهم کاری که در عرصهٔ اخترشناسی و ریاضیات با کار ایشان همتراز باشد، بافت نمی‌شود. پیشرفت زیست‌شناسی و پزشکی هرچند کم تأثیر، اما قابل توجه بود.

پیش از آنکه به بررسی کارهایی که در این دو سده صورت گرفت بپردازیم، باید به فضای فکری که این کارها در پناه آن به ثمررسید توجه کنیم. روشن است مردان با قریحه‌ای که از همهٔ امکانات کتابخانه برخوردار می‌شدند، به ندرت ممکن بود کارهای بی‌ارزشی عرضه دارند. براستی در ۲۰۰ سال نخست تاریخ کتابخانه، نابغه‌های بزرگی از میان دانشمندان آن کتابخانه برخاستند. اما چرا بیشتر دانشمندان آن دوره تواناییهای خود را در یک راه بخصوص به کار می‌گرفتند؟ چرا مردانی که می‌توانستند استعدادهایشان را در راه فلسفه یا ادبیات به کار برند، همگی به اخترشناسی و ریاضیات روی آوردند؟

باید کمی به عقب بازگردیم و مقایسه‌هایی را که سوفسطاییان آتنی میان نظامهای طبیعی به عمل می‌آوردند و توجه همگان را به نارساییهای روشهای نظری در آن ایام جلب می‌نمودند، به یاد آوریم. پیداست که جز روش نظری، روشهای دیگری هم در کاوش علم به کار می‌رفت، اما نفوذ عمیق سقراط و افلاطون به مخالفت با این گونه روشها دامن می‌زد و روش نظری را، به زیان علم، حفظ می‌کرد. ارسطو در زیست‌شناسی، سیاست و منطق روش نوی را به جا گذاشت و از راه مشاهده، مقایسه و رده‌بندی به حل برخی از مسائل خاص پرداخت. با روش کاری منظم، دانش مطمئنی در زمینه‌های محدود فراچنگ آورد، اما در اخترشناسی و فیزیک، که موافق طبع او نبود از همان روشهای مرسوم پیروی کرد. هنوز آنها می‌پنداشتند تنها باید با «تعقل و تفکر روحی» در آن موضوعها به بررسی پردازند. آنها که از این راه رفتند، توفیقی به دست نیاوردند.

پایه‌گذاران کتابخانهٔ اسکندریه از ارسطو الهام یافته بودند. آثار ارسطو را در اسکندریه می‌خواندند و می‌ستودند. روشهای نوین او که معروفیت تمام یافته بود، در شهری به کار گرفته می‌شد که هیچ منع فلسفی بر سر راه خود نداشت تا کاربرد آن روشها را در علوم کهتر ناستوده بداند. این نکته در خور اهمیت است که کتابخانهٔ اسکندریه بخش فلسفه نداشته است. با جنگهای اسکندر، علم از آتن ریشه‌کن شد، اما در جایی از نو ریشه کرد که آئین‌نامهٔ افلاطونی مُجری نبود تا به دانشمندان تکلیف کند «اجرام آسمانی را به حال خود واگذارند» یا آنها را از پژوهش در مقاطع مخروطی بازدارد. از آن پس اخترشناسی به ساده‌ترین پدیده‌های طبیعی پرداخت و از این رو بهترین موقعیتها را برای

پیشرفت علم فراهم آورد. پس از آنکه اختراع اسی از قید فلسفه رها شد، بیدرنگ هوشمندترین مردم آن عصر در این موضوع پرکشش به پژوهش پرداختند و تباری از اخترشناسان پدید آمد که هیچ گاه عمر خود را با ساختن دنیاهای خیالی تباه نکردند. همان گونه که ارسطو گیاهان و جانوران را آزمایش کرده بود، آنها به بررسی دقیق بخشهای مختلف آسمان پرداختند. به کمک برنامهٔ مشاهدهٔ منظم، مسائل را نظم و ترتیب دادند و به حل دقیق آنها همت گماردند. نیروی تخیل خود را در راه ابداع روشها به کار بردند، اما به سبک پیشینیان نظریه‌پرداز خود «واقعیتها» را جعل نکردند. پای‌بندی به بررسی دقیق جهان، بر این خیال خام که یک تنه بتوان با چشم بسته و با فکر محدود خود همه چیز را دریافت، خط باطل کشید.

شکوفایی ریاضیات به پیشرفت اخترشناسی بستگی داشت. کسانی که ریاضیات موردنیاز اخترشناسی را پدید آوردند، تنها به این کار بسنده نکردند و از آن حد فراتر رفتند، زیرا که آن کار در آنها شور و شوق برمی‌انگیخت. اما متوجه این نکته بودند که نگذارند ریاضیات پا از گلیم خود فراتر نهد. آنها می‌دانستند ریاضیات بتنهایی باعث شناخت طبیعت نمی‌شود و در عین حال قدر ریاضیات را به عنوان ابزار پی بردن به نتایج ضمنی و ظریف اموری که از راه تجربه کشف کرده بودند، می‌دانستند و دیده بودند که ریاضیات می‌تواند در گسترش نتایج حاصل از مشاهده مددکارشان باشد. اما وقتی دامنهٔ کار از مرز احتیاج فراتر رفت، آنها احتمالاً حدس زدند که کارشان درآینده فایدهٔ علمی خواهد داشت. بیشتر احتمال می‌رود که آنها ریاضیات را به سان هنرهای ظریفی که هدف آنها مناسبتر ساختن زندگی است، دنبال کرده باشند. این طرز نگاه فروتنانه به ریاضیات، نمونهٔ بینش معتدلی بود که بر کتابخانهٔ اسکندریه حاکم بود. اسکندرانیها با نگرش خود دریافته بودند که مسائل علم بیشمار است و تنها با کار صبورانهٔ نسلها می‌توان راه حل آن مسائل را یافت. اسکندرانیهای بزرگ نوعی حس تناسب را کسب کرده بودند؛ حسی که پیشینیانشان نداشتند و جانشینانشان نیز اغلب ازدست دادند.

انتظار می‌رفت که از شکاکیت سوفسطایی نتیجهٔ خوبی ــ یا به عبارت بهتر، به طور کلی رهیافت تازه‌ای به علم ــ حاصل شود، اما محافظه‌کاری فیلسوفان در آتن آن انتظار را برباد داد، ولی سرانجام در اسکندریه، شهری که تأثیرات آتنی موافق، محیط را مساعد ساخته و آرای مخالف هم ریشه نکرده بود، آن انتظار برآورده شد. نکتهٔ مهم این است که اسکندر به‌وقت به دنیا آمد. اگر چند سال زودتر اندیشیده شده بود، شاید افلاطون را به استادی او برمی‌گزیدند؛ و اگر چند سال دیرتر، اپیکوروس یا زنون را. در هر دو حال، کتابخانهٔ اسکندریه روح کاملاً متفاوتی از آنچه داشت، می‌یافت. تا پیش از سلوکیها در این نقطهٔ حساس تاریخ علم بسیار مساعد بود، و بعدها زیانبار شد.

از اسکندریه آثار بسیاری به اصل یونانی یا به ترجمه‌های عربی و لاتینی برجای مانده است. در باب آثار از دست رفته هم اطلاعات زیادی توسط مفسران متأخر اسکندرانی به ما رسیده است، با

این حال اطلاع ما از نویسندگان آن آثار اندک است. زندگانی و شخصیت مردان بزرگ همیشه کمتر از کشفیات آنها شناخته شده است. بیشتر آثار دانشمندان اسکندرانی فنی‌تر از آن است که در اینجا به تفصیل بررسی شود. ما تنها به نتایجی خواهیم پرداخت و از اندیشه‌هایی سخن خواهیم گفت که بیشترین تأثیر را در تفکر پس از خود برجای گذاشته‌اند.

۲ اقلیدس کتاب اصول اقلیدس قضایای اقلیدسی اقلیدس و نورشناسی

اقلیدس نخستین رئیس بخش ریاضیات کتابخانه بود. او میان سالهای ۳۳۰ تا ۲۷۵ ق‌م می‌زیست و از حوالی سال ۳۰۰ ق‌م در اسکندریه اقامت داشت. از زندگی و شخصیت او آگاهی زیادی نداریم. احتمال می‌دهند تبار فنیقی داشته است. او در آتن و احتمالاً در آکادمی افلاطون تحصیل کرده و یکی از مردان بزرگ روزگار خود بود. و بویژه شایستگی مقامی را که برعهدهٔ او گذاشته بودند، داشت. هرچند اقلیدس را اصیلترین ریاضیدان یونانی به شمار نمی‌آورند، اما او آموزگاری الهامبخش بود و از ریاضیات عصر خویش دانشی گسترده داشت. از راه اقلیدس، بهترین میراثهای ریاضی گذشته به اسکندریه انتقال یافت. اقلیدس کوشش بسیار کرد تا بنیاد استواری نهاده شد و برپایهٔ آن کاخی بلند برآمد.

مهمترین اثر او، کتاب *اصول* است. این کتاب یکی از مؤثرترین کتابهایی است که تاکنون نوشته شده است. اقلیدس در این کتاب اطلاعات متداولی درباب هندسهٔ یونانی، دایره، خط راست و آنچه در زمان وی نظریهٔ اعداد می‌دانستند، آورده است. از مباحث دیگر کتاب، هندسهٔ فضایی صفحه، کره و شکلهای فضایی منتظم است. مطالب کتاب *اصول* بیشتر همان مباحثی است که ریاضیدانان گذشتهٔ یونانی چون فیثاغورس، ائودوکسوس و بقراط خیوسی مطرح کرده‌اند. سهم خود اقلیدس در این کتاب، بیشتر در استعداد او در سازمان بخشیدن و تنظیم منطقی کتاب است. او قضیه‌ها را در نظام قیاسی گسترده‌ای درکنار هم قرار داده، زمینه‌های خالی را پر کرده و هرجا لازم بوده برهان آورده است. او از شمارهٔ قضایای اثبات ناشده‌ای که بقیهٔ قضایا تابع آنهاست، بسیار کاست. اقلیدس برای اثبات قضایا ضابطه‌های تازه و دقیق، که در مواردی ظریف هم هست، گذارده است. شیوهٔ بیان او را حتی نیوتون، پس از ۲۰۰۰ سال مردود نشمرد. از جهت روش، او خدمت شایانی به پیشرفت ریاضیات کرد، هرچند مباحثی که عرضه داشته همه از آن خود او نبود. حتی این کتاب *اصول* تنها منحصر به این نکات نیست. *اصول* اقلیدس کتاب مرجعی بود که بیشتر دستاوردهای مهم ریاضیدانان را تا زمان تالیف دربر داشت. در دانشگاهها که همواره کار پژوهش و اکتشاف متداول بود، از کتاب *اصول* به نحوی گسترده استفاده می‌شد. حتی تا اواخر سدهٔ نوزدهم

کتاب در تمامی مدارس و دانشگاهها بود، گو اینکه برای نوآموزان استفاده از این کتاب بسیار دشوار است.

با نگاهی جدید کاستیهای *اصول* اقلیدس آشکار شده است. در این کتاب فرضهایی هست که بروشنی بیان نشده‌اند. بیشتر مطالب کتاب آن اهمیتی را که در زمان نگارش داشته‌اند، از دست داده‌اند. مطالبی که امروزه در نظر ما مهم هستند، در کتاب طرح نشده‌اند. نتیجهٔ قضایا در کتاب با برهانهای قیاسی آمده است، اما به تجزیه و تحلیلی که نتایج و برهانها از راه آنها به دست آمده، هیچ اشاره‌ای نشده است. در مقام دفاع از اقلیدس می‌توان گفت شاید او در نظر داشته شاگردانش تنها به عنوان مکمل تقریرات درسیش از کتاب *اصول* استفاده کنند. در واقع او کتاب دیگری نگاشته که روش‌ها و تحلیل قضایا در آن بحث شده است. اقلیدس از افلاطون متاثر بود، اما مرعوب او نبود. او با این عقیدهٔ افلاطون که ارزش ریاضیات برای خود ریاضیات است، مطمئناً موافق نبود، اما هیچ نشانه‌ای در دست نیست که مخالفت اقلیدس را با کاربرد عملی ریاضیات نشان دهد. او در کتاب *اصول* این عقیدهٔ افلاطون درباب مجاز نبودن ابزارهای هندسی ــ جز خط‌کش و پرگار ــ پیروی کرده است. شاید این عمل اقلیدس از فطرت هنرمندانهٔ او در ایجاز و در کاربرد ابزارها سرچشمه گرفته باشد. او کتاب جداگانه‌ای هم دربارهٔ مقاطع مخروطی تالیف کرده است و این نشان می‌دهد اقلیدس برخلاف افلاطون، به دلیل تعصبی که در مخالفت با منحنیهای «مکانیکی» وجود داشته، پیشرفت ریاضیات را سد نکرده است.

تنها کتابی که برای ۲۰۰۰ سال در پیشرفت ریاضیات نقشی فعال داشته و نزد کسانی که به ریاضیات علاقه‌مند هستند هرگز ارزش خود را به عنوان اثر کلاسیک از دست نداده است، براستی شاهکاری شگفت‌آور است. بسیاری از ریاضیدانان برجسته، نخستین گرایش خود را به ریاضیات، به کتاب *اصول* اقلیدس نسبت دهند. کسانی که تاریخ ریاضیات را خوانده‌اند، بارها به این جمله برخورده‌اند: «نسخه‌ای از کتاب اقلیدس به دستش رسید و بیدرنگ مفتون برهانهای روشن و استوار آن شد.»

در *اصول* اقلیدس، مطالب بسیاری هست که از لحاظ منطقی جالب است. یکی از روشهای مورد علاقهٔ اقلیدس، برهان خلف[1] است: «*اگر الف دروغ باشد، پس ب راست است. اما ب دروغ است، پس الف راست است.*» گاهی این برهان پیرایه‌هایی نیز دارد، مثلاً در قضیهٔ ۱۹ کتاب اول اقلیدس، برهانی از این قرار آمده است: «*الف و ب و ج دروغ نیستند، اما ب مستلزم د است که د دروغ است؛ و ج مستلزم ی است که ی هم دروغ است؛ بنابراین الف دروغ است.*»[2] روایت

1. reductio ad absurdum

۲. به یاد داشته باشیم که واژه‌های «راست» و «دروغ» را در اینجا به «مطابقت با اصول موضوع» و «مغایرت با اصول موضوع» تعبیر کنیم.

دیگر این برهان به این شرح است: «*اگر الف دروغ است، پس ب و ج باید راست باشند. اما ب و ج متعارضند، پس الف راست است.*» می‌توان از نوع استفادهٔ اقلیدس از این روش برای حل یکی از مسائل مشکل حساب، نسبت به توانایی او داوری کرد. راه حل اقلیدس بسیار مشهور است، اما با وصف این، آن را در اینجا تکرار می‌کنیم. این راه حل یکی از عالیترین مبحثهای ریاضیات است که فهم آن هیچ نیازی به دانش فنی ریاضی ندارد.

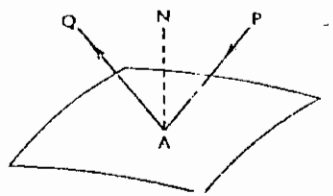
عددی که جز برخود و بریک، بر اعداد دیگر تقسیم‌پذیر باشد، عدد مرکب[3] است. عددی که مرکب نباشد، عدد اول[4] است. هرعدد مرکبی حاصل ضرب چند عدد اول است. مثلاً: ۱۱×۵×۳=۱۶۵ و ۷×۷×۷=۳۴۷. بنابراین هرعدد مرکبی حداقل عدد اول تقسیم‌پذیر است. اگر مسئلهٔ اعداد را دنبال کنیم و اعداد اول را حذف کنیم، همان طور که پیش می‌رویم خواهیم دید از شمارهٔ نسبی اعداد اول کاسته می‌شود. اگر حوصله کنیم و باز هم پیشتر رویم، به جایی خواهیم رسید که در میان اعداد متوالی بسیار، حتی یک عدد اول هم وجود ندارد. آیا ممکن است به جایی برسیم که هیچ عدد اولی نباشد؛ یا چنین نیست و شمارهٔ اعداد اول نامحدود است؟ روشن است که از راه تجربه نمی‌توان به این پرسش پاسخ داد. اما اقلیدس به طرز ظریفی ثابت کرده شمارهٔ اعداد اول نامحدود است.

فرض کنید اعداد اول نامحدود نباشند و N بزرگترین عدد اول باشد. حال تصور کنید که K به اندازهٔ یکی از حاصل ضرب تمام اعداد اول بزرگتر باشد. بنابراین K=(N!+۱)(۲×۳×۵×۷×۱۱×۰۰۰×N). امتحان کنیم و K را براعداد اول دلخواه P تقسیم کنیم. روشن است که P بر اعداد داخل کمان تقسیم می‌شود، چون P (که عدد اول است) از اعداد تشکیل دهندهٔ داخل کمان است. پس وقتی K را بر P تقسیم می‌کنیم، باید عدد ۱ اضافه بماند. پس K عدد اول است، چون برهیچ عدد اولی تقسیم‌پذیر نیست. اما K از N بزرگتر است. پس K عدد مرکب است، چون N بزرگترین عدد اول است. از آنجا که فرض محدودبودن اعداد اول به نتیجهٔ متناقض «K عدد اول است» و «K عدد مرکب است» می‌انجامد، پس فرض ما دروغ است و شمارهٔ اعداد اول نامحدود است.

این روش استدلال، نشانه‌ای از تواناییهای هنرمندی چیره‌دست است؛ توانایی برخورد ظریف و همراه با اطمینان به موضوع؛ داشتن اعتماد کامل به گزینش شیوهٔ کار خود؛ داشتن نیروی شگرف در استنتاج هرچه بیشتر از مواد و مطالبی که در اختیار اوست. این روش، نشانه‌ای از ذهن ممتاز است. هرکه حس تشخیص داشته باشد، این روش را درک می‌کند. این روش هیچ کاربرد دیگری ندارد.

3. composite number 4. prime number

اقلیدس در اخترشناسی و موسیقی هم تالیفاتی داشته، اما از محتوای آن تالیفات اطلاعی در دست نیست. درباب نورشناسی[5] هم اثری نگاشته، اما این اثر او تعریف چندانی ندارد. با این فرضیه‌اش که نور را به شاخکهای حسی تشبیه می‌کند که از چشم بیننده برون می‌تابد و اشیاء را فرامی‌گیرد تا دیده شوند، کامیابی زیادی به دست نیاورد. او قانونهای بازتاب را می‌شناخت. فرض کنید پرتو نوری در نقطهٔ A از یك سطح مستوی یا منحنی بازتاب می‌یابد (شکل ۸). فرض کنید AN برنقطهٔ A عمود باشد و PA و AQ هم پرتوهای نور تافته و بازتافته باشند. بنابراین:



شکل ۸

(الف) NA و PA و AQ همه در یك سطح هستند.

(ب) زاویه‌هایی که PA و AQ با AN تشکیل داده‌اند، با هم برابر است. توجه اصلی اقلیدس در نورشناسی بیشتر به بررسی نتایج این قانون بود. به عبارت دیگر، پیش‌بینی رفتار پرتوهای نوری که از جسمی به جسم دیگر تابانده می‌شوند. اما هنگامی که به این قانون می‌پردند، آن را مسئلهٔ هندسی محض تلقی کردند و از نظر فیزیکی توجهی نسبت به آن نشان ندادند.

۳ آریستارخوس محاسبهٔ فاصله‌ها و اندازه‌های خورشید و ماه حرکت زمین
اراتستنس اندازه‌گیری محیط دایرهٔ زمین تقویمهای یولیانی و گرگوری

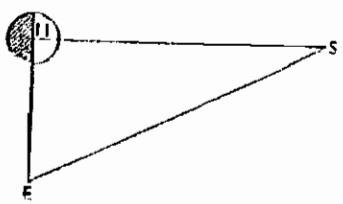
آریستارخوس (ارتبطرخس) سیاموسی[6] حدود سال ۳۱۰ ق‌م زاده شد. او تنها در معنای وسیع کلمه از دانشمندان اسکندرانی به‌شمار می‌آید. بدون تردید آریستارخوس نخستین اخترشناس مهم دورهٔ اسکندرانی بود و اکتشافات او بیشتر در اسکندریه شهرت یافت. عصر پیشرفت اخترشناسی، که هم اینك موردنظر ماست، با او آغاز می‌شود. نزد یکی از شاگردان ارسطو تعلیم دید و همانند اخترشناسان بزرگ مکتب اسکندرانی روحی آزاد داشت. کارهای اخترشناسان آن مکتب ادامهٔ مستقیم کارهای اوست و نمی‌توان آنها را جدا از هم بررسی کرد. با این حال، او هرگز در اسکندریه

5. optics 6. Aristarchus of Samos

اقامت نداشت و هیچ سابقه‌ای هم نشان نمی‌دهد که حتی از اسکندریه دیدار کرده باشد. می‌توان آریستارخوس را بزرگترین اخترشناس عصر باستان به حساب آورد. دیدگاههای کیهانشناختی[7] او بدون شك از نظریات هر اخترشناس دیگری در روزگار باستان پیشرفته‌تر بوده است. نگرش آریستارخوس برپایهٔ مشاهدهٔ همراه با تخیّل جسورانه استوار است، نه برپنیاد پیشداوریهای اخلاقی یا زیبایی شناخت.

می‌دانیم که اسکندرانیها در عرصهٔ فکری از حس تناسب و تعادل برخوردار بودند و نمی‌گذاشتند نفوذ ریاضیات و فلسفهٔ نظری بدون جهت از قلمرو خاص خود تجاوز کند. آنها ماهیت و بردکار دانشمند را می‌شناختند. آریستارخوس توجه دانشمندان اسکندرانی را به تناسبهایی از نوع دیگر جلب کرد و این تناسبها، همانا تناسبهای هندسی جهان بود. گوشهٔ چشمی که به این تناسبها داشتند، تا اندازه‌ای در تحکیم بینش متوازن آنها در سایر زمینه‌ها تاثیر گذاشت.

آریستارخوس کار خود را در کتابی که پیرامون اندازه‌ها و فاصله‌های خورشید و ماه است، بیان داشته است. او تبیین اناکساگوراس از اهلهٔ ماه را پذیرفته و نظریهٔ خود را بر آن اساس آغاز کرده است. در شکل ۹، نقطه‌های E و M و S نشانه‌های زمین، ماه و خورشیدند. وقتی ماه درست به حالت تربیع برسد، شکل MES، مثلث قائم‌الزاویه است. آریستارخوس دریافت برای اینکه شکل مثلث MES را تعیین کند، فقط به محاسبهٔ زاویه MES موقع تربیع ماه نیاز دارد. او زاویهٔ MES را ۸۷٪ زاویهٔ قائمه، یعنی ۸۷° تخمین زد. آریستارخوس هیچ اطلاعی از مثلثات نداشت، اما با برهان هندسی استادانه‌ای ضلع ES را حدود ۱۸ تا ۲۰ برابر EM محاسبه کرد. با آنکه اعدادی که به دست آورد اشتباه بود، اما روش درستی را به کارگرفته بود. در واقع زاویهٔ MES نزدیك به ۸۹°۵۱′ است. خطای نسبتاً کوچك ۲°۵۱′ در محاسبه، اختلاف فاحشی در نسبت ES به EM به بار آورد. این نسبت برابر با ۴۰۰ بر یك است.



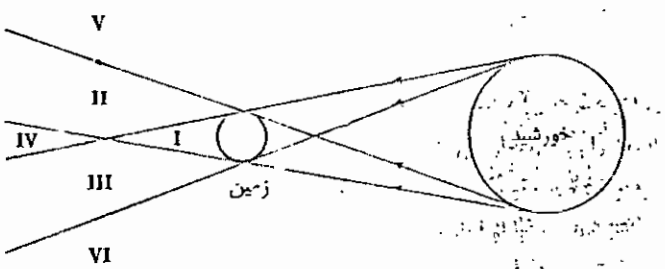
شکل ۹

خطای آریستارخوس توجیه ساده‌ای دارد: او برای اندازه‌گیری زاویه، ابزار دقیقی در اختیار نداشت و نمی‌توانست لحظهٔ تربیع ماه را بدقت پیداکند. اما نتیجهٔ کار او اگرنه از لحاظ کمّی، بلکه از جهت کیفی بسیار ارزشمند بود. این نتیجه نشان داد که فاصلهٔ خورشید تا زمین به‌مراتب بیشتر از

7. cosmological

فاصلهٔ ماه تا زمین است. او همچنین اشکار ساخت که خورشید بزرگتر از ماه است، زیرا به رغم فاصله‌ای که خورشید و ماه با زمین دارند، تقریباً هم اندازه به نظر می‌رسند. به حساب آریستارخوس، قطر خورشید نزدیک به ۲۰ برابر قطره ماه است. اما در واقع قطر خورشید نزدیک به ۴۰۰ برابر قطر ماه است.

آریستارخوس اندازه‌های خورشید را با هم سنجید و از مه گرفت (خسوف) برای این منظور استفاده کرد. شکل ۱۰ نشان می‌دهد چگونه زمین در این حالت مانعی بر سر راه نور خورشید است. به منطقهٔ ۱ نور اصلاً نمی‌تابد، به منطقهٔ ۲ و ۳ و ۴ نور کمی می‌تابد و منطقهٔ ۵ و ۶ روشن است.



شکل ۱۰

منطقهٔ ۱ که مخروط کامل و در تاریکی است، سایه[8]؛ و منطقه‌های ۲ و ۳ و ۴ نیمسایه[9] نام دارند. اگر ماه تماماً در سایه قرار گیرد، دچار گرفت کامل می‌شود. زیرا به سبب دوری فاصلهٔ خورشید، پرتوهایی که از بخشهای مختلف آن می‌تابد، تقریباً موازی هم است. از این‌رو، سایه به اهستگی بسیار برطرف می‌شود و سایه‌ای که در خلال گرفت از زمین برماه می‌افتد، قطری نزدیک به قطر زمین دارد. آریستارخوس با سنجش شعاع ظاهری قرص ماه با سایهٔ زمین، قطر ماه را نصف قطر زمین تخمین زد. البته قطر ماه نزدیک به ۱/۴ قطر زمین است. روش محاسبهٔ او در این مورد هم درست بود، اما شیوهٔ کاربرد دقیق این روش را نمی‌دانست. او دریافت گرچه ماه کوچکتر از زمین است، اما بمراتب بزرگتر از آن است که پیشینیان او تصور کرده بودند. آریستارخوس همچنین دریافت که خورشید از زمین بسیار بزرگتر است.

آناکساگوراس گفته بود خورشید به بزرگی جزیرهٔ پلوپونسوس است، والبته گمان می‌کردند که در بزرگی اندازهٔ خورشید مبالغه کرده است. از این رو، کشف اخیر آریستارخوس براستی مهم بود. این کشف برای نخستین بار ناچیزی زمین را از دیدگاه اخترشناسی آشکار ساخت. تصور اینکه به جای آنکه خورشید به دور زمین ثابت بگردد، زمین به گرد خورشید ثابت بچرخد، طبعاً می‌توانست به ذهنی

8. umbra 9. penumbra

راه یابد که از اندازه‌های نسبی خورشید و زمین تصوری داشت. به گفتهٔ ارشمیدس، آریستارخوس بواقع براین باور بود که خورشید نسبت به اختران ثابت، ساکن نیست و زمین در مداری دایره‌شکل به دور آن می‌چرخد. احتمالاً چنین نظری با مخالفت مردم عادی متعصب و معتقد به انسان‌مرکزی[10] رو به‌رو بوده است. اما ایراد علمی جدی برنظر آریستارخوس این بود که اگر زمین حرکت می‌کند، پس جای ستارگان هم باید به نسبت یکدیگر تغییر کند، مانند چیزهای ثابتی که از درون کشتی در حال حرکت دیده می‌شوند. اما وقتی کشتی از آن چیزها بسیار دور باشد، حرکت کشتی در مقایسه با فاصلهٔ آن اجسام از کشتی، ناچیز است و بنابراین، تغییر وضعهای نسبی از دیده پنهان می‌مانند. پاسخ درست ایراد این است که فاصله‌های اخترهای ثابت باید آن قدر زیاد باشد که در مقام مقایسه، قطر مدار زمین ناچیز بنماید. و به قول ارشمیدس، این نکته را نیز آریستارخوس بیان کرده بود. بنابراین، اگر گفتهٔ ارشمیدس راست باشد، با توجه به منابع ناچیزی که در دسترس آریستارخوس بوده، باید بینش شگفتی‌آور او را ستود. فیثاغورسیان از باب اینکه به حرکت زمین قایل بوده‌اند، بر آریستارخوس حق تقدم دارند، اما آنان دربارهٔ حرکت زمین تنها گمان درستی زده بودند، حال آنکه اظهارنظر آریستارخوس از روی داوری علمی هوشمندانه بوده است.

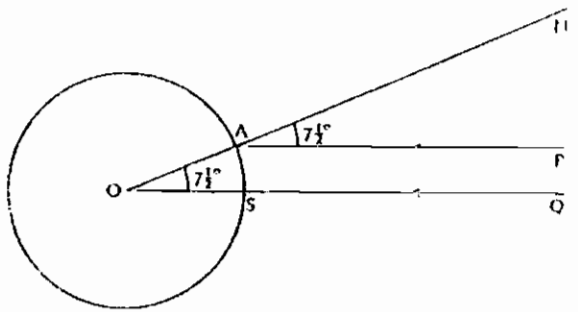
آریستارخوس سپس سعی فراوان کرد تا *اندازه‌های نسبی* بخشی از افلاک را که در همسایگی زمین قرار دارند، پیدا کند. اما او به اندازه‌گیریهای مطلق نپرداخت. گام جدی به دست آوردن یکی از قدرهای مطلق[11] بود تا از طریق آن بتوان قدرهای دیگر را به دست آورد. برای مثال، اگر اندازهٔ زمین تخمین زده می‌شد، محاسبهٔ اندازه‌های حقیقی خورشید و ماه و فاصله‌های حقیقی آنها از زمین، کار آسانی می‌بود. این گام را اراتستنس (اراتستن)[12] (۲۷۶ تا ۱۹۴ ق م) برداشت. او در شهر کورنه[13] زاده شد و در اسکندریه و آتن به تحصیل پرداخت. اراتستنس، هم تربیتهٔ علمی داشت و هم در صحنهٔ ادبیات و ورزشهای قهرمانی پراستعداد بود. درپیشتر دورهٔ کمال عمر، ریاست کتابخانهٔ اسکندریه را نیز برعهده داشت. در سنین پیری، کور شد و چون توانایی مطالعه را از دست داد، انقدر گرسنگی کشید تا خود را کشت.

مردم تحصیل کرده به چندین دلیل ــ مثلاً مقایسهٔ زمین با خورشید و ماه، آثار مه گرفت و ناپدیدشدن کشتی در کرانهٔ افق ــ مدتی بود که اعتقاد به کروی بودن زمین داشتند. اراتستنس محیط دایرهٔ زمین را از راه زیر تعیین کرد.

او فرض کرد که شهر سوئنه[14] (اسوان)، که در بخش علیای رود نیل قرار دارد، در جنوب اسکندریه واقع است. او اطلاع یافته بود که در سوئنه چاه عمیقی است که عکس خورشید در روز

10. anthropocentrism 11. absolute magnitudes 12. Eratosthenes
13. Cyrene 14. Syene

نیمهٔ تابستان به درون آن می‌افتد، به نظر او، خورشید در آن ساعت و روز بخصوص، درست بالای شهر سوئه قرار می‌گرفت. او در همان ظهر بخصوص، زاویهٔ تابش نور خورشید به اسکندریه را نسبت به خط قائم اندازه گرفت و رقم ۷°۱۲′ را به دست آورد. این رقم در شکل ۱۱ نشان داده شده است. A: نشانهٔ اسکندریه، S : سوئنه، O : مرکز زمین و OAN خط قائم وارد براسکندریه است. پرتوهای PA و QS عملاً موازی با همند. بنابراین زاویهٔ PAN که ۷°۱۲′ محاسبه شده، با زاویهٔ SOA برابر است. چون ۷°۱۲′ برابر با ۱/۵۰ از ۳۶۰ است، پس کمان AS باید ۱/۵۰ محیط دایرهٔ زمین باشد. اگر فاصلهٔ AS را بدانیم، تنها کافی است که در رقم ۴۸ ضرب کنیم تا محیط دایرهٔ زمین به دست آید. محیط دایره که به دست آمد، محاسبهٔ قطر آن آسان است. اما تنها مشکل اراتستنس، اندازه‌گیری فاصلهٔ AS بود. احتمالاً او مسافت میان آن دو نقطه را بدقت نمی‌دانست



شکل ۱۱

در واقع سوئنه درست در جنوب اسکندریه واقع نیست و خورشید هم در روز نیمهٔ تابستان مستقیماً به آن نمی‌تابد. بنابراین، سه فرض اراتستنس اشتباه بود، اما در عوض بخت یار او بود، چون اثر یکی از اشتباهاتش با تأثیر دو اشتباه دیگرش خنثی شد ونتیجهٔ کار او تا اندازهٔ زیادی درست از آب درآمد.

اراتستنس نقشه‌ای از دنیای شناخته شدهٔ آن روز رسم کرد. با توجه به محدودیت ابزارهای حمل و نقل در آن زمان، ناحیهٔ مدیترانه در نقشهٔ او بسیار خوب ترسیم شده است. او چون اطلاعات کافی دراختیار داشت، نتوانسته بود نقشهٔ مناطق دوردست را بدقت ترسیم کند. او به افسانهٔ هومری که زمین را اقیانوسها در میان گرفته‌اند، باور داشت.

اراتستنس بنای تقویمی را گذاشت که به تقویم یولیانی[15] معروف شده است. در این تقویم پس از هر چهار سال یک روز برایام سال می‌افزودند. بدین معنی که هرسال دقیقاً ۳۶۵¼ روز فرض می‌شد. رومیان در دورهٔ یولیوس قیصر، تقویم یولیانی را در سال ۴۵ پیم معمول داشتند. چون

15. Julian Calender

روزهای سال اندکی کمتر از ۳۶۵¼ روز است، تقویم یولیانی در هر ۴۰۰ سال سه روز اشتباه محاسبه داشته است. تقویم گرگوری[16] که پاپ گرگوری سیزدهم در سال ۱۵۲۸ م متداول ساخت ــ اما تا سال ۱۷۵۲ م در انگلستان معمول نشد ــ سه روز اشتباه محاسبه در ۴ قرن تقویم یولیانی را اصلاح کرد. در تقویم قدیم، رقم هرسالی که بر عدد ۴ قابل تقسیم بود، سال کبیسه می‌شمردند. در تقویم جدید، سالهایی را که بر ۱۰۰ قابل قسمت بودند ولی بر ۴۰۰ قابل قسمت نبودند، سال کبیسه محسوب نمی‌کردند. بنابراین سالهای ۱۸۰۰ و ۱۹۰۰ سالهای کبیسه نبوده‌اند، اما سالهای ۲۰۰۰ و ۲۴۰۰ کبیسه خواهند بود. تقویم گرگوری اشتباه تقویم یولیانی را به یک روز در ۴۰۰۰ سال کاهش داد.

صفحه‌ای را که زمین هرسال به دور خورشید می‌پیماید، دایرةالبُروج[17] می‌گویند.[18] محوری، که زمین هر شبانه‌روز به گرد آن می‌چرخد، برصفحهٔ دایرةالبروج عمود نیست. از این رو، صفحهٔ استوای زمین که بر محور زمین عمود است، نسبت به دایرةالبروج مایل است. این میل محور زمین نسبت به صفحهٔ دایرةالبروج اهمیت بسیار دارد و علت پیدایش فصلهای سال است. اراتستنس این میل را اندازه گرفته است. میل محور، نزدیک به ۲۳½° است، اما تخمین اراتستنس اندکی بیش از این مقدار بود.

۴. ارشمیدس روش افناء منحنی مارپیچی اصل شناوری اجسام
ابداعهای فنّی ارشمیدس آپولونیوس پرگایی

اکنون باید به ریاضیات بازگردیم. دو تن از بزرگان ریاضی، ارشمیدس و آپولونیوس[19]، معاصر اراتستنس بودند. شهرت ارشمیدس بیشتر از آنجاست که از حمام برهنه به کوی و برزن دویده و فریاد زده است: «اورکا»[20]. گرچه این کشف جالبترین کشف او بود، بزرگترین کشف او نبود. ارشمیدس بهترین ریاضیدان روزگار باستان بود واز هرنظر برجسته‌ترین اندیشهٔ پیش از رنسانس را داشت. جای او در ردیف کسانی چون شکسپیر، نیوتون، میکل‌آنجلو (میکل انژ) و باخ است. داوری،

16. Gregorian Calender 17. ecliptic

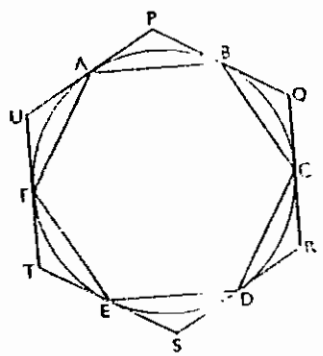
۱۸. البته بیشتر مردم دوران باستان گمان می‌کردند دایرةالبروج صفحه‌ای است که خورشید در آن به دور زمین می‌گردد.

19. Apollonius

۲۰. eureka، به یونانی: یافتم، دریافتم، پیداکردم. ـ م.

کارهای ارشمیدس آسان نیست؛ تنها کسانی می‌توانند به ژرفای کار او پی ببرند که از ریاضیات دانش کافی داشته باشند. برای آنکه از عمق شاهکارهای حیرت‌انگیز او آگاه شویم، لازم است چند مسئلهٔ دشواری را که بدون اطلاع از ریاضیات جدید حل کرده، حل کنیم. او به سال ۲۸۷ ق‌م در سیراکوز چشم به جهان گشود و در ۲۱۲ ق‌م به قتل رسید. گویا با خاندان پادشاهی سیراکوز هم نسبتی داشته است. او از جایی برخاسته که آفرین دولتشهر یونانی بوده است. ارشمیدس در اسکندریه به تحصیل پرداخت و با همکاران دانشورش منظماً مکاتبه داشت، اما بیشتر روزگار عمر را در سیراکوز گذراند.

اختراعات و اکتشافات ارشمیدس در چهار زمینهٔ هندسه، حساب، فیزیک و مهندسی است. در هندسه بیشتر به مسئله‌ای پرداخت که از دشوارترین مسائل عصر او بود و آن، اندازه‌گیری شکلهایی است محاط در سطحها و شکلهای سه‌بعدی محاط هستند. او در این کار روش افناء را که اودوکسوس ابداع کرده بود، با چیره‌دستی بیمانندی به کار گرفت. به همان نحو، می‌توان چگونگی کار او را در یافتن محیط و مساحت دایره به کوتاهی بررسی کرد. یک شش ضلعی منتظم ABCDEF را در درون دایره (شکل ۱۲) رسم می‌کنیم. می‌توانیم شش ضلعی منتظم دیگری، PQRSTU، رسم کنیم که بر دایره محیط باشد و در نقاط A و B و C و D و E و F با آن مماس باشد. محیط شش ضلعی بیرونی بزرگتر از محیط دایره و محیط شش ضلعی درونی کوچکتر از محیط دایره است. با محاسبهٔ محیطهای این دو شش ضلعی، می‌توان حد بالایی و حد پایینی محیط دایره را تعیین کرد.

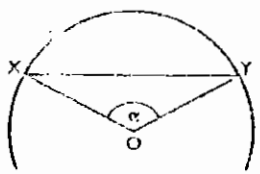


شکل ۱۲

اگر به جای شش ضلعی، ۱۲ ضلعی رسم کنیم، درخواهیم یافت که محیط چندضلعی درون دایره بیشتر از محیط اولی و محیط چندضلعی بیرون دایره کمتر از محیط اولی است. پس در این حالت، حدود بالایی و پایینی محیط دایره به هم نزدیکتر است. اگر به جای ۱۲ ضلعی، ۲۴ ضلعی رسم کنیم، باز هم دو حد نزدیکتر می‌شوند. با ترسیم ۹۶ ضلعی محیطی و محاطی در دایره، ارشمیدس

نشان داد که محیط دایره بیش از $3\frac{10}{71}$ برابر و کمتر از $3\frac{1}{7}$ برابر قطر دایره است. به عبارت دیگر، پی π بین $3\frac{10}{71}$ و $3\frac{1}{7}$ است.

اهمیت این کار آن گاه بیشتر آشکار می‌شود که دریابیم چرا ارشمیدس ۹۶ را برای عدد اضلاع برگزیده است. فرض کنید در شکل ۱۳، O مرکز دایره و XY وتر آن باشد. زاویهٔ XOY هم α است. می‌توان XY را «وتر مقابل زاویهٔ α» یا «وتر α» نامید. اگر $\alpha = 60^\circ$ باشد، مثلث XOY متساوی‌الاضلاع است. بنابراین، وتر 60° برابر با شعاع دایره است. ارشمیدس با توجه به قضیه‌های رایج در هندسهٔ یونانی دریافت که اگر طول وتر را به ازای زاویهٔ α داشته باشد، می‌تواند طول وتر را به ازای $\frac{\alpha}{2}$ هم محاسبه کند. از این رو، وترهای 30° و 15° و $7\frac{1}{2}^\circ$ و $3\frac{3}{4}^\circ$ و نیز آنها را محاسبه کرد. چون $96 = 3 \times 2^5$، پس اضلاع چندوجهی ۹۶ ضلعی، وترهای $3\frac{3}{4}^\circ$



شکل ۱۳

است. ارشمیدس در محاسبه موفق شده بود. از لحاظ نظری، او با استفاده از اشکال ۱۹۲ و ۳۸۴ ضلعی می‌توانست ارقامی نزدیکتر به عدد π به دست آورد. ولی در هرحال، محاسبه به کمک روشهای یونانی، که به هر حال دشوار بود، او را از این کار بازمی‌داشت. این نکته‌ها از لحاظ ابداع مثلثات در قرون بعد، اهمیت داشت.

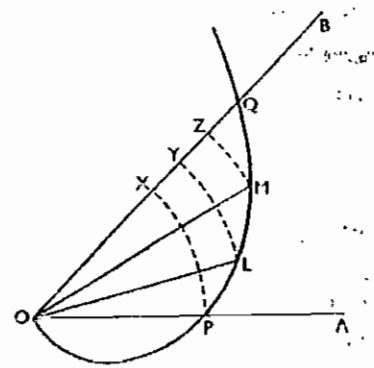
اگر اضلاع چند ضلعی معلوم باشد، محاسبهٔ مساحت آن آسان است. مساحت تقریبی دایره را می‌توان بدون اشکال زیاد محاسبه کرد؛ مساحت دایره بزرگتر از مساحت چندضلعی محاطی آن و کوچکتر از مساحت چند ضلعی محیطی آن است.

ارشمیدس با روش افناء چند نتیجهٔ مهم دیگر را هم ثابت کرد. او مساحت بیضی، مساحت بخشی را که حاصل تقاطع قاطع با منحنی سهمی است و حجم و سطح مخروط را محاسبه کرد. اما قضیه‌ای که ارشمیدس بیش از سایر قضیه‌ها به آن می‌بالید، قضیه‌ای بود که حجم و سطح کره را به دست می‌داد. فرض کنید کره‌ای در درون استوانه‌ای که درست قالب آن باشد، جای داشته باشد. مانند آنکه توپی را در درون قوطی حلبی استوانه شکلی جای داده باشند و قطر و ارتفاع قوطی برابر با قطر توپ باشد. برپایهٔ قضیهٔ ارشمیدس، حجم کره درست $\frac{2}{3}$ حجم استوانه است، اما سطح کره با سطح جانبی استوانه برابر است. ارشمیدس آرزو داشت که بر مزارش کره‌ای نقش کنند که استوانه‌ای آن را درمیان گرفته باشد. با آنکه رومیان دستور داده بودند جان ارشمیدس درامان باشد، اما به هنگام سقوط دولتشهر سیراکوز، او به دست یکی از سربازان روم کشته شد. با

این حال، رومیان بر خاک او بارگاهی افراشتند وبه آرزویش هم عمل کردند.

کلیّت از خصیصه‌های ریاضیات پیشرفته است. می‌توان در رهیافت ارشمیدس به مسئلهٔ قدیمی تثلیث زاویه، کلیّت را به چشم دید. او راه حل تازه‌ای برای این مسئلهٔ خاص پیشنهاد نکرد، بلکه مسئلهٔ کلی تقسیم زاویه را به بخش‌های برابر حل کرد. او برای این کار از منحنی مارپیچی استفاده کرد که به نام خود او موسوم است. فرض کنید پاره خطی، مانند عقربهٔ ساعت، یکنواخت بچرخد، درحالی که موری با سرعت یکنواخت روی آن راه برود. منحنی ترسیمی مور، که به منحنی ترسیمی پرگاری، که دهانهٔ آن به آهستگی بازشود شباهت دارد، منحنی مارپیچ ارشمیدس است. ویژگی اصلی این منحنی در این است که حرکتهای زاویه‌ای برابر، متناظر با افزایش شعاع برابر است.

فرض کنید AOB زاویه‌ای باشد که می‌خواهیم آن را تثلیث کنیم. از نقطهٔ O منحنی ارشمیدسی را طوری رسم کنید که نوک عقربهٔ ساعت، خط OA را در نقطهٔ P و خط OB را در نقطهٔ Q قطع کند (شکل ۱۴). به مرکز O دایره‌ای رسم کنید که شعاع آن OP باشد و خط OQ را درنقطهٔ X قطع کند. با تقسیم OX به سه بخش مساوی[۲۱]، دونقطهٔ Y و Z را هم به دست آورید. به مرکز O کمانهای YL و ZM را رسم کنید، به گونه‌ای که منحنی را در نقطه‌های L و M قطع کند. در این صورت، زاویه‌های LOP و MOL و QOM با هم برابرند، چون این زاویه‌ها با افزایش برابر شعاع متناظرند. روشن است که می‌توان زاویهٔ AOB را با همین روش به هرتعداد بخش برابر تقسیم کرد.



شکل ۱۴

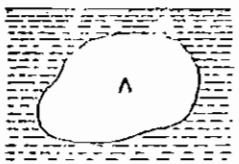
ارشمیدس کارهای درجهٔ یک دیگری هم در هندسه دارد، اما بیشتر آنها تنها از جهت ریاضی مهم است و حاوی اصول تازه‌ای نیست. درباب حساب ارشمیدسی بعداً گفتگو خواهیم کرد. معروفترین ارمغان ارشمیدس به فیزیک، اصل شناوری اجسام[۲۲] است. برپایهٔ این اصل، اگر جسمی درآب

۲۱. اقلیدس، کتاب ششم: ۹.

22. principle of floatation

ساکن فرو رود، آب نیرویی از پایین به بالا برآن وارد می‌آورد. این نیرو، برابر با وزن مقداراَبی است که جسم خارجی جای آن را اشغال کرده است. جسمی که وزنش کمتر از وزن آب هم حجم آن باشد، با فشار بالابرندهٔ بیشتر از وزن خود روبه رو می‌شود و بنابراین به سطح آب می‌آید، مگر اینکه آن را زیرآب نگاه دارند.

استدلالی که پشت این اصل هست، هوشمندانه و ساده است. در شکل ۱۵ نیروهایی که از اطراف برجسم شناور درآب وارد می‌شود، تنها به شکل و وضع جسم بستگی دارد، نه به جنس مادهٔ آن. حتی اگر این جسم از آب ساخته شده باشد، باز هم تفاوتی نمی‌کند. اما در این مورد، جسم (آب) ساکن خواهد ماند، زیرا به تجربه می‌دانیم که اگر آب را به حال خود رهاکنیم، حرکت نمی‌کند. یعنی، نیرویی که در این حالت، آب اطراف برجسم (آب) وارد می‌آورد، باید وزن آن را خنثی کند. فشاری که برجسم وارد می‌آید تا آن را بالا برانند، و وزن آبی که جای خالی آن جسم را پر می‌کند، با هم برابرند.



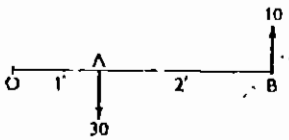
شکل ۱۵

این مثالی است از استدلال علمی هوشمندانه. نحوهٔ استدلال، ریاضی است، اما نتیجهٔ آن تنها متکی بر ریاضیات نیست، بلکه به این مشاهده که آب اگر به حال خود رها شود ساکن می‌ماند، بستگی دارد. «تفکّر و تعقّل روحی» بوضوح در این استنتاج هست، اما به گونه‌ای که افلاطون در نظر داشته، تنها عامل استنتاج نیست. وظیفهٔ خاص ریاضیات در طرح علمی، آشکار ساختن نتایج پنهان واقعیتهای مشهود است. در همین مثال کاربرد خاص ریاضیات را می‌توان دید.

این همان کشفی است که می‌گویند ارشمیدس را از جا پراند و از حمّام روانهٔ کوی وبرزن کرد. با این کشف ارشمیدس، علم تعادل مایعات (ایدروستاتیک)[۲۳] آغاز شد. علاقهٔ زیاد ارشمیدس در علم مکانیک به نظریه و طرّاحی ابزارهایی بود که بهرهٔ مکانیکی داشتند؛ یعنی ابزارهایی که با نیرویی اندک برجسمی بزرگ غلبه کنند. ساده‌ترین آنها، اهرم است. اهرم میلهٔ سختی است که حول نقطهٔ ثابتی می‌گردد. ارشمیدس درباب نظریهٔ اهرمها مطالبی نگاشته است. نکتهٔ اساسی نظریهٔ اهرمها این است: دو نیرویی که اهرم را در حالت تعادل قرار می‌دهند، با فاصله‌های آنها نسبت به نقطهٔ اتکاء نسبت معکوس دارند. بنابراین، ۲۰ واحد نیرو با فاصلهٔ یک متر از نقطهٔ اتکای

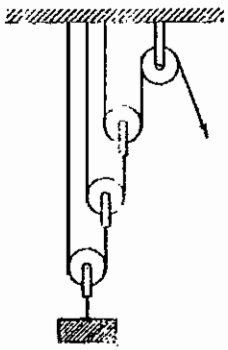
23. hydrostatics

O، با نیروی ۱۰ واحد به فاصلهٔ ۳ متر در حالت توازن است (شکل ۱۶). اگر بر نیروی ده واحدی اندکی افزوده شود، برنیروی ۳۰ واحدی غالب می‌شود. ابزاری که این بهرهٔ مکانیکی را به بار

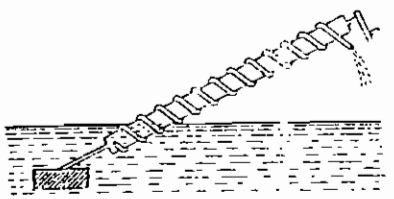


شکل ۱۶

می‌آورد، باید نیروی زیادی صرف کند تا جسمی را کمی به حرکت درآورد. بنابراین، برای آنکه اهرم از نقطهٔ A یک سانتی‌متر حرکت کند، لازم است نقطهٔ B را سه سانتی متر حرکت دهیم. قرقرهٔ مرکب نیز همین کاربرد را دارد. شکل ۱۷ دستگاهی را نشان می‌دهد که ارشمیدس طراحی کرده است. در این مورد، نیروی کشش باید ۸ برابر وزن بار تغییر مکان یابد، جز در صورتی که اصطکاک دستگاه زیاد و وزن قرقره‌ها بیش از اندازه باشد، با صرف کار کم، می‌توان بارسنگینی را بالا برد.


شکل ۱۷

شکل ۱۸



استعداد مکانیکی ارشمیدس را در تلمبهٔ پیچی که ابداع کرده است، بهتر می‌توان دید (شکل ۱۸). این تلمبه وسیله‌ای برای کشیدن آب جویبار است و از لولهٔ سروته بازی که به دور میله‌ای پیچیده، تشکیل شده است. با چرخیدن میله، آب از راه لولهٔ پیچ بالا می‌آید. برای آنکه این وسیله درست کار کند، باید زاویهٔ میله نسبت به خط قائم، بزرگتر از زاویهٔ گام پیچ باشد.

ارشمیدس به کاربرد عملی دانش خویش علاقهٔ زیادی نداشت. اما هرگاه هیرون پادشاه سیراکوز در مسائل مهندسی از او مشورت می‌خواست، از همکاری دریغ نمی‌ورزید. به مناسبتی برای هیرون کشتی چنان بزرگی ساختند که نتوانستند به روش معمول آن را به آب اندازند. ارشمیدس برای حل این مشکل، دانش مکانیک خود را به کار گرفت. وقتی ناوگان روم به سیراکوز یورش برد، او طرح منجنیق چنان مؤثری از تاریخت که دروازهٔ شهر اریورشهایی که رومیان از جلو اوردند، کشوده نشد. می‌گویند اینه‌های کاوی (مقعری) می‌ساخت که پرتو خورشید را به صورت متمرکز برکشتیهای

رومی می‌تابید و آنها را به آتش می‌کشید؛ اما این داستان مشکوک است. شاید ارشمیدس نخستین نمونهٔ دانشمندانی باشد که به اصطلاح امروز دانششان از دیدگاه کاربرد نظامی برای دولتها ارزش داشته است. در آن زمان، تأثیر مستقیم علم بر زندگی، به سبک امروزی، کم‌کم آغاز می‌شد. اما به طور کلی تا پیش از انقلاب صنعتی، تأثیر علم برتکنگ بسیار مهمتر از تأثیر آن برعمل بود. علم مانند ادبیات، دین و هنر، همواره بخشی از تمدنهای متوازن و مهذب بوده است. اما پیامدهای مهم اقتصادی علم که امکانات تمدن را برای نخستین بار در راه رفاه نوع بشر قرار داده، پدیده‌ای کاملاً تازه است. البته نیروهای ویرانگر نظامی که تمدن را به نابودی تهدید می‌کند، خود بخشی از همین تمدن است.

ریاضیدان تراز اول دیگر آن عهد، آپولونیوس پرگایی (حدود ۲۶۰ تا ۲۰۰ ق‌م) بود که بیشتر دوران عمر خود را در اسکندریه به تعلیم و تعلّم گذراند. اثر اصلی او دربارهٔ مقاطع مخروطی است، که بخش بزرگی از آن به زبان اصلی یونانی به دست ما رسیده است. منالخموس و اقلیدس تنها بنای این موضوع را گذاشتند، اما آپولونیوس آن قدر دراین موضوع کوشید که هندسهٔ مخروطات در گسترش و انسجام به پای دایره رسید. در آن روزگار تنها از روی سه دلیل محض به ریاضیات به هندسهٔ مخروطات می‌پرداختند، اما با کوششهای آپولونیوس، این شاخه از هندسه آمادگی یافت، تا به هنگام لزوم مورد استفادهٔ اخترشناسان قرار گیرد.

برهانهایی که آپولونیوس آورده به روش برهانهای گذشتهٔ یونانی است، اما براستی شگفتی در این است که او توانسته با همان روشها نتیجه‌های کاملاً تازه‌ای به دست آورد. برای کسانی چون ارشمیدس یا آپولونیوس کار نسبتاً آسانی بود تا برای قضیه‌ای که درست تشخیص می‌دادند، استنتاج برهان کنند، اما روشهای مرسوم یونانی، با توجه به مراحلی که هندسه به آنها رسیده بود، روش مناسبی برای کشف مطالب هندسی نبود. ارشمیدس مخصوصاً از نتایج کار خود را ابتدا از راه اندازه‌گیری تجربی، مثلاً از راه وزن کردن، به دست می‌آورد. او پیش از آنکه برهان ریاضی ترتیب دهد، با شمّ تیز خود پاسخ را حدس می‌زد. دو حجم هندسی که از مادهٔ همجنس ساخته شده باشند، حجمی متناسب با وزن خود دارند. با این حساب می‌توان از راه وزن کردن، حجم نامعلومی را از روی حجم معلوم دیگر، تخمین نسبی زد. این روش کشف می‌بایست در نظر افلاطون مردود بوده باشد، اما ارشمیدس برای خود آزادی عمل قایل بود. البته برهانهای ریاضی ارشمیدس که به نتیجه رسیده‌اند، بی‌نقص بوده‌اند. شاید که اپولونیوس هم برای رسیدن به نتیجه، شیوه‌ای خاص خود داشته، هرچند که آن نتیجه‌ها را با برهانهای مرسوم و مقبول توضیح داده است. تاریخنگاران تأکید کرده‌اند که آپولونیوس به روشهای هندسهٔ مختصاتی[۲۱] پرداخته است. مدرکی که مستقیماً این امر

21. co-ordinate geometry

را تایید کند در دست نداریم، امّا دلیلی هم نداریم که این کار از او ساخته نبوده است. در هرحال آن ادعا ازنیروی فوق‌العادهٔ کشف آپولونیوس حکایت می‌کند. چنین روشهایی تاسدهٔ هفدهم وپیشرفت از آنکه فرما[۲۵] وکارت آنها را ابداع کنند. کاربرد گسترده‌ای نداشته‌اند. اگر در اینجا به اختصار به کار آپولونیوس پرداختیم، نباید حمل براین شود که او در شمار ریاضیدانان درجهٔ دوم برده است. از ریاضیدانان دورهٔ باستان، ارشمیدس تنها کسی است که براو برتری دارد. می‌توان فیثاغورس، ائودوکسوس و اقلیدس را همتایان آپولونیوس به شمار آورد.

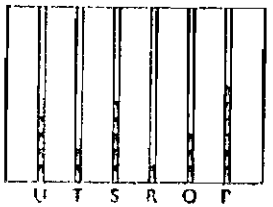
۵ حساب یونانی اختراع چتکه حساب ارشمیدس

برای فهم دستاوردهای ارشمیدس در حساب، باید از حساب یونانی به اجمال آگاه بود. عددنویسی[۲۶] مناسب، اساس موفقیت است. یونانیان هیچ‌گاه نظام عددنویسی مناسبی نداشتند. آنها نظام عددنویسی نامناسب خود را ترک گفتند، اما در عوض، نظام نامساعدتری را اخذ کردند. یونانیان در دورهٔ اتنی، نظامی همانند نظام رومی به کار می‌بردند. در آن نظام، نمادهایی[۲۷] برای یک، پنج، ده، صدوهزار داشتند و با ترکیب کردن آنها با هم، اعداد میانین را می‌ساختند. این نظام برای ثبت و ضبط نتایج ارقامی که درشت نبودند، بکفایت می‌کرد، اما برای ثبت ارقام درشت، عملاً بیفایده بود و تسهیلی درکار محاسبه فراهم نمی‌کرد. با همهٔ این‌ها، در اسکندریه نظام نامتجانستری جایگزین این نظام عددنویسی شد.

در دورهٔ اسکندرانی، الفبای یونانی ۲۴ نشانه داشت. اسکندرانیها برای ثبت ارقام ریاضی دونشانهٔ متروک را هم به کار گرفتند: نشانهٔ دیگاما[۲۸] (F) با صدایی میان E و U و کوپا[۲۹] (Q) با صدایی میان π و p. نشانهٔ فنیقی سامپی[۳۰] (ϡ) را هم برالفبای خود افزودند و شمارهٔ آن را به ۲۷ رساندند. سپس نُه نشانهٔ نخست را برای ارقام ۱ تا ۹، نُه نشانهٔ دوم را برای ارقام ۱۰ تا ۹۰ و نُه نشانهٔ سوم را برای ارقام ۱۰۰ تا ۹۰۰ بکار بردند. وقتی که نشانهٔ حرفی را به چنان رقم به کار می‌بردند، خط کوچکی بر بالای گوشهٔ راست آن می‌گذاشتند، مانند $\delta' = 4$ ؛ $\bar{\delta} = 500$؛ و $\alpha\beta\lambda' = 232$. اگر خط کوچك در پایین گوشهٔ چپ نشانه قرار می‌گرفت، آن رقم در ۱۰۰۰ ضرب می‌شد. مثلاً: $\eta' = 8$ ، اما $\underline{\eta} = 8000$. نشانهٔ یونانی قدیمی M که ۱۰/۰۰۰ را نشان می‌داد، به عنوان نمادی دیگر به کار می‌رفت و ارقام بر بالای آن نوشته می‌شد. مثلاً $M^{\lambda'} = 30$ ، اما $M^{\lambda'}$ که به معنای ۳۰×۱۰/۰۰۰ بود.

25. Fermat 26. notation 27. symbols 28. digamma 29. koppa 30. sampi

یونانیان که دست و بالشان را چنین نظامی بسته بود، نمی‌توانستند به روشی که ما محاسبه می‌کنیم و نمادها را برای نشان دادن اعداد بآسانی بکار می‌بریم، نمادهای خود را به کار برند و محاسبه کنند. آنها ناگزیر شدند به چُکه متوسل شوند. چکه‌شان تخته‌ای بود که شیارهای موازی داشت. برای شمارش، در هرشیار تا نُه سنگریزه[۳۱] یا سکه می‌گذاشتند (شکل ۱۹). درشیار P هر



شکل ۱۹

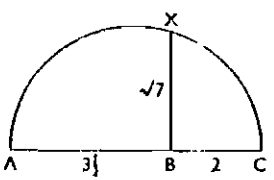
مهره نشانهٔ یك واحد، در شیار Q نشانهٔ ۱۰ واحد، در شیار R نشانهٔ ۱۰۰ واحد بود و تا آخر. در شکل ۱۹، رقم ۴۱۵/۱۲۶ روی چتکه [از چپ براست] نشان داده شده است. مثلاً اگر شما بخواهید رقم ۸۷ را براین رقم بیفزایید، نخست باید ۷ مهره به شیار P اضافه کنید. اما جمع رقم شما در شیار P از ۱۰ تجاوز می‌کند؛ پس ۱۰ مهرهٔ شیار P را برمی‌دارید و به جای آن، یك مهره به شیار Q و سپس ۸ مهره به شیار Q اضافه می‌کنید. آنگاه ۱۰ مهره را از شیار Q برمی‌دارید و به جای آن یك مهره در شیار R قرار می‌دهید. چنانچه بخواهید ۶۰۰ را از ارقام روی چتکه کم کنید، یك مهره از شیار S برمی‌دارید و به جای آن ۱۰ مهره در شیار R می‌گذارید. با این کار می‌توانید عمل تفریق را روی شیار R انجام دهید. در واقع عمل جابه جا کردن مهره‌ها همان است که ما امروزه با چتکه‌های متداول انجام می‌دهیم. عمل ضرب در چتکه، از راه تکرار عمل جمع صورت می‌گیرد. عمل تقسیم هم از راه تکرار عمل تفریق است. اگر بخواهید ۴۷۶ را بر ۳۷ تقسیم کنید، ۳۷ را مکرراً از ۴۷۶ کم می‌کنید. پس از ۱۲ بار تفریق، رقم ۳۲ باقی می‌ماند. پس رقم ۳۷ دوازده بار در ۴۷۶ تکرار شده و ۳۲ هم باقی مانده است.

راحت‌ترین چتکه، همان نوعی است که هم اکنون رایج است و از سیمهای موازی هم که از وسط مهره‌ها می‌گذرد و مهره‌ها روی آنها می‌لغزند، تشکیل شده است. چتکه به عنوان ابزار آموزشی، هنوز به کار می‌رود. اما در دورهٔ یونانیان، چتکه ابزاری علمی بود. آزتکها، هندیها و چینیها از چتکه استفاده می‌کردند. بنابراین، به احتمال نزدیك به یقین، چتکه در سه نقطهٔ مختلف جهان مستقلاً اختراع شده است؛ زیرا احتمال نمی‌رود که میان تمدنهای کهن خاورمیانه و تمدنهای چین و امریکایی تماسی برقرار بوده باشد.

۳۱. یونانیان به سنگریزه calculus می‌گفتند. اصطلاح calculation[= محاسبه] از آن واژه گرفته شده است.

از چند نظر نظام شمارشی کنونی هندی-عربی ما کامی بیش فاصله نیست. هر ردیف چنگه ظرفیت نشان دادن ۹ رخ‌دادِ مختلف را دارد و می‌توان با هر ردیف کار نداشت یا عددی را از ۱ تا ۹ با آن نشان داد. به‌جای ردیفها و مهره‌های چنگه، می‌توان نظام ساده‌تری گذاشت، تا هر نماد مکتوب، وضعیت روی چنگه را عیناً نشان دهد. با توجه به استفادهٔ گسترده از چنگه، این نکته جالب توجه است که فکر عددنویسی در همه جا پیدا نشده است. بویژه از این نظر جالب و در عین حال برای ما غربی مایهٔ تاسف است که فکر عددنویسی به ذهن اسکندرانیهای پراستعداد راه نیافته است. اما یک نکتهٔ اساسی هم هست که به فکر هیچ قومی جز هندیها نگذشته است، و آن مفهوم نماد صفر (۰) است که نمایندهٔ ردیف بدون مهرهٔ چنگه است و این امکان را فراهم می‌آورد که سایر نمادها در جاهای خاص خود باقی بمانند.

با نمادهای نامناسبی که یونانیان داشتند، ساده‌ترین اعمال حساب برایشان کاری دشوار بود و اعمالی که کمی پیچیده‌تر بود، در نظرشان بی‌اندازه دشوار می‌نمود. برای از میان برداشتن پاره‌ای از این دشواریها بود که رسم اشکال هندسی را گسترش دادند. می‌توانیم دراین باره **مثالی** بیاوریم. یونانیان جذر عدد ۷ را از راه زیر به دست می‌آوردند: نخست ۷ را بخش بخش کنید، مثلاً: ۲×۳½. دو طول به اندازه‌های ۳½ واحد= AB و ۱ واحد = BC رسم کنید (شکل ۲۰). نیمدایره‌ای به قطر AC رسم کنید و خط BX را برآن عمود کنید، طوری که نیمدایره را در X قطع کند. بنابراین، طول BX جذر عدد ۷ را نشان می‌دهد. در واقع همان گونه که اقلیدس ثابت کرده[۳۲]، BX همیشه جذر حاصل ضرب AB و BC است.



شکل ۲۰

برای به دست آوردن جذر اعداد از راه حساب، می‌بایست راهی سراغ می‌داشته است. حساب عقب ماندهٔ زمان ارشمیدس را در ذهن خود مجسم کنید. براستی کاری که ارشمیدس به ثمر رسانده، گواه توانایهای شگفت‌آور اوست.

۳۲. اقلیدس، کتاب دوم، ۱۴.

از علاقه‌های اصلی ارشمیدس یکی نیز پرداختن به اعداد بسیار درشت بود. او در این زمینه می‌بایست برمشکلی که زاییدهٔ روشهای یونانی بود، غلبه می‌کرد. او روشی را در عددنویسی پیش نهاد که می‌توانست هر عدد و به هراندازه که بزرگ باشد نشان دهد. اعداد ۱۰۰ میلیون به بالا ــ یعنی 10^8 ــ را اعداد مرتبهٔ اول نامید. اعداد مرتبهٔ دوم از اعداد مرتبهٔ یك تشکیل می‌شدند و 10^8 به عنوان واحد اعداد مرتبهٔ دوم به کار می‌رفت. اعداد مرتبهٔ دوّم تا $10^8 \times 10^8$ یعنی 10^{16} می‌رسید. بنابراین، عدد مرتبهٔ سوم بزرگ برابر با 123×10^{16} بود. چنین نظام عددنویسی به کمك توانهای متوالی هیچ محدودیتی نداشت. در رساله‌ای به نام شمارشگر[۳۳] ارشمیدس امکانات این نظام را نشان داد. او با استفاده از نتایج کار آریستارخوس واراتستنس، شمارهٔ دانه‌های شنی که کره‌ای با شعاع برابر با مدار زمین را پرکند، تخمین زد. ارشمیدس رقمی را به دست آورد که از رقم مرتبهٔ هفتم 10^7 کمتر بود. به بیانی دیگر، کمتر از 10^{51} بود. این ارقام آن معنای عملی را که اینك در نزد ما دارند، در نظر آنان نداشتند. اما ارشمیدس مانند همهٔ ماجراجویان فکری، از اینکه به جایی برسد که دیگران نرسیده بودند و با نیروی انسانی موضوعهایی را بررسی کند که پیشتر از آن ورای توانایی انسان بوده است، لذت می‌برد. بازی با ارقام بزرگ هنوز هم از سرگرمیهای پرکشش ریاضی است.[۳۴]

۶ هیپارخوس کشف حرکت تقدیمی اختراع مثلثات
خط زمینسنج و مثلثات کروی هرون اسکندرانی

برای آنکه بحث مربوط به علوم ریاضی را در اسکندریهٔ باستان به پایان بریم، کافی است که تنها از دوچهرهٔ ممتاز: هیپارخوس (اَبَرخُس)[۳۵] و هرون نام ببریم. هیپارخوس به احتمال خیلی سالهای ۱۴۰ ق‌م به اوج شهرت خود رسیده بود. او در اسکندریه تعلیم دید، اما کشفیات خود را در جزیرهٔ رودس[۳۶] انجام داد. در میان اختر شناسان باستان او همتای آریستارخوس بود. این دو مرد از دو راه جداگانه به مدارج پیشرفت علمی دست یافتند. آریستارخوس نظریه‌پردازی جسور بود واز این جهت بر هیپارخوس برتری داشت، اما هیپارخوس مشاهده‌گری دقیقتر و پربارتر از آریستارخوس بود.

33. *The Sand Reckoner*

۳۴. برای مثال، می‌توانید به شمارهٔ ۳۰۰ نشریهٔ *The Mathematical Gazette* نگاه کنید و تازه‌ترین بازی ریاضی جی. ئی. لیتل وود J.E.Littlewood را در آنجا ببینید.

35. Hipparchus 36. Rhodes

هیپارخوس تا ۱/۴۰ درجه را اندازه گرفت و این کار با ابزارهایی که او در اختیار داشت، کاری شگفت‌انگیز بود. یونانیان همیشه در قدرت تخیل از بابلیها برتر بودند، اما اینك در مشاهده هم، برآنها برتری می‌یافتند.

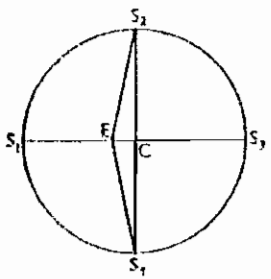
هیپارخوس میل دایرةالبروج را با دقتی بیش از اراتستنس اندازه گرفت و طول سال را با تقریب ۶ دقیقه محاسبه کرد. او وقت زیادی صرف کرد تا فهرست ۱۰۸۰ اختر و مواضع نسبی آنها را تهیه کرد. او در این کار وظیفهٔ خود را به کمال انجام داد، زیرا که بدون استفاده از ابزارهای نوری، بیش از ۱۰۰۰ ستاره را در آسمان جزیرهٔ رُدس نمی‌توان دید. پیداشدن اخترتابناکی در آسمان، هیپارخوس را به فکر گردآوری فهرست دقیقی از اختران انداخت. ظهور این اختر با احکام جزمی ارسطویی که افلاك را مصون از تغییر می‌دانست، مستقیماً تعارض داشت و واکنش هیپارخوس نشانهٔ باوغ حس علمی در اسکندرانیان است. با آنکه در عصر هیپارخوس، بس ارسطو را (البته بحق) می‌ستودند، اما هیچ کس مانند مقلدین نابینایی که بعدها پیدا شدند، از او کورکورانه پیروی نمی‌کردند. هیپارخوس چون ارسطوئیان قرون وسطی سرش را در برف فرو نکرده و نسبت به پذیرفتن امور بدیهی عناد نورزیده بود. او به دور از احساس و عاطفه به خطاها می‌نگریست. برای آنکه آیندگان خطاها را بهتر دریابند، نقشهٔ منظمی از آسمان کشید.

رصد اختران، هیپارخوس را به مشهورترین اکتشافش راه برد. قطب فلکی که اختران به ظاهر گردآن می‌چرخند، همان نقطهٔ فلکی است که در امتداد محور زمین قرار دارد. اخترشناسان پیش از هیپارخوس، مواضع شماری از اختران را ثبت کرده بودند. هنگامی که هیپارخوس نتایج کار خود و آنها را با هم سنجید، دریافت که جای قطب فلکی نسبت به این اختران تغییر کرده است. او در واقع کشف کرد که راستای محور زمین در فضا به کندی تغییر می‌کند. این حرکت را حرکت تقدیمی[37] نامیده‌اند. جای قطب فلکی، همان طور که در نقشهٔ آسمان نشان داده شده، حدوداً در هر ۲۳۰۰۰ سال، دایره‌ای با قطری نسبتاً بلند را می‌پیماید. در حال حاضر، قطب فلکی نزدیك ستارهٔ درخشان قطبی است و روز بروز هم به آن نزدیکتر می‌شود. اما ستارهٔ قطبی در عصر هیپارخوس، مانند امروز راهنمای خوبی برای قطب شمال نبود. چندهزار سال دیگر که از زمان ما بگذرد، ستاره‌ای که به وضوح نشانهٔ قطب باشد وجود نخواهد داشت. گردش زمین در حول محور خود مانند گردش فرفره‌ای است که محورش به حالت مایل درآمده است. محور زمین نسبت به حالت قائم شیب پیدا می‌کند و به کندی به دور محور قائم می‌چرخد.

بیشتر اخترشناسان روزگار باستان، حرکت خورشید نسبت به اختران را به چرخش خورشید به دور زمین تعبیرمی‌کردند. ما همانند آریستارخوس استثنایی، این حرکت را ناشی از گردش زمین به دور

37. precession

خورشید می‌دانیم. برای چند لحظه با هیپارخوس همراه شویم و نگرش مردم باستان را اختیار کنیم. همان گونه که هیپارخوس می‌پنداشت، اگر حرکت خورشید متشابه و مستدیر[38] باشد، لاجرم خورشید در هر ربع سال یك چهارم گردش سالانهٔ خود را سیری می‌کند. شکل ۲۱ مواضع S_1 و S_2 و S_3 و S_4 خورشید را در مدار مستدیر فرضی آن و در فاصله‌های یك ربع سال نشان می‌دهد. چنانچه حرکت خورشید متشابه باشد و زمین هم در مرکز C قرار داشته باشد، پس زاویه‌های S_2CS_3 و S_3CS_4 و S_1CS_2 و S_4CS_1 می‌بایست قائمه باشند. هیپارخوس دریافت که این زاویه‌ها قائمه نیستند. او دریافته بود می‌توان زمین را به خلاف آنچه می‌پندارند، در مرکز مدار خورشید فرض نکرد



شکل ۲۱

و بدین ترتیب این بیتعادلی را توضیح داد. اگر زمین در نقطهٔ E باشد، پس زاویه‌های S_4ES_1 و S_1ES_2 بزرگتر از زاویه‌های S_2ES_3 و S_3ES_4 خواهد بود و خورشید در نیمی از سال بیش از نیمی از مدار سالانهٔ خود را سیری خواهد کرد و وقتی از زمین نگاه کنیم، می‌بینیم آهنگ حرکت زاویه‌ای آن تغییر می‌کند. هیپارخوس پس از اندازه‌گیری دقیق زاویه‌ها، فاصلهٔ CE را حساب کرد. رقمی که او به دست آورد، در حدود ۱/۲۴ شعاع مدار بود. این رقم را خروج از مرکز[39] مدار خورشیدی می‌نامند. این رقم نشانهٔ انحراف زمین از نقطهٔ مرکز است.

این انحراف بدان مناسبت که فاصلهٔ خورشید تا زمین ثابت نیست. اگر نظریهٔ جدید را بپذیریم و زمین را به دور خورشید در گردش ببینیم، باز هم باید به خروج از مرکز قائل باشیم. در این حالت باید فرض را براین بگذاریم که خورشید در مرکز مدار زمین قرار ندارد. به همین سبب، با استقرار نظام کوپرنیکی، کشف هیپارخوس منسوخ نشد. حرکت زمین به دور خورشید نه متشابه است و نه مستدیر، گو اینکه هیپارخوس از این نکته آگاه نبود، و اگر این نکته را درنظر بگیریم، خروج از مرکز جزئی‌تری بی‌نظمی حرکت خورشید را تبیین می‌کند. رقم درست، نزدیك به ۱/۳۰ است.

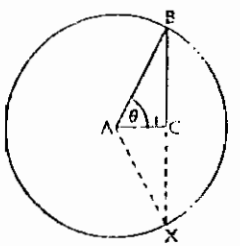
هیپارخوس حرکتهای سیارگان و ماه را ثبت و نگاهداری می‌کرد. او برای توضیح این حرکتها نظریه‌ای نپرداخته است، اما داده‌هایی را که آگاهانه گردآورده، دانشمندان پس از او را به پرداختن

38. uniform and circular 39. eccentricity

نظریه‌هایی [illegible] این باغ توانا ساخته است. بار دیگر شمّ علمی اسکندرانی جلوه‌گری می‌کند و از آن این نکته دانسته می‌شود که علم کار یک تنه نیست و پیشرفت علمی تنها از راه انباشتن اطلاعات تفصیلی بر روی اطلاعات مفصل دیگر میسر است.

هیپارخوس مثلثات را اختراع کرد، اما موفقیت او به کار ارشمیدس بستگی داشت. در هندسه دوگونه اندازه‌گیری متفاوت از هم هست: اندازه‌گیری فاصله و اندازه‌گیری زاویه. کار مثلثات این است که میان اندازهٔ زوایا و فاصله‌ها رابطه برقرار کند. در اخترشناسی همیشه نیاز به مثلثات احساس می‌شود. برای یافتن فاصله‌های نسبی خورشید و ماه آریستارخوس نسبت EM به LS (شکل ۹) را با اطلاع از زاویهٔ MES، یعنی تنها چیزی که توانسته بود اندازه بگیرد، محاسبه کرد. خروج از مرکز مدار خورشید که نسبت میان دو فاصله است، توسط هیپارخوس از روی یک زاویه محاسبه شد. آریستارخوس مشکل خاص خود را با استدلال خاصی حل کرد، اما او نیز بود روشی کلی ابداع شود تا به کمک آن روش به حل این گونه مسائل بپردازند؛ یعنی اگر زاویه‌های مثلث معلوم باشد با آن روش کلی نسبت اضلاع مثلث به زوایا را به دست آورند. چون هرمثلثی را می‌توان به مثلثهای قائم‌الزاویه تقسیم کرد، پس مشکل اساسی همانا برقرار کردن رابطه‌ای میان اضلاع مثلث قائم‌الزاویه و زاویه‌های آن است.

فرض کنید در مثلث ABC، زاویهٔ C قائمه باشد (شکل ۲۲)، AB را به عنوان واحد طول برمی‌گزینیم و فرض می‌کنیم اندازهٔ زاویهٔ θ را می‌دانیم. هدف ما به دست آوردن طول BC و AC است. به مرکز A و با شعاع AB دایره‌ای رسم کنید. BC را امتداد دهید تا در نقطهٔ X دایره را قطع کند. از تقارن پیداست که زاویهٔ $CAX = \theta$ است و BC نصف BX است. پس BC نصف وتر زاویهٔ 2θ است، واگر جدولی داشته باشیم که وترهای مقابل زاویه‌های مختلف را به دست دهد، می‌توانیم BC را به‌دست آوریم. AC را با کمک قضیهٔ فیثاغورس می‌توان یافت.



شکل ۲۲

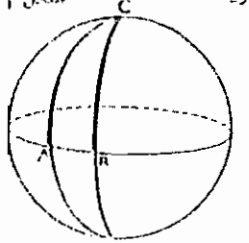
هیپارخوس برای وترها جدولی تهیه کرد. دیدیم که ارشمیدس وترهای زاویه‌های ۶۰° و ۳۰° و ۱۵° و ۷½° و ۳¾° را محاسبه کرد. روش او می‌تواند برای زاویه‌های باز هم کوچکتر گسترش یابد. هیپارخوس قضیه‌ای را نیز به کار برد که به قضیهٔ بطلمیوس معروف است. او با کمک این قضیه توانست با در دست داشتن اندازهٔ وترهای α و β، وتر $(\alpha+\beta)$ را تعیین کند. از این رو، او

توانست وتر ۷۵° را از روی وترهای ۶۰° و ۱۵° بیابد. یا آنکه وتر ۳۷½° را از روی وترهای ۳۰° و ۷½° تعیین کند. او با شکیبایی وتر زاویه‌ها را با فاصله‌های بسیار کم محاسبه کرد.

جدول وترها، همانند جدول جدید سینوسهاست. چنانچه AB واحد طول باشد، طول BC سینوس زاویهٔ θ خوانده می‌شود. بنابراین، سینوس θ نصف وتر 2θ است.

هیپارخوس به کمک جدول وترهایش، برقرار کردن رابطه میان ضلعها و زاویه‌های مثلثهای مسطح را آسان یافت. او همچون اراتستنس به جغرافیا علاقه داشت.[40] مثلثهای جغرافیایی که بر سطح زمین ترسیم می‌شوند تقریباً به مثلثهای کروی می‌مانند. عموماً نمی‌توان بر روی سطح منحنی، خط مستقیم کشید؛ نزدیکترین خط به خط مستقیم در روی سطح منحنی، خط ژئودزیک[41] است. فرض کنید A و B دونقطه روی سطح منحنی باشند. خط ژئودزیک کوتاهترین خطی است که می‌توان میان دونقطهٔ A و B کشید و در عین حال از سطح منحنی جدا نشد. می‌توان این خط را به روش تجربی و با کشیدن رشته تنگ محکمی از نقطهٔ A به B و بر روی سطح به دست آورد. روی کره، خطهای ژئودزیک کمانهایی از دایره‌های بزرگ کره هستند؛ یعنی دایره‌ای که محیط آن روی سطح زمین و مرکز آن، مرکز زمین است. می‌توان چنین دایره‌ای را به صورت مقطعهایی فرض کرد که از تقسیم کره به نیمکره‌ها حاصل شده باشد. نمی‌توان بر روی سطح کره، دایره‌ای با شعاع بزرگتر از شعاع زمین رسم کرد. دایره‌هایی با شعاعهای کوچکتر می‌توان رسم کرد، اما اینها دایره‌های کوچك نامیده می‌شوند. هریك از مدارهای زمین، جز خط استوا، نمونهٔ دایرهٔ کوچك زمین است. می‌توان از راه ریاضی ثابت کرد که اگر A و B در دو انتهای یك قطر واقع نباشند، تنها یك دایرهٔ بزرگ هست که از A و B می‌گذرد و خط ژئودزیک میان آن دو نقطه، کمانی از همان دایره است.

اگر C و B و A سه نقطه روی کره باشند و اگر این سه نقطه را با دایره‌های بزرگ به هم وصل کنیم، نتیجهٔ به دست آمده شکلی است که به آن مثلث کروی[42] می‌گویند.



شکل ۲۳

این مثلث در شکل ۲۳ نشان داده شده است. در این شکل B و A روی خط استوا و C قطب شمال است. ضلع AB بخشی از استوا و اضلاع CA و CB دو نصف‌النهار هستند. مشخصات مثلثهای کروی با مشخصات مثلثهای مسطح[43] متفاوت است. برای مثال، زاویه‌های B و A در مثلث ABC قائمه

---

۴۰. هیپارخوس نخستین کسی است که برای تعیین نقاط روی سطح زمین، استفاده از طول و عرض جغرافیایی را پیشنهاد کرده است.

41. geodesic 42. sepherical triangle 43. plane triangle

است. بنابراین، مجموع زوایای این مثلث بیش از ۱۸۰° است. بررسی مثلثهای کروی را مثلثات کروی[44] می‌نامند. هیپارخوس در دانش مثلثات کروی پیشرفتهای چشمگیری داشت.

هرون[45] که در سدهٔ اول قرم سالهای شکوفای عمر خود را می‌گذراند، از آن نظر جالب است که کارش می‌توانست در اسکندریه تکامل یابد ولی در عمل چنین نشد. هرون کوشش داشت تا از دانش علمی بهره‌برداری فنی کند و در این کار، راه ارشمیدس را ادامه می‌داد. از این گونه کارها، کارهای فرعی ارشمیدس بود. با همهٔ اینها، هرون همتراز ارشمیدس نیست. بیشتر اندیشه‌های هرون در مرحلهٔ آزمایشی ماند. در این باب دو دلیل گویا هست: نخست آنکه نظامهای اجتماعی و اقتصادی عصر هرون که به نیروی رایگان کار بردگان وابسته بود، می‌توانست بدون آنکه به مهارت فنی زیاد نیاز داشته باشد، به کارکرد خود ادامه دهد. در آن دوره هیچ نیازی به مهندسی مکانیک نداشتند، هرچند که حتی در آن زمان، نیاز به مهندس ساختمان را حس می‌کردند. در ضمن آنکه شیوهٔ استفاده از آهن و دانش کلی از مواد، که برای استفادهٔ نیروی مکانیکی در مقیاسهای بزرگ ضروری به شمار می‌آید، کارآیی نداشتند. به همین دلیل نبوغ آن دانشمند اسکندرانی جامه را به سوی تمدن صنعتی سوق نداد.

مشهورترین اختراع هرون، اختراع توربین بخاری بود که از یک گوی میان تهی، که می‌توانست به دور محوری آزاد بچرخد، تشکیل شده بود. بخار از درون میله‌ای تهی وارد گوی می‌شد و به طور مماسی از راه لوله‌های خمیده شکلی بیرون می‌جهید. براثر واکنش جهش بخار، گوی شروع به چرخیدن می‌کرد. اختراع هرون نخستین ابزار شناخته شده‌ای است که حرارت را به نیروی مکانیکی تبدیل کرده است.

ارزشمندترین سهم هرون در علم محض این گفتهٔ اوست که پرتو نور در گذر از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر، کوتاهترین فاصله را می‌پیماید. این اصل، مستلزم شناسایی قوانین بازتاب است که اقلیدس از آن آگاهی داشت. در سدهٔ هفدهم، فرما این اصل را گسترش داد و تعمیم آن در سدهٔ هیجدهم، به روش مهمی در فیزیک انجامید که به اصل حداقل کُنش[46] معروف است.

۷ مدرسهٔ پزشکی اسکندریه هروفیلوس و اراسیستراتوس
فیلیموس و پزشکی تجربی خدمات بطلمیوسیان

کار اسکندرانیها در اخترشناسی و ریاضیات، هم به سبب ارزش ذاتی آن و هم از جهت تاثیرهایی که

44. sepherical trigonometry 45. Hero(= هرون اسکندرانی) 46. Principle of Least Action

بر جای گذاشت، از سایر کارهای ایشان مهمتر بود. روح کارهای اسکندرانیها چنان تازه بود که دانشمندان سده‌های شانزدهم و هفدهم می‌توانستند درست از همان جایی که بررسی دانشمندان اسکندرانی متوقف شده بود، پژوهش خود را آغاز کنند. کپلر خود می‌توانست با تیکو براهه[47] و ارشمیدس با نیوتون[48] همکار و همزبان باشند. با این حال در کتابخانه یا موزهٔ اسکندریه فعالیتهای دیگری هم بوده که نباید از آنها چشم بپوشیم.

مدرسهٔ پزشکی اسکندریه به تدبیر بطالمیوسیان که میان فرهنگهای یونانی، یهودی و مصری الفت و الفت برقرار کرده بود، دین بسیار داشت. مدرسهٔ پزشکی اسکندریه می‌توانست از منابع گوناگون گذشته الهام بگیرد. این کار در پرتو توجه و مراقبتی که بطالمیوسیان به کتابخانهٔ اسکندریه معطوف داشته بودند، میسر شده بود. سهم آتن به همراه سهمی که مکتب سیسیلی امپدوکلس داشت، در آثار ارسطو و شاگردش تئوفراستوس[49] در زمینه‌های گیاهشناسی، کالبدشناسی تطبیقی، رویان‌شناسی[50]، وراثت و پزشکی پیداست. پزشکی یونیایی در آثار بسیاری که به بقراط نسبت داده‌اند، تشریح شده است. بی‌شبهه برخی از این آثار از آن بقراط هستند و بسیاری دیگر ساختگی‌اند. چون بطالمیوسیان برای تهیهٔ کتابهای مهم بولهای کلانی می‌پرداختند، بازار جعل کتاب رونق گرفت. پزشکی یونیایی، مانند اخترشناسی و ریاضیات آن، بسیار مرهون پزشکی بابلی و مصری است. مصریها در پزشکی اسکندرانی سهم مستقیم نیز داشتند. دانش مصری در زمینهٔ داروپزشکی و جراحی قابل توجه بود. بطالمیوسیان با رفتار خود نسبت به گزینش رئیس مصری برای کتابخانهٔ اسکندریه، راه دستیابی به دانش مصری را هموار ساخته بودند.

گرداوری مواد علمی زیست‌شناسی و پزشکی، که به مجموعهٔ بقراطی شهرت یافته، یکی از ستونهای بنایی است که پزشکی اسکندرانی برآن نهاده شده است. ستون دیگر پزشکی اسکندرانی، رونق کار کالبدشکافی بود. تا آن زمان تنها کالبد جانوران را می‌شکافتند، اما چون بطالمیوسیان ممنوعیتها و محدودیتهای علمی گذشته را مردود می‌شناختند، با کالبدشکافی انسان موافقت کردند و این کار را مورد تشویق قرار دادند. حتی اجازهٔ تشریح زندهٔ انسانهای محکومین به مرگ را صادر کردند. شاید این عمل، وحشیانه به نظر برسد، اما در آن ایام روشهایی را برای اعدام بکار می‌گرفتند که همه به این اندازه سنگدلانه و کمتر از آن سودمند بود. کالبدشناسی به عنوان علم محض و علم وابستهٔ پزشکی، روی به پیشرفت سریع نهاد. تن ـ کارشناسی (فیزیولوژی)[51] با دشواریهای بیشتری روبه‌رو بود. به رغم تجربه‌ای که از تشریح زنده کسب کرده بودند، مطالعهٔ کار اندامهای بدن از بررسی ساختمان بدن پیشرفت کمتری کرد.

47. Tycho Brahe 48. Newton 49. Theophrastus 50. embryology
51. physiology

از پرستشگاه سراپیس[۵۲] که به کتابخانهٔ اسکندریه متصل بود، به عنوان بیمارستان استفاده می‌کردند و دانشجویان پزشکی می‌توانستند مثل امروز، مشاهده‌های بالینی داشته باشند. هروفیلوس[۵۳] و اراسیستراتوس[۵۴] از پزشکان ممتاز آغاز کار کتابخانهٔ اسکندریه و از معاصران اقلیدس بودند. هروفیلوس در شهر کوس تحصیل کرده بود، به بقراط عقیده داشت و روشهایی همانند روش او به کار می‌برد. اراسیستراتوس بیشتر متأثر از مشائیون بود و روشهای معتدلتری را برای مداوا به کار می‌بست. هروفیلوس و اراسیستراتوس کالبدشناسان توانایی بودند. آن دو در زمینهٔ تن‌شناسی (فیزیولوژی) نیز به کشفیاتی نایل آمده بودند. هروفیلوس ضربان نبض را ناشی از تپش قلب می‌دانست و برخلاف نظر ارسطو، مغز را جایگاه عقل می‌شمرد. اراسیستراتوس دریافت که عصبها یا از اعصاب، اعصاب حسّی و برخی، اعصاب حرکتی هستند. اما دربارهٔ کار سرخرگها دچار اشتباه شد و پنداشت کار آنها انتقال هواست.

دنباله روی هروفیلوس و اراسیستراتوس بیش از پیش به بحثهای عالمانه پرداختند و به پزشکی عملی کمتر روی آوردند. درنتیجه فیلینوس کوسی[۵۵] که از شاگردان هروفیلوس بود، فرقهٔ تازه‌ای به نام پزشکی تجربی تأسیس کرد. پزشکان تجربی عقیده داشتند که کسب دانش محض، تباه کردن عمر است و از این رو، به انکار ارزش کالبدشناسی، تن‌کارشناسی و هرنوع دانش نظری دیگر برخاستند و مدعی شدند تنها مبنای قابل اعتماد، تجربهٔ ثبت و ضبط شدهٔ بیماریهایی است که عملاً مشاهدهٔ شده‌است. دیدگاه پزشکان تجربی یکجانبه بود، اما آنها پزشکان مبرّزی بودند و به برقراری توازن میان نظر و عمل، که درغیراین صورت ممکن بود از بین برود، کمک کردند.

رشته‌های گوناگون پزشکی اسکندرانی به دست جالینوس (گالنوس)[۵۶] که در سدهٔ دوم بم بیشتر در شهر روم می‌زیست و در همان جا به کار پزشکی و تألیف می‌پرداخت، به هم پیوند یافت. پزشکی اسکندرانی در سراسر دوران امپراتوری روم متداول بود. رومیها به اهمیت پزشکی در ارتش توجه کردند، اما جز در زمینهٔ بهداشت، سهم زیادی در کار اصیل پزشکی نداشتند. روش رومیان در برابر علوم، بی‌تفاوت، بی‌روح و سود جویانه بود. گسترش دامنهٔ قدرت رومیان به یونان، هرچند روی‌همرفته تعطیل علم را به همراه نداشت، اما عامل اصلی انحطاط علمی و شتابناک ساختن فرارسیدن قرون مظلم بود. قتل جهت‌ولانهٔ ارشمیدس به دست رومیان و از کف رفتن استقلال آخرین دولتشهر یونانی، نشانهٔ دردناکی از گردش اوضاع محسوب می‌شد. به قول تی. آر. گلاور[۵۷]، «یونانیان به فضل‌بروری شهرت داشتند و رومیان به فاضلاب‌کشی.»

یهودیها در پیشرفت پزشکی اسکندرانی نقشی مؤثر داشتند. و این، نکتهٔ مهمی است، زیرا که از

52. Serapis 53. Herophilus 54. Erasistratus 55. Philimus of Cos
56. Galen 57. T.R.Glover

موفقیت سیاست مدارا جویانه و دورنگرانهٔ بطالمیوسیان که در راه یگانه ساختن فرهنگهای باستانی پیش گرفته بودند، حکایت می‌کند. تأثیر چنین سیاستی بر گسترش تفکّر مهم و سودمند بود. اسکندر جمعیت پایتخت خود را از ملتهای گوناگون تشکیل داده بود، و بطالمیوسیان چنان موقعیتی را مغتنم شمردند.

فلسفه و علم یونانی همواره خدایان سنتی را که بیش از حدّ خوی انسانی داشتند، به دیدهٔ شک می‌نگریست. چند خدایی[۵۸] جای خود را گاه به پرستش خدای یکتا یا خدایی روحانی می‌داد، یا به الحاد[۵۹] آشکار می‌گرایید، یا بیشتر اوقات به وحدت وجود[۶۰] (همگو هر انگاشتن خدا و عالم) تبدیل می‌شد. اما ازسوی دیگر، مصریها دین آبا و اجدادی خود را همچنان نگاه می‌داشتند. بطالمیوسیان با مشکل آشتی دادن روبه‌رو بودند. یکی از اقدامهایشان را برای حل این مشکل دیدیم. اقدام دیگرشان نیز به همان نسبت سیاسی بود. آنها پرستش خدای سراپیس را ترویج دادند. بتی که تمثیل سراپیس بود، هیئتی یونانی داشت و از مواد مختلفی ساخته شده بود که یونانیان می‌توانستند آن را به مظهری از وحدت وجود علمی خود تعبیر کنند. اما مصریها ترغیب می‌شدند آن خدا را با همان هیئت به عنوان اوسیریس[۶۱] و آپیس[۶۲] ـ یعنی هیئت انسانی گاومقدس آپیس ـ دران جهان‌ـ بپذیرند. مصریها از روی شعف از خدا را در کنار ایسیس[۶۳] و هوروس[۶۴] می‌پرستیدند.

در همان ایام آمیزش فرهنگهای یونانی و عبرانی با ترجمهٔ یونانی عهد عتیق (تورات) و با نظارت بطالمیوس ملقب به فیلادلفوس[۶۵] مورد تشویق قرار گرفت. با چنین تمهیداتی بطالمیوسیان اطمینان یافتند جمعیت امیختهٔ اسکندریه در برابر تمدن مسلط یونانی، بازتاب کاملاً مساعدی نشان خواهد داد.

۸ حوزهٔ دوم اسکندرانی بطالمیوس فاتح حامل و تدویر پسخرام مشتری حرکت توافقی و تناوبی

در سدهٔ یکم ق‌م مصر در دایرهٔ نفوذ امپراتوری روم قرار گرفت و سرانجام به زیر فرمانروایی رومیان رفت. در آن عصر بی‌ثباتی سیاسی، پیشرفت علمی ناچیز بود. امّا دولت روم پس از استقرار دولتی با ثبات و اهل مدارا بود. رومیها به دانشهای انتزاعی با بی‌تفاوتی می‌نگریستند، اما در صدد تعطیل این دانشها برنیامدند و ماهیت یونانی اسکندریه را دگرگون نساختند. پس از گذشت مدت

58. polytheism 59. atheism 60. pantheism 61. Osiris 62. Apis
63. Isis 64. Horus 65. Philadelphus

زمانی، علم دوباره جان گرفت و درسده‌های دوم، سوم و چهارم پیم به راه پیشرفت خود ادامه داد. البته موفقیت و اصالت علمی آن عصر، با معیارهای که بررسی کردیم، مقایسه‌پذیر نبود. با این همه، کارهای با ارزشی در ریاضیات و اخترشناسی صورت گرفته است. اسکندریه که مادر شهر (ام‌البلاد)[۶۶] بود، به شهری ولایتی تبدیل شد. آن گاه جویندگان نام به رم روی می‌آوردند، و همان گونه که اسکندریه جانشین آتن شده بود، رم جای اسکندریه را گرفت. روم به مردان عمل بیشتر از مردان علم ارج می‌نهاد. دانشمندان، دیگر مصاحب و راهنمای شاهان نبودند. عقل یونانی بیشتر انگیزه‌های خود را از دست داد و برای تشفی و ارضاء به تامل در گذشتهٔ خود پرداخت. حال، فضلای مفضال و مفسران در مرتبه‌ای ایستاده بودند که روزگاری جای متفکران بزرگ و اصیل بود.

کلادیوس بطلمیوس[۶۷] که در نیمهٔ نخستین سدهٔ دوم فعالیت داشت، ممتازترین اخترشناس حوزهٔ دوم اسکندرانی است. کارهای بطلمیوس در اخترشناسی به کارهای اقلیدس در ریاضیات می‌مانست. او اندیشهٔ مهم تازه‌ای نیاورد، اما آرای پیشینیان خود را در رسالهٔ منظمی گردآورد و اخترشناسی یونانی را در آن خلاصه کرد. این رساله با نام عربیش مجسطی شهرت دارد.

یونانیان همواره می‌پنداشتند حرکتهای اختران متشابه و مستدیراست. ائودوکسوس که متاثر از افلاطون بود، طرح نظامی را ریخت که حرکتهای خورشید، ماه و سیارگان را برهمین پایه بتفصیل توضیح می‌داد. هیپارخوس و بطلمیوس نظام متمرکز افلاک ائودوکسوس را کنار گذاشتند و به جای آن نظریهٔ فلکهای تدویر[۶۸] را که تا انقلاب علمی نظریهٔ حاکم بود، ترویج دادند. این نظریه، توصیف هندسی و انتزاعی افلاک بود. هیپارخوس و بطلمیوس به حرکات خاصی قایل شدند، اما مکانیسمی که این گونه حرکات خاص را توضیح دهد، پیشنهاد نکردند. اندیشهٔ اصلی این نظریه که از آن هیپارخوس بود از این قرار است که اختر در دایره‌ای حرکت می‌کند که مرکز آن، خود به دور مرکز دیگری می‌گردد. همچنین بیشتر رصدهایی که نظریه باید با آن سازگار می‌بود، توسط هیپارخوس صورت گرفته بود. اما هیپارخوس تنها حرکت تدویری خورشید و ماه را به تفصیل بررسی کرده بود. این نظام، بحق به نظام بطلمیوسی مشهور است، زیرا بطلمیوس با زحمتی جانکاه فلکهای تدویر سیارگان را با واقعیتها سازگاری داد و مطلب جامعی نیز درباب آن نوشت. اکنون به بیان مختصری در باب آنچه نیاز به توضیح داشت، و توضیحی که نظریهٔ افلاک تدویر ارائه می‌داد، می‌پردازیم.

باید سیارگان بیرونی[۶۹] (مریخ، مشتری و زحل) را از سیارگان درونی[۷۰] (عطارد و زهره) جدا

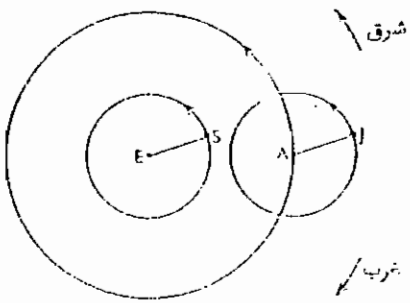
66. metropolitan

۶۷. Claudius Ptolemy: ربطی احتمال با خانوادهٔ سلطنتی مصر خویشاوندی نداشته است.

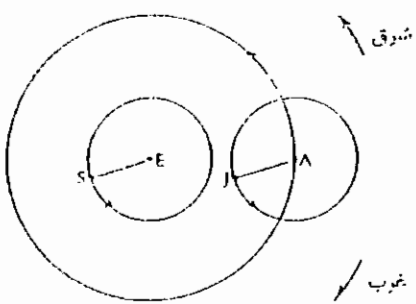
68. epicycle 69. outer planets 70. inner planets

کنیم. برای مثال، مشتری را درنظر می‌گیریم. مشتری مانند خورشید از میان صورتهای فلکی منطقةالبروج از غرب به شرق حرکت می‌کند. حرکت مشتری بسیار یکنواخت است و دوازده سال به درازا می‌کشد تا این مسیر را یک بار بپیماید. آهنگ حرکت مشتری یکنواخت نیست. چندگاهی به سوی مشرق حرکت می‌کند، سپس کوتاه زمانی به جانب مغرب می‌رود، دوباره به طرف مشرق میل می‌کند و به همین نحو. لحظه‌های درنگ مشتری را ایستگاه‌های[۷۱] مشتری می‌نامند. حرکت مشتری از ایستگاهها به سوی غرب، حرکت پسخرامی (عقب‌گردی)[۷۲] نام دارد. دورهٔ تناوب حرکت مشتری از آغاز یک پسخرام تا آغاز پسخرام بعدی، بیش از یک سال به درازا می‌کشد. درهر دوازده سال (یک دور حرکت انتقالی)، مشتری یازده پسخرام دارد. پسخرام مشتری کندتر از حرکت به سوی شرق است و از آن گذشته، زمان کوتاهتری را سپری می‌کند. بنابراین، سیاره، در مجموع، به سوی شرق حرکت می‌کند.

در فصلهای آینده خواهیم دید که فرضیهٔ کوپرنیکی حرکت زمین، حرکت مشتری را چه ساده توضیح می‌دهد. اصول نظام بطلمیوس در شکلهای ۲۴ و ۲۵ نشان داده شده است. این دو شکل، حرکتهایی را که نسبت به زمین ساکن و ستارگان، به خورشید و مشتری نسبت داده شده است،



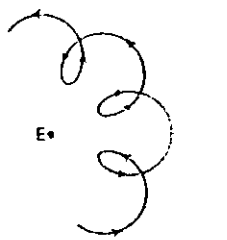
شکل ۲۴ ۰F



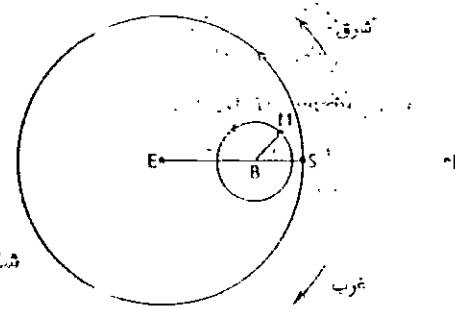
شکل ۲۵ ۰F

71. stations 72. retrograde

نشان می‌دهند. باید چنین تصور کنیم که از روی قطب شمال به زمین (E) که زیربای ماست، نگاه می‌کنیم. F نشانهٔ یکی از ثوابت است. خورشید (S) یك بار در سال از غرب به شرق به دور زمین می‌گردد. نقطهٔ A در هر دوازده سال، یك بار از غرب به شرق به دور زمین می‌گردد. دایره‌ای که A طی می‌کند، فلك حامل[۷۳] مشتری نامیده می‌شود. مشتری (J) در عین حال روی دایره‌ای کوچکتر، که فلك تدویر نام دارد، به دور A می‌چرخد، به طوری که AJ همیشه با ES موازی است. هنگامی که ترتیب قرارگرفتن سیّارگان مطابق شکل ۲۴ باشد، حرکت J نسبت به A در همان جهت حرکت A نسبت به F است. بنابراین، همان طور که از E دیده می‌شود، پنداری که J با سرعتی بیشتر از A از غرب به شرق حرکت می‌کند. شش ماه بعد، جای سیّارگان به شرح شکل ۲۵ تغییر می‌کند. خورشید نیمی از مدار به دور زمین را پیموده، اما نقطهٔ A بیش از ۱/۲ مدار خود را دور نزده است. AJ هم با ES چرخیده است و J به نسبت A، حرکتی پسخرام داشته است. حرکت J روی محیط فلك تدویر سریعتر از حرکت A روی فلك حامل است. از E که نگاه کنیم، گویی که J به نسبت نقطهٔ F ازشرق به غرب حرکت می‌کند، اما نه با همان سرعتی که قبلاً از غرب به شرق داشت. مسیری که مشتری عملاً می‌پیماید، در شکل ۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۲۶



شکل ۲۷

اگر حرکتهای درازمدت مشتری را برصفحهٔ کاغذ رسم کنیم، برای تجسّم حرکتهای شبانروزی باید صفحهٔ کاغذ را هر ۲۴ ساعت یك بار در جهت حرکت عقربه‌های ساعت حول نقطهٔ E بچرخانیم.

حرکات عطارد و زهره به گونه‌ای دیگر است. این حرکات در شکل ۲۷ نشان داده شده است. B نقطه‌ای بر ES است و به همراه خورشید سالی یك بار زمین را دور می‌زند. مرکز فلك تدویر عطارد (M) نقطهٔ B است و مسیر عطارد تقریباً هر ۱۱۶ روز یك بار خط EB را قطع می‌کند. از E که نگاه کنیم، عطارد به دنبال خورشید ظاهر می‌شود، از منطقةالبروج می‌گذرد و از یك سو به سوی دیگر

73. deferent

نوسان می‌کند. در واقع حرکت عطارد این طور به نظر می‌رسد. سیّارهٔ زهره نیز وضع همانندی دارد، اما نوسان آن آهسته‌تر و دامنهٔ آن بیشتر است. به عقل نزدیکتر بود اگر تصور می‌شد حرکتهای ظاهری متشابه عطارد و زهره، نتیجهٔ حرکت به گرد خود خورشید است. معلوم نیست بطالمیوس به چه دلیل نقطهٔ نالازم B را وارد میدان کرده است.

نظریهٔ بطلمیوسی که شرح آن را دادیم، به طور کلی مشخصات اصلی حرکتهای ظاهری سیّارگان را بازگو می‌کند، اما در این نظریه ناسازگاریهایی هست. برای توجیه ناسازگاریها ناگزیر بودند نظریه را آب و تاب دهند. برای مثال مشتری دقیقاً مسیر حرکت J را مطابق شکل ۲۶ دنبال نمی‌کند. نقطهٔ دیگری به نام J' فلك تدویر کوچکتری به دور J رسم می‌کند و نقطهٔ سومی به نام J'' فلك تدویری بازهم کوچکتر از فلك تدویر J' می‌پیماید. خود مشتری آخرین این فلکهای بی‌درپی را می‌پیماید. سرانجام بطالمیوس با انطباق دقیق اندازه‌ها و دوره‌های تناوب فلکهای تدویر، توانست حرکت ظاهری مشتری را توجیه کند. نیز لازم بود زمین دقیقاً در مرکز دایرهٔ تدویر یا فلك حامل قرار نداشته باشد.

نظام بطالمیوس که بتدریج حك و اصلاح گردید، تا زمان کوپرنیك نیازهای اخترشناسان را برمی‌آورد. اما این نظریه به اندازه‌ای پیچیده شده بود که جمع و جور کردنش دیگر امکان نداشت. بطالمیوس می‌دانست اگر موافق عقیدهٔ هراکلیدس فرض را برپایهٔ گردش زمین به گرد محور خود می‌گذاشت، حرکتهای شبانروزی افلاك ساده‌تر فهمیده می‌شد. اما تا چند صدسال پس از کوپرنیك، نظریهٔ گردش زمین به دور خودپذیرفتهٔ همگان قرار نگرفت. به دیدگاه پیشرفته‌تر آریستارخوس، هیچ اعتنا نمی‌شد. برای آنکه حرکتهای بطالمیوسی درست فهمیده شوند، باید فرض کرد حرکت سالانهٔ فلکهای تدویر بر روی صفحه‌ای صورت می‌گیرد که خود آن صفحه، هرشبانروز به گرد محوری که از درون مرکز زمین ثابت می‌گذرد، می‌چرخد.

توصیف یونانیان از حرکتهای آسمانی، در برابر توصیف کوپرنیك و کپلر کودکانه می‌نماید، اما اگر دربارهٔ همان توصیف در متن زمان خود داوری شود، دستاورد شکوهمندی از تخیّل، مشاهده و تبحّر هندسی و حامل اصلهای بنیادین یك نوع روش ریاضی نوین و مهم است. اگر شیء P که روی دایره‌ای به مرکز O به طور متشابه حرکت می‌کند، از نقطهٔ دور اما در سطح دایره دیده شود، حرکت آن دستخوش نوسان به نظر می‌آید. حرکت نوسانی P، حرکت توافقی ساده[۷۴] نامیده می‌شود. اگر در همین حال، O در همان سطحی که هست، به دور نقطهٔ دیگری به نام O' بگردد، حرکت ظاهری P به نسبت O'، از راه افزودن یك حرکت توافقی ساده برحرکت توافقی سادهٔ دیگر به دست می‌آید. حرکت تدویری سیّاره، چنانکه از زمین دیده می‌شود، باید آشکارا ترکیبی از چند

74. simple harmonic motion

حرکت توافقی ساده باشد.

حرکت توافقی ساده در صورتی معلوم می‌شود که تناوب (زمان نوسان) و دامنه[۷۵] (میدان نوسان) آن معلوم باشد. کارهای که یونانیان کردند در واقع این بود که با ترکیب حرکتهای توافقی ساده با تناوبها و دامنه‌های مختلف، از حرکت تناوبی[۷۶] پیچیدهٔ سیاره توصیفی تقریبی به دست دادند.

حرکت تناوبی ــ حرکتی که در آن، سلسله‌ای از تغییرات در فواصل زمانی متوالی و مساوی تکرار می‌شود ــ پدیده‌ای است که به فراوانی در طبیعت دیده می‌شود. حرکت توافقی ساده، ساده‌ترین نوع حرکت تناوبی است و بررسی ریاضی آن آسان است. فهم حرکت تناوبی پیچیده نیز آسان است، به شرطی که بتوان آن را به صورت ترکیبی از چند حرکت توافقی ساده نشان داد. روش بررسی حرکات تناوبی در علم نوین که فوریه[۷۷]، فیلسوف فرانسوی و بسل[۷۸]، اخترشناس آلمانی دراغاز سدهٔ نوزدهم متداول ساختند کاربردی گسترده دارد. به دنبال آن دو، دیریشله[۷۹] ریاضیدان آلمانی ثابت کرد که با نمودن حرکت تناوبی از این راه، با هردرجه از تقریب که اقتضا کند، همیشه ممکن است. بیش از آنکه مبانی نظری این روش بدقت معلوم شود، این روش همانند بسیاری از روشهای ریاضی دیگر، کاربرد علمی داشت.

۹ پاپوس دیوفانتوس جبر و زبان نمادگرایی ریاضی

عددنویسی دیوفانتوسی

پاپوس[۸۰] و دیوفانتوس[۸۱] (دیوفنطس) تنها اسکندرانیهای بزرگی هستند که یادی از ایشان لازم است. پاپوس نزدیک به پایان سدهٔ سوم می‌زیسته و برهندسهٔ گذشتگان حاشیه‌هایی نگاشته و به واسطهٔ همان حاشیه‌نویسیها، اطلاعات زیادی از آثار از دست رفتهٔ پیشینیان به ما رسیده است. اثر اصلی پاپوس به قدر کافی، پسند علاقهٔ همگان نیست و لزومی ندارد در اینجا بدان بپردازیم. این اثر شامل قضیه‌های تازه‌ای در موضوعهایی چون مقاطع مخروطی است که پیش از پاپوس به مراحل گسترش خود رسیده بودند. دیوفانتوس که در اسکندریه اشتغال داشت، به فاصلهٔ کوتاهی پس از پاپوس می‌زیست. اهمیت دیوفانتوس برای آن است که نخستین مطالب جدی در باب جبر را تالیف کرده است. اما پیش از آنکه به کار دیوفانتوس بپردازیم، لازم است از ماهیت و اهمیت جبر معمولی سخنی به میان آوریم. جبر با موضوعی دانسته‌تر، که همانا پیوند میان زبان و رشد تفکر باشد،

75. amplitude 76. periodic motion 77. Fourier 78. Bessel
79. Dirichlet 80. Pappus 81. Diophantus

رابطهٔ نزدیکی دارد.

جبر در اوان پیدایش، بیشتر به حل معادلات اختصاص داشت و از کوششی که برای حل مسائل معکوس حساب به کار می‌رفت، سرچشمه گرفته بود. مسألهٔ مستقیم، مسئله‌ای است که عملیات خاصی بر روی عدد مفروضی انجام می‌گیرد و از این راه نتیجه‌ای به دست می‌آید. پیشینیان چون نظامهای مناسبی برای عددنویسی نداشتند، حتی در مسائل مستقیم کاملاً ساده نیز با دشواری روبرو بودند. برای مثال، یافتن نتیجهٔ حاصل از ضرب عدد ۱۷ در ۱۹، افزودن ۱۴۷ بران و سپس بخش کردن بر ۵۰ برای آنان اصلاً کار ساده‌ای نمی‌نمود. بنابراین، در حلّ مسائل معکوس دشواریهای بیشتری داشتند. در مسائلی از این نوع، نتیجهٔ انجام دادن مجموعه‌ای از عملیات بر روی عدد مجهول، معلوم است و این انتظار هست که عدد مجهول پیدا شود. مثلاً چه عددی است که اگر دو برابر شود و حاصل جمع آن با حاصل ضرب عدد ۲ در مربع همان عدد جمع شود، عدد ۸۵ به دست می‌آید؟ پاسخ درست، عدد ۵ است. این پاسخ ساده را از راه آزمون و خطا می‌توان یافت، اما با روشهای حساب یونانی، حل چنین مسئله‌ای نیازمند به کار فراوان بود. و اگر ۸۶ به جای ۸۵ گذاشته می‌شد، از این راه امید کمتری به حل مسئله بود. پاسخ مسئله را تنها می‌توان از راه مراحل پیچیدهٔ استنتاج به دست آورد. و این خود کاری بس دشوار است، زیرا که باید به کمک همان زبان روزمره عمل استنتاج را انجام داد.

ویژگی نمایان زبان روزمره در انعطاف‌پذیری آن است. این زبان را تقریباً می‌توان برای بیان هرموضوع یا هراندیشه‌ای به کار برد. شستیهای پیانو به گونه‌ای تنظیم شده که برای نواختن آهنگ باید از همهٔ آنها استفاده کرد، اما صدایی که از هریک از شستیها برمی‌خیزد، چندان دقیق نیست. بهایی که در ازای توانایی تغییر و انعطاف زبان پرداخت می‌شود، از دست رفتن دقتهای خاص است. این نکته چندان مهم نیست، اما در مباحث فنی که در مراحل پیشرفتهٔ تمدن با اعمال خاصی به همراه است، نکته‌ای نیست که بتوان از آن سرسری گذشت. در گفت‌وگوهای عادی، زبان یا قلم رسا می‌تواند با گزینش و ترتیب نشانه‌های معمولی زبان و با رعایت اختصار کلام، تمایزهای کاملاً دقیق معنایی را ایجاد کند، اما در مواقعی که این کار ناممکن باشد، به نمادهایی سوای واژه‌ها نیاز است. شیمی، نقشه‌نگاری[۸۲]، موسیقی، ریاضیات و منطق عمیقاً به کاربرد چنین نمادهایی متکی هستند. باله مثال گویای فعالیتی است که همواره در معرض خطر نابودی است، زیرا برای زبان خود، نشانه‌های مناسب را دراختیار ندارد.[۸۳]

82. cartography

۸۳. «موسیقی خط خود را دارد و نمایشنامه، کتاب خود را. نقاشیهای گذشته را می‌توان بر در و دیوار موزه‌ها و تااندازه‌ای با بازنگاریهای آنها دید. اما باله از هیچ یك از این مزایا برخوردار نیست....»
(Arnold Haskell, *Ballet*, Chapter 1.)

جبر معمولی، زبان نمادین[84] ویژهٔ حساب است. جبر، زبانی است که تنها به قصد بیان رابطه‌های میان اعداد ساخته شده است. جبر با وضوحی که ورای توانایی زبان روزمره است، از عهدهٔ این کار برمی‌آید. ما (اگر به مقایسه‌ای که قبلاً داشتیم بازگردیم) جبر به گونه‌ای کوک شده است که پنداری به خودی خود تنها درست صدای خاص خود را برمی‌آورد. پس اگر جبر را زبان بنامیم، به بیراه نرفته‌ایم. هرچه برای همهٔ اجزا و نشانه‌های جبر در زبان معمولی موجود است، اما عکس آن راست نیست. زبان ادبی اجزای بیشماری دارد که نه جبر آنها را دارد و نه نیازی هست که داشته باشد.

در وهلهٔ نخست، توانایی جبر در اختصار آن است؛ اختصاری که می‌تواند روابط پیچیده را بیان کند. جبر این توانایی را به ذهن می‌بخشد که با یك نگاه روابط را دریابد. اگر جبر نمی‌بود، روابط باید در چنان کمیّت پی‌درپی خرد می‌شد و نتیجتاً برحافظه فشار می‌آمد. مثلاً اصول مسئله‌ای را که در چند جمله پیش بیان داشتیم، می‌توان از معادلهٔ $x^2+2x=35$ با بسادگی بسیار دریافت و موضوع را که به کمك الفاظ به زحمت می‌توان بیان داشت، به یك نظر بازشناخت. یا اینکه قاعدهٔ به دست آوردن سطح استوانه را که با فرمول $S=2\pi r(r+h)$ بیان شده، نمی‌توان با همین دقت و وضوح از راه الفاظ ادا نمود.

با این همه، در جبر چیزی بزرگتر و ظریفتر هست. این حسن ناشی از این واقعیت است که زبان جبر به غایت ساده و با قاعده است. اگر مراحل استدلال با نمادهای جبری نوشته شود، هر مرحله متناظر با یك نوع تنظیم خاص نمادهاست. معادلهٔ $AY+B=C$ را در نظر بگیرید. می‌توان گفت که با کسر نهادن از طرفین معادله، معادله تغییر نمی‌کند. حال می‌توان استدلال کرد که حتی اگر طرفین معادله بر A تقسیم شوند، باز هم معادله تغییر نمی‌کند؛ پس: $Y=(C-B)/A$. هر شیوهٔ تفکّر دیگر، با آرایش دیگرگونی از نمادها متناظر خواهد بود. پیشتر فرامی‌گیریم تا آن دسته از آرایشهای نمادینی را که ناظر به مراحل استنتاج درست هستند، بازشناسیم. سپس می‌توانیم چنین آرایشهایی را به صورت خودکار بسازیم، بدون آنکه دایماً نگران دلالتهای آنها باشیم. می‌توان اطمینان داشت که هر حکمی که از این راه به آن رسیده باشیم، راست است، به شرط آنکه حکمی که استدلال خود را برپایهٔ آن آغاز کرده‌ایم، راست باشد. با مراعاتِ ساده قاعده‌هایی که می‌دانیم زبان نمادین ریاضی از آنها پیروی می‌کند، می‌توان بدون زحمت فکری، نتایج مراحل استنتاج پیچیده را به دست آورد. زبان نمادین ریاضی مانند ماشین حسابی عمل می‌کند که ریاضیدان را ازاد می‌کند تا به آن بخش از مسائلی که به اندیشهٔ خلاق او بیشتر نیازمند است، بپردازد.

زبان نمادینی که بدین روش عمل کند، حساب دیفرانسیل و انتگرال[85] نامیده می‌شود، و کار آن بیش از آسان کردن مراحل استنتاج و رسیدن به نتایج از پیش معلوم است. شاید ترتیب تجربی

84. symbolism 85. calculus

نمادهای ریاضی در عمل راه تازه‌ای فراروی اندیشه بگشاید؛ راهی که در غیران صورت، براندیشه پنهان می‌ماند. پس آشکار است که زبان و تفکر دوش به دوش هم می‌بالند. اندیشه‌های تازه وظایف تازه‌ای برعهدهٔ زبان می‌گذارد و افزایش دقت زبان به نوبهٔ خود، رشد تفکر را تحکیم می‌بخشد. این فرایند را به آشکارترین صورت می‌توان در ریاضیات دید.

زبانی که به آن سخن می‌گوییم، نمی‌تواند چون ریاضیات عمل کند. غنا و تنوّع زبان و وابستگیش به اصطلاحات ــ همان خصوصیاتی که به زبان قدرت ادبی می‌بخشد ــ زبان را از تشبّه به ریاضیات بازمی‌دارد. چون زبان می‌تواند منظور واحدی را از راههای بسیار ادا کند، در برابر یك شیوهٔ فکری معین، همیشه واکنش یکتایی نشان نمی‌دهد. حال آنکه این انتظاری است که از ریاضیات باید داشت.

دیوفانتوس توانست با معادلات خطی و درجهٔ دوم به حل مسائل بپردازد. استنتاجهای او در هریك از این معادلات به استنتاجهای ما شباهت داشت، اما اهمیت کار دیوفانتوس از این جهت نیست. بابلیها پیش از دیوفانتوس در این کار توفیق یافته بودند. کار دیوفانتوس از آن جهت مهم بود که او نمادهای تازه‌ای را به کار برد تا به کمك آن بتواند استنتاج خود را توتاهتر از آنچه با واژه‌ها بیان می‌شود، ادا کند. او برای مفاهیم برابر، منها و نیز عدد مجهول و مربع و مکعب آن، نمادهای خاصی داشت. دیوفانتوس برای آنکه جمع دو رقم را نشان دهد، آن دو را در کنار هم می‌نوشت؛ همان کاری که ما اینك برای نشان دادن عمل ضرب می‌کنیم. اونمی‌توانست برای اعداد مجهول (یا متغیرها) مانند ما ازادانه از حروف استفاده کند، زیرا که در اسکندریه هر حرف نشانهٔ عدد خاصی بود. و این بر سر راه روش دیوفانتوس در مسائلی که چندین متغیر داشت، مانعی به شمار می‌آمد و با وصف این، او به این مسائل نیز دست یافت. نمادهای دیوفانتوس با تغییر کافی تکامل نیافت تا به حساب تبدیل شود، اما عددنویسی او نیای جبر نوین است.

فصل چهارم

قرون وسطا و انتقال علم به دورهٔ جدید

۱ درآمد سیمای کلی علوم در آستانهٔ قرون وسطا علتهای زوال علم یونانی، مسیحیت حکومت ارباب کلیسا

از حدود سال ۱۰۰ ق‌م نقش اصلی یونانیان در تفکر غربی از هر جهت به پایان خود رسید. فلسفه و هنر از مدتها پیش به انحطاط گراییده و به همراه آتن افول کرده بود. علم بیش از ۲۰۰ سال دیگر به پیروزیهای بزرگی در اسکندریه دست یافت و در عصر هیپارخوس به اوج خود رسید. اما پس از آن، علم اسکندرانی جز جبر دیوفانتوسی دیگر هیچ چیز واقعاً تازه‌ای در چنته نداشت. البته کارهای مهمی انجام می‌شد، اما منحصر به گسترش جزئیات راههای فکری موجود بود.

مرگ تدریجی علم اسکندرانی دست کم چهار علت داشت. موثرترین آن علتها، زوال ناشی از سستی و پیری خود آن علم بود. روشهای علم اسکندرانی در قامرو هندسه بی‌اندازه پرثمر بودند، اما در آن وقت هرکاری که با آن روشها ساخته می‌بود، تقریباً به انجام رسیده بود. پیشرفت بیشتر به روشهای تازه‌تر نیاز داشت وچنین روشهایی هنوز پدید نیامده بود. تا آنجا که امکانات انسانی اجازه می‌داد، علم حساب بدون استفاده از شیوهٔ عددنویسی جدید، شیوه‌ای که یونانیان به ابداع آن توفیق نیافتند، پیشرفت کرده بود. از اخترشناسی مبتنی بر مشاهده، اما فاقد ابزارهای نوری دقیق، کاری ساخته نبود و نورشناسان هنوز چنین ابزارهایی اختراع نکرده بودند. آنها از قانون بازتاب (انعکاس) نور آگاه بودند، ولی شاید تعجب کنیم که چرا تلسکوب بازتابی[1] را اختراع نکردند. آنها از شکست (انکسار) نور چیزی نمی‌دانستند. در هر حال ساختن عدسیهای خوب به مواد مناسب و مهارت دست نیاز داشت و این دو عامل هنوز فراهم نیامده بود.

امکانات نظریهٔ متداول اخترشناسی، همچون امکانات رصدهای آسمانی، به پایان رسیده بود. نظریات اخترشناسی هیپارخوس و بطلمیوس به طرز کاملاً منظمی با واقعیتهای شناخته شده سازگاری داشتند و به همین سبب به راستی علمی بودند. اما با توجه به روشهای موجود ریاضی، این

1. reflecting telescope

نظاریات تالس گسترش بیشتر نداشتند. هر گسترشی بر ساختگی بودن پیچیدگی بسیار آنها می‌افزود. به سادگی نظری نیاز بود و چنین نظریهٔ ساده‌ای تنها از اندیشهٔ جسورانه‌ای چون اندیشهٔ هیپارخوس در باب گردش زمین، که حتی فکر یونانی آمادگی پذیرش آن را نداشت، برمی‌آمد.

بی‌توجهی به نظریات مکتب اتمی، شیمی و فیزیک را از شکوفایی بازداشت. کشفیات درخشان و در عین حال پراکنده‌ای در قلمرو نورشناسی و صداشناسی موسیقی[2] و کشفیات دیگری از سوی ارشمیدس در علم مکانیک و تعادل مایعات (ایدرواستاتیک) انجام گرفت. با وصف این، نظریهٔ قانع کننده‌ای که به پژوهشهای فیزیکی جهت و یگانگی بخشد، یا پایه و مبنایی که برنامه‌ای هدفمند را از نسلی به نسلی منتقل و هدایت کند، وجود نداشت. علم شیمی همان کیمیاگری بود که با اختر‌گویی و جادو درهم آمیخته و هیچ هدف علمی اصیلی را دنبال نمی‌کرد. شیمی چیزی بیش از سلسله‌ای از کوششهای ناپیوسته برای تبدیل فلزات پست به طلا نبود. نظریهٔ اتمی می‌توانست کوششهای از هم گسیخته را در حوزهٔ شیمی به هم پیوندد، اما پیروزی روش مشاهدهٔ ارسطویی که با احترام بی‌دلیل به نظریه‌های سترون او همراه شد، شیوهٔ کار لئوکیپوس و دموکریتوس را تحت شعاع قرار داد. در زیستشناسی نظریهٔ تطور برای معقولی وجود نداشت. زیستشناسی مانند اخترشناسی به ابزارهای نوری نیاز داشت. به هر رشته‌ای که نگاه کنیم، خواهیم دید از نظام روشها و نظریات آن رشته حداکثر استفادهٔ ممکن شده و آن نظام دیگر نمی‌توانسته پشتوانهٔ پیشرفت دیگری بوده باشد. بنابراین روش نو و نگرش تازه‌ای لازم بود. علم یونانی در آن زمان به همان عاملی نیاز داشت که علم بابلی و مصری در عصر طالس از آن برخوردار شده بود. و آن عامل همانا علاقهٔ عمیق نژاد تر و تازه‌ای است که سنت ذهن آنها را هنوز مقید نکرده باشد.

با آنکه علت اصلی زوال علم یونانی درونی بود، اما سه عامل مهم بیرونی هم موثر بودند. این عاملها عبارت بودند از: امپراتوری روم؛ مسیحیت قرون وسطایی؛ و آئین حکومت ارباب کلیسا[3]. این سه عامل در ابتلای علم یونانی به بیماری، تاثیر زیادی نداشتند، اما اثر بیماری را تشدید کردند و درمان آن را ناممکن ساختند.[4] رومیها آزادی سیاسی را از میان برداشتند، به توسعه‌طلبی اقوام در ناحیهٔ مدیترانه پایان دادند و بدون آنکه به تمدن یونانی یورشی حساب شده ببرند، غیرمستقیم برآن صدماتی وارد آوردند. ملتهای دربند، بیشتر با سکوتی خشمناگین به گذشتهٔ خود می‌اندیشند، یا همهٔ کوششهایشان را تنها به یک هدف، که همانا ازادساختن خود از بند است، معطوف می‌دارند. در میان اقوام به بندکشیدهٔ امپراتوری روم، هیچ یک آن علاقه‌ای را که مردم یونیا به علم خاورمیانه نشان

2. harmonics 3. ecclesiasticism

۴. باید مسیحیت و آئین حکومت ارباب کلیسا را با هم خلط کرد. این نکته را بوکاچیو Boccaccio با ظرافت بسیار نشان داده است: *دکامرون Decameron* روز اول، قصهٔ دوم.

داده بودند، نسبت به علم اسکندرانی ابراز نداشتند. فقط رومیان آزادی و توانایی انجام چنین کاری را داشتند، اما چنان آلودهٔ امور جاری حکومت‌داری و کشورگشایی شده بودند که کمترین علاقه‌ای به کسب دانش و معرفت نشان نمی‌دادند.

اندیشهٔ مسیحی به اندازهٔ رفتار رومیان برعلم تاثیر ناگوار داشت. تنها غایت زندگی در اندیشهٔ مسیحی، اندوختن ذخیرهٔ آخرت بود. فضیلت ایمان بی‌چون و چرا از هر کنجکاوی عقلی یا کوششهای دیگر بیشتر بود. رحمت موعود که برترین همهٔ بشارتها بود، شامل حال کسانی می‌شد که بی‌چون و چرا ایمان می‌آوردند. به همین دلیل در بکار گرفتن جدی تواناییهای ذهن، که یونانیان پیوسته انسان را به گرامیداشت آن ترغیب می‌کردند، فایده‌ای نمی‌دیدند. مسروکار علم تنها با این جهان بود. کاستیهای ادراک بشری فلسفه را محدود می‌ساخت. نتیجتاً هم علم و هم فلسفه در آنجا که گمراه‌کننده نمی‌بودند، مبتذل بشمار می‌آمدند. تمثیل پرومتئوس[5] و داستان آدم، تمثیل معرفتی است که چون با اقدام و جسارت بشر به چنگ آمده، از دیرباز معرفتی خطرناک قلمداد شده است. مسیحیت به گسترش این دیدگاه که چنین معرفتی بی‌ارزش یا جداً زیانبار است، پرداخت. بیش از آن چنین دیدگاهی بود، اما همه‌گیر نشده بود. حمله به معرفت با نیرو و توانایی پولس رسول (سنت پول)[6] هدایت شده است. او گفته است:

«با خبر باشید که کسی شما را نرباید به فلسفه و مکر باطل...»

(*رسالهٔ پولس رسول به کولسیان* [عهد جدید] باب ۲:۸).

«ای تیموتائوس تو آن امانت را محفوظ دار و از بیهوده‌گوییهای حرام و از مباحثات دروغ اعراض نما.»

(*رسالهٔ اول پولس رسول به تیموتائوس* [عهد جدید] باب ۶:۲۰).

پولس رسول در *رسالهٔ اول پولس رسول به قرنتیان* [عهد جدید] باب ۳:۲۱، جمله‌ای اگرنه مستقیم، بلکه زیرکانه‌تر کرده است:

«پس هیچ کس در انسان فخر نکند.»

همین اظهارنظر بظاهر بی‌آزار حاوی نکته‌ای بس مهم است، زیرا انسان‌گرایی[7] ــ اطمینان به نفس انسان ــ را که اساس پیشرفت علوم و هنرهاست، لعن و طرد می‌کند.

لزومی ندارد به بحث در درستی یا نادرستی این جنبه از تعالیم مسیحی بپردازیم. باید بدانیم چنین جنبه‌ای بود و با هرگونه جان گرفتن علم محتضر، ستیز می‌کرد. مسیحیت تاثیراتی گسترده داشت. ما نیازی نمی‌بینیم داوری خصمانهٔ تیجه را دربارهٔ مسیحیت بپذیریم و آن را مذهبی که تنها شایستهٔ بردگان است بپنداریم، زیرا می‌توان تاثیرات مسیحیت و عناصری از آن مذهب را که بیشترین

5. Prometheus 6. St. Paul 7. humanism

تشفی خاطر مردم ستمدیده بوده به چشم دید؛ ستمدیدگانی که اکثریت جمعیت امپراتوری روم را تشکیل می‌دادند. به رنجبران، تهیدستان، مسکینان و فروافتادگان بشارت داده می‌شد که آسایش و نعمت آن جهان از آن ایشان خواهد بود و اگر از مال و مکنت محرومند، از لذّت دانایی و توانایی بهره‌مند خواهند شد. اگر این پیام امید با انتقاد از فلسفه و علوم و نظر نامساعد نسبت به آنها همراه نشده بود، شگفتی‌انگیز می‌بود.

گسترش علم یونانی با کشمکشی میان دو روش کاملاً مخالف، ممتاز می‌شد. روش فلسفی از پیروزیهای ریاضی الهام می‌گرفت و به استنتاج معرفت از راه آن دسته از اصول کلی که برپایهٔ احکام اخلاقی و ذوقی استوار شده بودند، قایل بود. در روش استقرایی، ابتدا اصول کلی از مشاهده استنتاج می‌شد وسپس به عنوان مقدمات قضایا بکار می‌رفت. روش فلسفی، روش رایج حوزهٔ آتن بود. روش استقرایی که توانمندتر بود، چندگاهی در اسکندریه تساط داشت و سپس به علم جدید منتقل شد. اما به رغم اختلافی که میان این دو روش هست، پیروان هر دو روش در اصول عقاید اشتراک‌نظر داشتند. آنها در قدرت تشخیص و عقل انسان هرگز تردید نمی‌کردند و اختلاف‌نظرشان تنها بر سر این بود که قوهٔ تشخیص و عقل انسان را چگونه باید به کار برد. تعالیم مسیحی بر تعارض عمیقتری تاکید می‌ورزید. حجیت متکی به وحی، به منزلهٔ تنها مناط داوری درست دربارهٔ حقیقت یا تنها منشاء معرفت، دودر روی عقل قرار می‌گرفت و برتر شمرده می‌شد. در کارزار یکهزارساله میان عقل و تعصّب، نبرد به سود عقل جریان نداشت، اما در عصر انقلاب علمی صحنهٔ کارزار به سود عقل تغییر یافت و ظاهراً در میانهٔ سدهٔ ۱۹ عقل به پیروزی نهایی رسید. اما اکنون دریافته‌ایم موضوع از چه قرار بوده است؛ چنانکه هم اینک نیز نیرومندترین یل میدان نبرد با عقل نه مومن مسیحی است و نه حتی آئین ارباب کلیسا.

جاذبهٔ مسیحیت برای محرومان تنها دلیل گسترش آن مذهب نبود. حکایتهایی که در باب عجایب و مهایب دوزخ می‌گفتند، بر عدهٔ بسیاری تاثیر ژرفی برجای می‌نهاد. نظامهای اصیل اخلاقی که هیچ نکتهٔ مشترکی با مذهبهای شرک‌آلود نداشتند، مردم فرهیخته‌ای را که با فلسفه‌های اخلاقی افلاطون، زنون یا اپیکوروس پرورش یافته بودند، به سوی خود فرا می‌خواندند. این گونه مردم برای پرستش خدای یکتا آمادگی داشتند. مکتب رواقی راه را برای این اندیشه که هرانسانی پاره‌ای از روح خداوند است ومردمان جمله فرزندان روحانی خدایند، بازکرده بود. نتیجه‌ای که از مفهوم تکلیف اخلاقی عشق برادرانه به بار آمد، تحکیم وحدت گروههای مسیحی از همان آغاز بود. وحدت درونی مسیحیان با شیوهٔ رفتاری که در برابر سایر مذاهب در پیش گرفتند ــ رفتاری که با تساهل و مدارا همراه نبود ــ تحکیم یافت. مذهبهای شرک‌آلود در کنار یکدیگر می‌زیستند، بی‌آنکه در کار هم دخالت کنند یا با بدنظری و بدگمانی به هم بنگرند. اما آیین مسیحی مذاهب دیگر را باطل می‌دانست و معتقد بود مؤمنان به آن مذاهب باید به کیش مسیحی درآیند. مسیحیت با سایر روشهای

زندگی و نحله‌های فکری آگاهانه رویارو شد. اقلیت مسیحی به تحکیم وحدت و تقویت سازمان خود پرداخت؛ حال آنکه اگر اقلیتی مبارزه‌جو نبود بدین کار نیازی نداشت.

حکومت روم مزاحمت جماعت سازمان یافته‌ای را که در درون امپراتوری رو به گسترش بود، و از همه مهمتر اینکه به دولت هم وفاداری نداشت، احساس می‌کرد. خشم امپراتوری با تلاشهای گوناگونی که با بکاربستن مجازاتها برای سست گردانیدن مسیحیت به خرج می‌داد، پیدا بود. دلیل مجازاتها بیشتر سیاسی بود تا مذهبی. تساهل و مدارای مذهبی از ویژگیهای امپراتوری روم بود. مذاهب از هر سنخ و نوع، در امپراتوری روم از آزادی بر خوردار بودند، مشروط براینکه پیروانشان وفاداری خود را به امپراتور ابراز می‌داشتند. اما هر چه بود، سرانجام کیفرها به استیلای دولت روم نینجامید، سهل است، مبانی مسیحیت را تحکیم کرد. مسیحیان با پذیراشدن شهادت، ستایش همگان را برانگیختند. حتی برخی از مسیحیان فراتر از این رفتند و شهادت را وسیلهٔ پیشبرد مذهب خود قرار دادند.

پس بزودی دریافتند که خشونت نمی‌تواند مسیحیت را، حتی در درون ارتش که تکیه گاه اصلی نیروی امپراتوری بود، از گسترش بازدارد. قسطنطین کبیر (کونستانتینوس) در ستیز بر سر قدرت با مدعیان، خود را در زیر صلیب مسیحیان نشان داد؛ زیرا به نظر او مسیحیان می‌توانستند اوضاع را به سود او بگردانند. پیشینهٔ رفتار جنایتبار قسطنطین ایجاب می‌کرد شهر رم را ترک گوید.[۸] در اوایل سدهٔ ٤ او پایتخت تازه را در بیزانس بنا نهاد و آن شهر کُنستانتینوپولس (قسطنطنیه) نامیده شد. مسیحیت را دین رسمی امپراتوری اعلام داشت، گو اینکه خود او تا آستانهٔ مرگ غسل تعمید نیافت.

این رویدادها قدرت تازه‌ای را بر شئون زندگانی مردم مستولی گردانید و آن عبارت از حاکمیت ارباب کلیسا بود. کلیسای مستقر و برخوردار از اقتدار مدنی به کشیشان خود چنان امکانی از قدرت، ثروت و شهرت عرضه داشت که در تاریخ کلیسای مستقل گذشته مانندش دیده نشده بود. رسیدن به منصبهای عالی کلیسایی، به خلاف مقامهای نظامی و اداری، عموماً برای مردم طبقات فرودست میسر گشت. در میان کشیشان دنیاپرست و بی‌اخلاق جنگ پایدی بر سر تصرّف قدرت در گرفت. این دسته از کشیشان از محل اعانات و عواید کلیسا به اجیرساختن دارودسته‌های اوباش پرداختند و برای رسیدن به مقاصد خود از هیچ‌گونه دسیسه چینی، ارتشا و جنایت فروگذار نکردند. ما از جزئیات مضحک و چندش‌آور وقایع می‌گذریم. بهرحال نتیجهٔ این کارها تمرکز یافتن تدریجی قدرت در مراکز اسقفی شهرهای اسکندریه، قسطنطنیه و رم بود. اسقفان رم که از نظارت امپراتوری روم بیشتر درامان بودند، با مهارتی که در به جان هم انداختن رقبای خود و بیرون راندنشان از صحنه

---

۸. او همسر، پسر و برادرزادهٔ خود را کشته بود.

کسب کرده بودند، سرانجام بر همه چیره شدند. اما گمان نرود که همهٔ رهبران کلیسا در آن دوره بدکار و رسوا بوده‌اند: بعضی از آنان مانند آمبروسیوس[9]، اسقف میلان که امپراتور را برای کارهای جنایت‌آمیز مؤاخذه کرده بود، به داشتن صفات برجستهٔ اخلاقی و شهامت انگشت‌نما بودند. اما کشیشانی که در کمین قدرت تازه از راه رسیده نشسته بودند، مردمانی تنگ چشم، نادان و پلید بودند و تقریباً همه‌شان خشک مغز و تهی‌مایه و مخالف تساهل و مدارا بودند.

نیروی سیاسی حکومت ارباب کلیسا در تسریع انحطاط علمی و فلسفهٔ دنیوی تاثیر بسیار داشت. آنها که برای مناصب عالی کلیسایی با هم می‌جنگیدند و به رغم اختلافهای شخصی که با هم داشتند، در یک چیز همرای بودند، و آن بیزاری از اندیشهٔ مستقل بود. نگاهبانی قدرت و ثروت دستگاه اسقفی، جداً از آن کدام دسته از اسقفان می‌بود، اقتضا می‌کرد عامهٔ مردم تا آنجا که امکان داشت از اصول کلیسا پیروی کنند. اینکه اصول کلیسا چه بود و آیا اصول درستی بود یا نه، هیچ اهمیتی نداشت. مصلحت چنین ایجاب می‌کرد که همگان اصول کلیسا را بپذیرند. قدرت ارباب کلیسا به چیرگیشان برافکار مردم بستگی داشت. دانشمندان و فیلسوفان کنجکاوتر از آن بودند که با ایشان مدارا نمی‌شد کرد، هوشمندتر از آن بودند که فریب نخورند و شکاکتر از آن بودند که به وعده‌ها دل خوش کنند یا از وعیدها بیمزده شوند. اما در آن وقت کلیسا و دولت دست در دست هم متفکر مستقل را در این جهان عذاب می‌دادند، یا او را به جادوگری و افسونکاری و همدستی با شیطان متهم می‌ساختند. یا ناآگاهها را وامی‌داشتند تا مجازات آن متفکر را بخواهند یا او را به دست خود به قتل برسانند و امپراتوران پرهیزگار این گونه کارها را نادیده می‌گرفتند. قسطنطین به همین طریق ناچار شد فرمان قتل سوپاتور[10] فیلسوف را صادر کند. به حکم عوام، اتهام سوپاتور فضولی در کار بادها بود. هیپاتیا[11] که به سنت معمول اسکندریه، پزشکی یونانی، فلسفه و ریاضیات تدریس می‌کرد و آخرین کسی بود که از آن سنت بزرگ علمی آشکارا پاسداری می‌نمود، به دست دارودستهٔ از کشیشان بطرز وحشیانه‌ای به قتل رسید. این قتل به تحریک قدیس سیریل[12] اسقف اعظم اسکندریه که از نفوذ هیپاتیا بیمناک بود، صورت گرفت.

تعالیم اخلاقی مسیحی، به مقتضای ماهیت خود، در میان قشرهای فروتر جامعه پایگاهی به دست آورد. رهبران کلیسا بزودی دریافتند با زیادکردن شمارهٔ طرفداران خود در میان عوام جامعه، که بسادگی قابل هدایت بودند، می‌توانند باز هم بر قدرت خود بیفزایند. رهبران کلیسا با صرف زیرکانهٔ عوامل کلیسا و شناخ و برگ دادن مسیحیت با شعائر و آداب خرافی، مانند همان آداب و عاداتی که در مذاهب شرک‌آلود متداول بود، مسیحیت را عوام‌پسندتر جلوه دادند و به هدفهای خود جامهٔ عمل پوشاندند. رهبران کلیسا دست به مردم‌فریبی زدند و توانستند جمعیتهای جاهل پیرو خود

9. Ambrose 10. Sopator 11. Hypatia 12. St. cyril

را علیه تمدن کهنی که خود از آن نفرت داشتند، بشورانند.

امّا عوام ناس تنها سلاح اسقفان پلید گستاخ نبودند. قدرت دولت چنان با اقتدار کلیسا مقید شده بود که امپراتوران برای امنیت مدنی ناچار شدند دانش یونانی را به عنوان دستیار مذاهب شرک‌آلود متوقف کنند. امپراتوران به گمان اینکه در این میان روح خود را نجات می‌دهند، به این کار تشویق می‌شدند. در یک مورد، امپراتور تسلیم نشد، اما گرایش کلی در جهت تسلیم دولت به کلیسا بود. قوانین تازه نظراً علیه جادوگری و افسونکاری به اجرا گذاشته شده بود، اما عملاً هرکس به پرستشگاهی قدم می‌گذاشت، کتابخانه‌ای می‌داشت یا ابزاری را می به کار می‌برد، آن قوانین تهدیدی علیه او بود. درپایان سدهٔ ٤ آئینهای عبادی جمعی مذاهب شرک‌آلود تقریباً تعطیل شد. انچه از تفکر مستقل یونانی به جا مانده بود، بیدرنگ به تفکری زمان و زیرزمینی تبدیل شد. به دستور تئودوسیوس، مسیحی متعصب، پرستشگاه سراپیس در اسکندریه ویران شد. در همان وقت بیشتر بازماندهٔ کتابخانهٔ اسکندریه را به دستور اسقف اعظم تئوفیلوس نابود کردند.[13] این عمل و قتل هیپاتیا ضربه‌های کاری را بر پیکر علم اسکندرانی وارد آورد. مقداری کتاب و تنی چند از اهل علم بی‌نام و آوازه به جای ماندند. تنی چند از جان بردگان چندگاهی مطالعه در علم اسکندرانی را در آتن ادامه دادند. مدارس سست بنیاد آتن در سدهٔ ٦ م به دست یوستی نیانوس (ژوستی نین) بسته شد. گروهی هم به قسطنطنیه رفتند، که خوشبختانه پاره‌ای از پیشینهٔ دستاوردهای اسکندرانی به سلامت جسته و در آنجا درامان مانده بود.

علم یونانی با شکاکیّت خود سعی بسیار داشت تا از گرویدن به چند خدایی کهن جلوگیری کند. فلسفهٔ یونانی به خلاف مذاهب شرک‌آلود، به گسترش آن دسته از اندیشه‌های اخلاقی که به آرای مسیحیت اولیه نزدیک بود، دامن می‌زد. علم و فلسفه به نوبهٔ خود شرک و بت‌پرستی را کاری لغو می‌شمردند و راه را برای مسیحیت بازمی‌کردند. اما ارباب کلیسا که مسیحیت را برای مقاصد دنیوی با عناصر بسیاری از مذاهب شرک‌آلود انباشته بودند، علم و فلسفه را به گرایش به شرک و بت‌پرستی متهم ساختند و مورد منع و لعنت قرار دادند.

با تعطیل پژوهش عملی و فلسفی، مناقشه‌های کلامی و کیش پرستی جای آن دو را گرفت. برای رهبران کلیسا هیچ کاری نداشت که لب تر کنند و رقیبان خود را با الحاد و ارتداد متهم سازند. منازعه‌های شدیدی برسر ماهیت تثلیث و مقام مریم مقدس درگرفت. چنین پرسشهایی ربطی به

۱۳. هنگامی که شهر اسکندریه به دست یولیوس قیصر افتاد، بسیاری از کتابها با آتش سوخت. نمی‌دانیم کتابخانهٔ اسکندریه به عمد نابود شد یا چون قتل ارشمیدس به سهو صورت گرفت. مارک انتونی به عشق کلئوپاترا، اخلاق رومی خود را به نحو احسن نشان داد. کتابخانهٔ پرگاموس Pergamus را که تالی کتابخانهٔ اسکندریه بود، غارت کرد و با کتابهای تاراج رفتهٔ آن در صدد جبران کتابخانه اسکندریه برآمد.

عقل ندارد و جز از طریق دیگر پاسخ دادن بدانها امکان‌پذیر نیست. اما اندیشه‌هایی که در اوضاع و احوالی دیگر می‌بایست در خدمت علم قرار می‌گرفتند، به بحثی بی‌پایان در این باره پرداختند. کلیسا به مناقشه‌های ناشایست چنان آلوده شده بود که استقرار اصول و ضوابطی خشک برای سلامت آن واجب شده بود. شوراهای کلیسا که برای همین منظور پی‌درپی فراخوانده می‌شدند، چنین ضابطه‌هایی را وضع کردند. تا هرجا که امپراتوری بیزانس (رم شرقی) گسترش داشت، تصمیمهای شورای کلیسا هم از قوت قانونی برخوردار بود. از این گذشته، پشتیبانی از نفوذ عمیق معنوی کلیسا دامنه‌ای فراختر از مرزهای امپراتوری روم شرقی داشت. کیش رسمی گاه در لفاف عبارتها و واژه‌هایی پیچیده می‌شد که نزد مردم عادی معنا و مفهوم زیادی نمی‌داد.[۱۴] فضیلت و نیز احتیاط و دوراندیشی را در این می‌دیدند که ایمان آورند، بی‌آنکه در پی فهم ایمان خود باشند. مردم مسیحی خو گرفتند به افکاری بگروند که اربابان کلیسا برایشان ساخته و پرداخته بودند. حتی هنگامی که ابای کلیسا علمی را که از آن خود می‌دانستند به جای علم منسوخ قرار دادند، مردم هیچ نگرانی به خود راه ندادند و به مخالفت با آن برنخاستند. علم تازه تأسیس که هیچ نشانی از روشهای ارائستنس و ارشمیدس را با خود نداشت و از ریاضیات ارشمیدس و اتودوکسوس هم بی‌بهره بود، برپایهٔ اصول متون پذیرفتهٔ عیزانی و خرافه‌های کلیسایی بناشده بود. اسکلپیوسها با نامهای تازه‌ای دوباره دایر شدند. حتی مردان مبتدع و معقولی چون اوگوستین قدیس و یروم قدیس آنچنان به راه خطا رفتند که برای کسب دانش در باب پدیده‌های طبیعی به مورخین گمنام یهودی متوسل شدند، یا مطالعهٔ آثار کلاسیک را تن آسانی پرمعصیت دانستند. هیچ چیز بهتر از این، فرجام بدی را که دامنگیر انسانگرایی یونانی شده بود، نشان نمی‌دهد. انسان مدورانه‌ای حرمت انسانی خود را از دست داد و مسیحیت در آن روزگار در دست ارباب دنیاپرست جنبه‌ای به خود گرفت که حواریون مسیح هرگز تصورش را هم نمی‌کردند.

۲ آشفتگی سیاسی اروپا تاثیرات حکومت اسلامی نسطوریان
حمایت اسلام از علم و آزادی اندیشه

این وضع مصیبت‌بار تا چند قرن در بخش غربی امپراتوری روم دوام داشت، اما در بخشهایی از جنوب و شرق امپراتوری رو به بهبودی رفت. سبب اصلی پیدایش چنین وضعی بیشتر نظامی بود.

۱۴. برای مثال، نگاه کنید به معتقدات آتاناسیوسی Athanasian Creed که در سدهٔ ۵ ب‌م تأسیس شده است. می‌توانید این گونه واژه‌ها و عبارتها را در دعاهای شامگاه و در کتاب دعاهای مسیحی بیابید.

نگاه داشتن بخشهای غربی امپراتوری از مرکز قسطنطنیه و حکمروایی بر آن، بسادگی فرمانروایی از مرکز رم نبود. امپراتوران کم‌کم پایگاههای خود را در غرب امپراتوری از دست دادند و این خود دو پیامد مهم به دنبال داشت: یکی هجومهای پیاپی و موفقیت‌آمیز قومهای وحشی؛ و دیگری پیدایش قدرت کلیساهای مستقل در درون امپراتوری روم. ایتالیا و ولایتهای غربی که صحنهٔ کارزار با هُونها، واندالها، گُوتها و فرانکهای یورشگر قرار گرفته بود، به ویرانی کشیده شد. میلیونها تن از مردم از بیماری و قحطی یا به ضرب تیغ و شمشیر از پای درآمدند. امپراتوری روم چندین بار دست به دست گشت، اما هیچ یک از یورشها نتوانست به استقرار دایم بینجامد. بخش غربی امپراتوری نابود شد و ماهیت جمعیت آن از بیخ و بن دگرگون گشت.

با سقوط امپراتوران، پاپها به قدرت رسیدند. جمعیتهای تازه به عکس برخی از جمعیتهای گذشته، تمدن ابا و اجدادی بزرگی نداشتند، تا همواره به گذشتهٔ خود بنگرند. اینها نه پای‌بند سنتها بودند و نه دلبستهٔ عقل، تا از آئین جازمی که کلیسا می‌گذاشت آزرده خاطر شوند. اوضاع و احوال سیاسی اروپا آشفته شده بود و تا دیرزمانی همچنان آشفته ماند. در میان آشوبهای اجتماعی و تغییر و تحولات، کلیسا تنها سازمان بادوامی بود که برجای مانده بود. نیروهای مسلح با فرماندهان جاه‌طلب اما بدون پشتیبان، در خدمت مقاصد کلیسا قرار می‌گرفتند و درحوض، کلیسا هم در میان عامهٔ مردم بر مدعاهای آنها صحه می‌گذاشت. این ترتیبات به سود گسترش نفوذ کلیسا تمام شد. ارباب کلیسا که بیشترشان دشمنان سرسخت معرفت بشری بودند، با مهارت تمام از فرصت استفاده کردند. اتحاد پاپها با پادشاهان فرانسه، که در سدهٔ ۸ راه را بر یورش مسلمانان از اسپانیا بسته بودند، سرانجام راه و رسمی را بدست نهاد که زندگی فکری اروپا تا چند قرن ناگزیر از پیروی از آن بود. شارلمانی که در میان آن پادشاهان برترین مقام را داشت، نفوذ دستگاه پاپ را با اعمال زور بی‌پرده بربخشی از اروپا، که هم اینک به قلمرو خاک کشورهای ایتالیا، اتریش، آلمان و فرانسه تقسیم شده است، گسترش داد. در سال ۸۰۰ پاپ لئوی سوم تاج امپراتوری روم غربی را بر سر او نهاد و او هم پاداش شیرین کار خود را یافت. پس دانستند کلیسا باید برکار قدرتهای دنیوی که به پشتیبانی از آن برخاسته بودند، نظارت کند وقدرتهای دنیوی نیز بدون تایید و تصویب کلیسا، بی‌دردسر دوام نمی‌آورند. بنابراین، حاکمیت ارباب کلیسا به نیروی نظامی مسلح گردید و اندیشهٔ مستقل و آزاد در اروپای غربی منسوخ و متروک شد. نوع پژوهشی که تداول یافت، و غالباً در صومعه‌ها انجام می‌گرفت، به مطالعه در کلام و تتبع پایان‌ناپذیر در آثار ابای کلیسا اختصاص داشت. علم و ادبیات کلاسیک یا ناشناخته بود و یا محلی از اعراب نداشت.

حمله‌های مؤثر به بخش شرقی امپراتوری روم که زیرسلطهٔ کشیشان بود، بعدها آغاز شد. این حمله‌ها خسارتهای زیادی به همراه نداشت، اما در منطقهٔ نفوذ خود دگرگونی گسترده‌ای در بینش مردم به بار آورد. امپراتوری بیزانس بتدریج به ضعف و تحلیل گرایید، تا آنکه در ۱۴۵۳ قسطنطنیه

به تصرف ترکان درآمد. جمعیت امپراتوری بیزانس به خلق و خوی و زبان، بیشتر یونانی مانده بود، اما به دلایلی که دیدیم، دیگر از فضایل یونانی برخوردار نبود. در سدهٔ ۷ و اوایل سدهٔ ۸، ولایتهای سوری، افریقایی و آسیانیایی زا مسلمانان تصرف کردند. در همان مدت کوتاه، ایران نیز به تصرف مسلمانان درآمد. سیل تفکر غربی از آنچه در آن زمان روی داد، عمیقاً تاثیر گرفت. خودکامگی کسانی که برای رفتار مردم تکلیف معین می‌کنند، در مقام مقایسه، کمتر از استبداد کسانی است که می‌خواهند برافکار مردم مسلط شوند. نزاع میان عقل و تعصب که با گسترش قدرت کلیسا به اوج شدت خود رسید ــ نزاعی که هنوز هم آتشش فروزان است ــ در تاریخ تحول بشری نقشی بنیادین دارد. تعصب در هیئت عنصر مهاجم، که دراغاز از موقعیت بهتری برخوردار بود، به سرعت در غرب ریشه گرفت. مدتها گذشت تا عقل توانست هماوردی کند. اگر پیروزیهای مسلمین نبود، عقل این قدرت را دیرتر می‌یافت.

بخشی از پیروزی نظامی صریح مسلمین ناشی از پیگیری‌ای بود که در گسترش دین تازهٔ خود داشتند؛ بخش دیگری هم از نارضایی اتباع افریقایی امپراتوری بیزانس و پشت کردن آنها به امپراتوری سرچشمه می‌گرفت. بسیاری از اتباع امپراتوری گرایشهای اریوسی[۱۵] داشتند و از چیرگی کیش کاتولیك، که از پشتیبانی دولت بیزانس برخوردار بود، ناخشنود بودند. عده‌ای دیگر هم از مناقشه‌های کشدار کلامی که جلبی علم و فلسفهٔ یونانی را گرفته بود، دلزده شده بودند. یهودیان و مردم دیگری، که هنوز در باطن مشرك بودند، نسبت به تهدیدهای حکومت ارباب کلیسا در اسکندریه تنفری مشترك داشتند. از این رو، بسیاری از مردم دلیلی نمی‌دیدند تا دربرابر روش حکومت تازه‌ای که نمی‌توانست ناگوارتر ازروش حکومت پیشین باشد، پایداری کنند.

فرمانروایی عربی در آغاز همان قدر مخالف دانش دنیوی جلوه می‌کرد که حکومت بیزانسی. پیامبر اسلام هنگامی رحلت کرد که نیروهای مسلمین هنوز از شبه جزیرهٔ عربستان فراتر نرفته بودند، اما جهادی که وی آغاز کرده بود، در دوران خلفایی که پس از او آمدند، ادامه یافت. اسکندریه در دورهٔ خلافت خلیفهٔ دوم گشوده شد و او دستور داد آنچه از کتابخانهٔ اسکندریه به جا مانده بود، نابود کنند. نقل است که آن خلیفه گفته بود که اگراین کتابها مخالف قرآنند، باطلند؛ اگر موافق قرآنند، زائدند.[۱۶]

۱۵. آئین آریوسی Arianism که اعتقاد بدون دلیل به وجود پدر پیش از پسر را نمی‌پذیرفت، در سال ۳۲۳ م از سوی شورای نیقیه به بدعت وارتداد محکوم شد. بنیانگذار این آئین کشیشی به نام آریوس Arius بود که در دورهٔ حکومت قسطنطین در اسکندریه بر ضد تصاحب منصب اسقفی اعظم اسکندریه از رقبای خود شکست خورد. او در شمال افریقا هواداران زیادی داشت و پس از مرگش آرای او دربارهٔ تثلیث، با وجود مخالفت مسیحیت رسمی، هواداران بسیاری یافت.

۱۶. دربارهٔ کتابسوزی منتسب به اعراب، خوانندگان علاقه‌مند می‌توانند برای اگاهی بیشتر به این کتاب رجوع کنند: مرتضی مطهری، *کتابسوزی ایران و مصر*، قم، صدرا، ۱۳۵۸ــم.

اما شیوهٔ رفتار در برابر دانش بشری بزودی در امپراتوری اسلامی تغییر یافت. فرمانروایان عرب، با فرمانروایی بر مراکز تمدنهای باستانی مصر و ایران، با تجربه و آزموده شدند. آنچه در این مراکز از گذشته به یادگار مانده بود، حکایت از آن داشت که زندگی فکری و اجتماعی شهرهای بزرگ در صورت مطاوعتش می‌تواند جنبه‌هایی ارزشمند داشته باشد. اعراب، ایمان خود را به الله از دست ندادند، یا جدیّت خود را در امر دین ترك نکردند، اما حساسیّتی که داشتند فروتنست و حس اعتدال و تناسبشان تقویت گردید. محاسن انسانگرایی را نیز به تدریج درك کردند. با نسطوریان که از اعتقاد به مریم باکره به عنوان مادر خدا سرپیچیده و همچون ملحدان از قسطنطنیه بیرون رانده شده بودند، در سوریه و ایران آشنا شدند. کسانی که در راه عقیده‌های به دور از تعصّب خود مرارتها را با بردباری تحمل می‌کنند، معمولاً مردمی اندیشمندند و توانایی تفکر مستقل را دارند. نسطوریان نیز چنین مردمی بودند. آنها حتی در تبعید از علاقهٔ جدّی خود به علم یونانی ــ و به ویژه به پزشکی یونانی که در قسطنطنیه جای خود را به خرافات داده بود ــ دست برنداشتند. از این گذشته، نسطوریان متون گرانبهایی از آثار متفکران یونانی را با خود به همراه اورده بودند و این آثار را به زبان کهن سوری که در آنجا سکونت گزیده بودند، ترجمه کردند. مسلمین از این راه با اندیشه‌های بقراط، ارسطو، اقلیدس، ارشمیدس و هیپارخوس آشنا شدند، به ارزش این اندیشه‌ها پی بردند و به کنجکاوی فکری خود جان تازه‌ای بخشیدند. مسلمین با ریاضیات هندی، که بدون شك متاثر از ریاضیات یونانی بود و این تاثیر با حملهٔ اسکندریه شرق گسترش یافته بود، آشنا شدند. با یهودیان ساکن اسکندریه هم بآسانی آشنا شدند و در این شهر اطلاعات بسیاری دربارهٔ پزشکی بدست آوردند. در اسکندریه بود که به کیمیاگری روی اوردند، همان فنی که بیشتر با نام انها مشهور شده است. بطلمیوسیان با دولتمداری خردمندانهٔ خود، قومها و فرهنگها را در شمال افریقا گردهم اورده و با این کار خدمتی بس بزرگ کرده بودند. این خدمت، خدمت کمی به علم و دانش نبود، زیرا هنگامی که ساراسنها[۱۷] هجوم اوردند، اوضاع و احوالی که بطلمیوسیان فراهم ساخته بودند، هنوز هم برای گسترش روابط بی‌مانع فکری میان اقوام و نژادها مساعد بود.

سادگی دین اسلام که در اعتقاد به خدای یگانه و پیامبر او خلاصه می‌شد، محلی برای مناقشه بر سر مسائل جزئی کلامی باقی نگذاشت و ذهن مردم از فنهای سودمند یا تفکر علمی دیگر منحرف نشد و به مسائلی که دارای تقدم دینی باشد، معطوف نگردید.

بیش از یکصد سال از رحلت پیامبر اسلام نگذشته بود که در سرتاسر امپراتوری اسلامی، از رود

۱۷. Saracenes، نامی که یونانیها و رومیها به اعراب بدوی چادرنشین داده بودند؛ اعرابی که مراز چندی از مرزهای امپراتوری یونان روم می‌گذشتند، به متصرفات انها تجاوز می‌کردند یا کاروانها را می‌ربودند. این اصطلاح گاه در معنای وسیعی بکار می‌رود و مراد از ان همهٔ عربهاست.ــم.

سند گرفته تا رشته کوههای پیرنه، علم و فلسفهٔ یونانی، پزشکی یهودی و ریاضیات هندی مورد مطالعه و آموزش قرار گرفته، گسترش یافته و قدرتها شناخته شده بود. امپراتوری اسلامی تداوم و استمرار سیاسی نداشت، اما از یگانگی اجتماعی و فرهنگی تازه‌ای برخوردار بود. این یگانگی تا اندازه‌ای مرهون رسم چندهمسری، از جهتی مدیون نظام گستردهٔ آموزشی، و تا حدودی نتیجهٔ مدارا و تساهل مذهبی بود که بزودی به سیاست امپراتوری اسلامی تبدیل شد. کسانی که به اسلام ایمان نمی‌آوردند، ناچار از پرداخت جزیه بودند؛ اما با فرونشستن عصبیّت نخستین از جهات دیگر، از آزار در امان ماندند. بسیاری که اسلام آوردن را از پرداخت جزیه گواراتر می‌دیدند، به دین نو گرویدند. اما هیچ کس از جانب کسانی که ایمان سابق خود را ترک نگفته بودند، نگرانی زیادی احساس نمی‌کرد. هیچ سعی جدّی به کار نرفت تا کیش جازمی را در همه جا بگسترند، و هیچ سببی نبود تا ازادی اندیشه را محدود کنند. گاهی اوقات با مسیحیان بدرفتاری می‌کردند، اما این بدرفتاری بیشتر به سبب دشمنی‌ای بود که مسیحیان پیش می‌گرفتند، و نه برای انکه مسیحی می‌بودند.

۳ ریاضیات و اخترشناسی اسلامی ابن هیثم بَصری و نورشناسی
قانون سینل از کینداکوی تا شیمی نوین

تمدن اسلامی در قرون وسطا، سراسر کنارهٔ جنوبی دریای مدیترانه را فراگرفت و با برخورداری از پایگاهی دربخشی از قارهٔ اروپا در اسپانیا، شعلهٔ علم باستان را فروزان نگاه داشت. این تمدن می‌بایست به موقع خود براروپای کاتولیك تاثیر می‌گذاشت. واهمیت آن بیشتر از این لحاظ است که چنین نیز شد. عربها را از جهت آفرینش اندیشه‌های نو با مردم یونانی پیش از خود و جانشینان غربی پس از خود نمی‌توان سنجید. آنها در عرصهٔ اندیشه سهمی انقلابی ندارند، اما دانش گذشتگان را از هر حیث به تفصیل و دقت گسترش داده‌اند و انچه خود بر آن دانشها افزوده و به آیندگان تحویل داده‌اند، ناچیز نبوده است. در کنار آن، مسلمین حس اعتدال و شیوهٔ زندگی پرباری را که اروپا قرنها با آن فاصله داشت، کسب کردند.

ریاضیدانان مسلمان با هندسهٔ یونانی آشنا شدند، اما مطلب زیادی برآن نیفزودند. برای مقاصد اخترشناسی مثلثات را گسترش دادند و به جای استفاده از وترها که در اسکندریه معمول بود، جدولهای سینوس و تانژانت را ــ که امروز در میان ما متداول است ــ به کار گرفتند. انها حساب و جبر را بیشتر از آریبهط[18] و برهمگپت[19]، دو ریاضیدان هندی اموختند. شاید این دو دانشمند ریاضی

18. Arya-Bhata 19. Brahmagupta

از جبر دیوفانتوسی اطلاع داشته‌اند و شاید حساب هندی هم تا اندازه‌ای منشاء بابلی داشته است. اما مسلمین نخستین بار از دیوفانتوس مستقیماً تاثیر نگرفتند، زیرا با کارهای دیوفانتوس دیرتر آشنا شدند. برجسته‌ترین ریاضیدان مسلمان، خوارزمی بود که در اوایل سدهٔ ۹ م [۳ هـ ق] می‌زیست. ایتالیاییها از راه آثار خوارزمی دربارهٔ حساب و جبر، با نظام عددنویسی دهگانی هندی آشنا شدند واین روش از ایتالیا به سراسر اروپا گسترش یافت. واژهٔ «الگوریسم»[20] که صورت تحریف شده‌ای از نام «الخوارزمی» است، به روشهای محاسبه‌ای که او ابداع کرد، اطلاق می‌شود. واژهٔ «الجبرا»[21] [جبر] نیز از جزء نخست عنوان یکی از تالیفات اصلی او گرفته شده است.

مسلمین دراخترشناسی به نظریهٔ افلاك تدویر بطالمیوس اکتفا کرده بودند. زرقالی طلیطلی (تولدویی)[22] در سدهٔ ۱۱ م [۵ هـ ق] گفت سیارگان در مدار بیضی حرکت می‌کنند، اما این اندیشهٔ او به جد گرفته نشد. رصد به صورت منظم ادامه یافت و روشهای آن به تدریج پیشرفت کرد. اخترشناسان اسلامی برای دقتی که داشتند، سزاوار احترام بسیارند. برای مثال لاپلاس[23] اخترشناس فرانسوی از چند رصدی که مسلمین درسدهٔ ۱۱ م [۵ هـ ق] انجام داده بودند، در کتاب *بیان منظومهٔ جهان*[24] (۱۷۹۶ م) استفاده کرد. هرکس که به نقشه‌های اختران نگاه کند، تاثیر اخترشناسی اسلامی را اشکارا احساس خواهد کرد و خواهد دید اصطلاحات اخترشناختی با نامهای اسلامی درآمیخته است. مانند Betelgeuse [ابط الجوزاء]، Algol [راس‌الغول]، Fomalhaut [فم‌الحوت]. و خواهد دید که بسیاری از اصطلاحات اخترشناسی ریشهٔ اسلامی دارند. مانند zenith[25]، nadir[26] و azimuth[27]. این اصطلاحها در محاسبه‌های اخترشناختی همچنان بکارمی‌روند.

ابن هیثم[28] حدود سالهای ۱۰۰۰ م [۱ تا ۵ هـ ق] در مصر می‌زیست و به پژوهش در نورشناسی، هم از دیدگاه فیزیکی و هم از نظر تن‌کارشناسی اشتغال داشت. کشفیات ابن هیثم از مهمترین کارهای مسلمین است. او مانند ما براین عقیده بود که پرتو نوراز منشاء خارجی خود به چشمان ما می‌رسد و از بازتاب آن در پیرامون ما اشیاء دیده می‌شوند. تا زمان ابن‌هیثم نظریهٔ اقلیدس رواج گسترده داشت. نظریهٔ اقلیدس می‌گفت که نور از چشم بیننده به آنچه او قصد دیدنش

20. algorism 21. algebra 22. Arzachel of Toledo 23. Laplace

24. *Exposition du Système du Monde*

۲۵. از ریشهٔ «سمت‌الراس» و به همین معنا ــ م.

۲۶. از ریشهٔ «نظیر» و به معنای سمت یا سمت‌القدم ــ م.

۲۷. از ریشهٔ «السموت» و به معنای سمت یا زاویهٔ سمت ــ م.

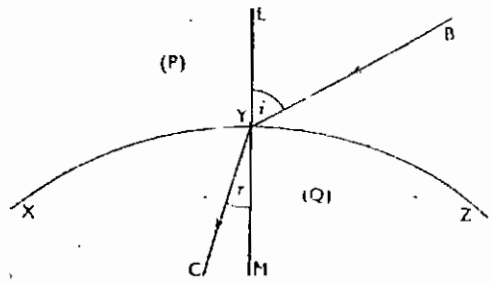
28. Alhazen

تصویر پنج: تندیس کوپرنیک در میدان شهر تورن.

تصویر شش: استادی: کیمیاگر.

را دارد، می‌تابد. خطای اقلیدس به اندازه‌ای آشکار است که دلیل دوام دیرپای این نظریهٔ نادرست او را در میان اسکندرانیهای تیزبین بسادگی نمی‌توان یافت.[۲۹] اگر مانعی بر سر راه دید ما قرار گیرد، نظریهٔ اقلیدس از عهدهٔ تبیین آن برمی‌آید. اما اگر بپرسیم چرا با فروشدن آفتاب یا با کشیدن پرده‌ها از دیدن باز می‌مانیم، نظریهٔ اقلیدس در پاسخ درمی‌ماند. ابن‌هیثم که در کالبدشکافی هم مطالعاتی داشت، تأیید مستقیم عقیدهٔ تازهٔ خود را از ساختمان چشم به دست آورد. او کشف کرد در جلوی چشم عدسی قرار دارد و همین عدسی، نور را برپردهٔ شبکیه که در قسمت عقب چشم است، متمرکز می‌کند. از دریافت پردهٔ شبکیه از راه عصب بینایی با مغز ارتباط دارد. ساختمان عمومی چشم، به بهترین وجه برای دریافت نور مساعد است، اما به هیچ وجه از عهدهٔ پراکندن نور برنمی‌آید. ابن‌هیثم بدین طریق و با استدلال از کالبدشناسی به قلمرو تن‌ـ کارشناسی راه یافت و از شکل و ریخت این عضو به استنتاج کارکرد احتمالی آن پرداخت.

نور در گذر از درون محیط‌های[۳۰] یکنواخت، خط مستقیم را طی می‌کند؛ اما هنگامی که از محیطی به محیطی دیگر وارد می‌شود، معمولاً مسیر آن کج می‌شود. این انحراف مسیر را شکست (انکسار)[۳۱] می‌نامند. فرض کنید XYZ نشانهٔ مرز میان دو محیط شفاف P و Q (شکل ۲۸) باشد و LYM هم در نقطهٔ Y براین خط مرزی عمود باشد. پرتو BYC در گذر از P به Q در نقطهٔ Y



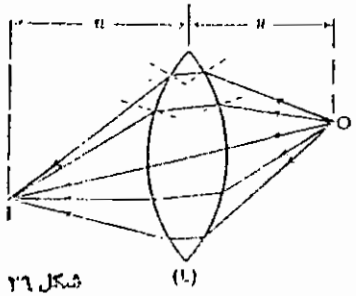
شکل ۲۸

انحراف پیدا می‌کند. همان گونه که می‌بینید، اگر پرتو نور به هنگام ورود به Q به خط قائم نزدیک شود، می‌گویند Q از لحاظ نوری از P چگالتر[۳۲] است. نور در گذر از Q به P از خط قائم دور خواهد شد. مسیر پرتوهایی که به خط قائم نزدیکتر باشد، انحراف کمتر و مسیری که از خط قائم دورتر باشد، انحراف بیشتر دارد. تنها پرتوی که خم نمی‌شود، پرتوی است که مسیر آن در امتداد خط قائم باشد.

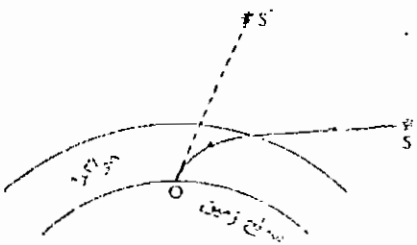
۲۹. شاید سرچشمهٔ این خطا، درخشندگی چشم گربه‌های مقدس مصری بوده باشد.

30. medium 31. refraction 32. denser

در اسکندریه شکست نور را به طور سطحی بررسی کرده بودند. ابن هیثم به این موضوع بیشتر توجه کرد. دسته پرتوی که از نقطهٔ نورانی O می‌تابد و از عدسی همگرا (محدب)[۳۳] می‌گذرد، به هنگام ورود به عدسی و خروج از آن می‌شکند. پرتوهایی که از بخشهای کناری عدسی می‌گذرند، نسبت به پرتوهایی که به کانون عدسی تابیده می‌شوند، با زاویهٔ مایاتری به سطح عدسی می‌تابند. وبنابراین شکست آنها هم محسوستر است. اگر عدسی خوب تراشیده شده باشد و نقطهٔ O هم در جای مناسب خود قرار گرفته باشد، دسته پرتوی که از نقطهٔ O بتابد، پس از گذشتن از عدسی در نقطهٔ I همگرا می‌شود (شکل ۲۹). پرده‌ای که در نقطهٔ I قرار داشته باشد، نقطهٔ درخشانی را نشان می‌دهد. به این نقطه، تصویر نقطهٔ O می‌گویند. فاصلهٔ v، از عدسی تا نقطهٔ I، به فاصلهٔ u از عدسی تا نقطهٔ O بستگی دارد. ابن‌هیثم به رابطهٔ میان u و v پی برد و دانست اگر محل منبع نور معلوم باشد، می‌توان نقطهٔ تصویر را هم پیش‌بینی کرد. این کشف ابن‌هیثم گام اساسی در راه طراحی ابزارهای نوری، مانند میکروسکوپ و تلسکوپ بشمار می‌آید و بنابراین برای علم از اهمیت بنیادی برخوردار است. زیرا هر علمی اگر به طرزی درست بر مشاهده استوار باشد، با مجهز ساختن حواس بشر به وسایل و ابزارها به موفقیت می‌رسد.



شکل ۲۹



شکل ۳۰

ابن‌هیثم به بررسی شکست جوی[۳۴] که در کار رصد آسمان تاثیر می‌گذارد و بطلمیوس هم به آن توجه کرده بود، پرداخت. بخش بالای جوّ رقیقتر و از جهت نوری چگالی آن کمتر از بخش نزدیک به سطح زمین است. هرچه به زمین نزدیکتر شویم، نه تنها چگالی نوری[۳۵] افزایش می‌یابد، بلکه بر شدت افزایش آن افزوده می‌شود. پرتوی که از ستارهٔ S بطور مایل وارد جوّ زمین شود (شکل ۳۰) خم می‌شود و هر چه به ناظر O نزدیکتر می‌گردد، بر شیب آن افزوده می‌شود. در نظر تماشاگر، گویی که نور S از نقطهٔ Ś می‌تابد و Ś بالاتر از محل حقیقیش در آسمان دیده می‌شود. اگر ستاره نزدیک سمت‌الراس باشد، اختلاف میان محل حقیقی و محل ظاهری ستاره ناچیز خواهد بود؛ زیرا

33. converge 34. atmospheric refraction 35. optical density

نور آن تقریباً به حالت قائم وارد جوّ زمین می‌شود. هرچه ستاره به افق نزدیکتر باشد، این اختلاف بیشتر است. حتی ممکن است ستاره‌ای را که از سطح افق پایینتر باشد، به چشم دید. ابن هیثم دریافت می‌توان شکست جوّی را در تبیین پاره‌ای شفق و فلق به کار گرفت. او از این راه، نُمود بیضی شکل خورشید را پیش از فروشدن آفتاب توضیح داد. حاشیهٔ پایین خورشید که به افق نزدیکتر است، بیشتر از لبهٔ بالای آن دستخوش شکست نوری می‌شود. بنابراین، دولبهٔ بالایی و پایینی خورشید از آنچه هستند به هم نزدیکتر می‌نمایند و قطر عمودی آن هم به نظر کوتاهتر می‌رسد.

موضوع اصلی در شکست نور، یافتن نسبت میان زاویه‌های تابش و شکست ــ زاویه‌های i و r در شکل ۲۸ ــ است. بطلمیوس در این راه کوششی کرده بود. ابن‌هیثم اشتباه بطلمیوس را نشان داد، اما قانون درست شکست نور را خود کشف نکرد. در واقع این قانون را دکارت در اوایل سدهٔ ۱۷ م کشف کرد، اما بعدها به نام قانون سنِل[36] ـ منسوب به سنل، دانشمند هلندی ـ مشهور گردید. این قانون می‌گوید که $\mu \sin r = \sin i$ و μ عددی است که ضریب شکست نو نام دارد. ضریب شکست نور برای هر دو محیط مفروض، ثابت است. اگر P هوا و O اب باشد، $\mu = ۱/۳۳$. اگر $i = ۶۰^\circ$ باشد، پس $r \simeq ۴۰^\circ ۳۰'$ ؛ بنابراین، نور با زاویه‌ای نزدیک به $۱۹^\circ ۳۰'$ منحرف می‌شود. اما اگر $i = ۳۰^\circ$ باشد، پس $r \simeq ۲۲^\circ$ است. نتیجتاً انحراف نزدیک به ۸° خواهد بود.

مسلمین بیشتر از طریق یونانیان اسکندرانی و یهودیان و تا اندازه‌ای هم از طریق چینیها به کیمیاگری علاقه‌مند شده بودند. هدف کیمیاگری یونانی و یهودی کشف مادهٔ کیمیا (حجرالفلاسفه) بود، تا به کمک آن مادهٔ فلزها را به طلا تبدیل کنند. پنداشت اکسیر زندگی یا ماده‌ای که درمان همهٔ دردها باشد، احتمالاً سرچشمهٔ چینی دارد. کیمیاگران اسلامی و جانشینان غربی آنها، هم در پی کیمیا بودند و هم در جستجوی اکسیر زندگی. کیمیاگری بیشتر فن بود تا علم؛ ان هم فنی که هیچ‌گاه به مقصود خود نرسید. کیمیاگری آکنده از رمز و راز بوده، اما نتایج فرعی آن برای علم ارزشمند بوده است: کیمیاگران مواد مهمی چون الکل و اسیدهای کانی را که در صنعت کاربردهای بسیاری دارد و در گسترش تاریخی شیمی علمی تاثیر گذاشته است، کشف کردند. گذشته از این، آنها اطلاعات ارزنده‌ای دربارهٔ آلیاژها و روشهای فلزگری[37] به دست آوردند. تکامل عدسیها و آینه‌های نوری بیشتر مدیون آنهاست. بیشتر ابزارهای متداول شیمیایی که برای تقطیر، تصفیه و گرم کردن بکار می‌روند، به دست کیمیاگران اختراع شده و توسعه یافته است. کیمیاگری هدف علمی نداشت، اما روشهای آن که متضمن تجربه و مشاهده بود، تا اندازه‌ای علمی بود. گرچه کیمیاگری به هدفی که جستجو می‌کرد نرسید، اما برحسب تصادف به چند کشف مهمّ انجامید.

36. Snell's Law 37. metallurgy

شیمی نوین دَین بسیاری به کیمیاگران دارد، اما کیمیاگری با تاخیری دراز به شیمی عامی تحوّل یافته است. با آنکه علوم دیگر در سده‌های ۱۶ و ۱۷ با شتابی چشمگیر به پیش می‌رفتند، علم شیمی تحوّلی را که از آن انتظار می‌رفت، نیافت. ناتوانی کیمیاگیری در دگرگونی کامل ماهیت خود در دورهٔ انقلاب علمی، استثنایی براین قاعدهٔ کلی است که علوم با هم پیش می‌روند و باهم می‌ایستند. فیزیك به خواصی چون جرم، وزن، بعد، دما و حرکت می‌پردازد. این خواص به همهٔ انواع ماده تعلّق دارد. اما شیمی به خواصی می‌پردازد که مواد را از هم متمایز می‌سازد. بنابراین، باید بنیاد اصلی شیمی علمی برنظریه‌ای باشد که بتوان با آن میان مواد فرق گذاشت و در عین حال نشان داد همهٔ مواد دارای خواص مشترك و پایدار فیزیکی هستند. این هدف را نظریهٔ اتمی تامین می‌کرد. با این نظریه می‌توان خواص طبیعی و عمومی ماده را به عنصری مادّی، که خود اتمها از آن تشکیل شده‌اند، نسبت داد. و با این حال، می‌توان تفاوت در اندازه، شکل و چگونگی آرایش اتمهای آنها، یا هرسهٔ آنها را تبیین کرد. نظریهٔ اتمی همگونگی مادّی را با گوناگونی ساختار ماده، که با حواس ناقص ما همچون گوناگونیهای ماده به نظر می‌آید، به هم آمیخته است. نظریهٔ اتمی جدید براین است که اتمهای مواد گوناگون، آرایشهای اتمی گوناگونی دارند. اما آنچه را دموکریتوس به تغییر اندازه و شکل اتمهای جدا از هم نسبت می‌داد، ما به اختلاف ساختمان الکتریکی نسبت می‌دهیم. با وصف این، اندیشهٔ اساسی در شیمی ــ گوناگونیهای شیمیایی، گوناگونیهای ساختی هستند که برپایهٔ همگونگی مادی استوارند ــ همچنان به قوّت خود باقی مانده است. غفلت از لئوکیپوس و دموکریتوس نه تنها مانع پیشرفت فیزیك شد، بلکه شیمی را از رشد طبیعی بازداشت. نیوتون و رابرت بویل[38] به تشکیل مادّه از اتمها عقیده داشتند، اما نظریهٔ اتمی در زمینهٔ شیمی تنظیم و تدوین نشد، تا آنکه جان دالتن[39] (۱۷۶۶ تا ۱۸۴۴) آن را از نو زنده ساخت. از آن پس بود که شیمی همگام سایر علوم ...

۴ اروپا در آستانهٔ عصر نوین پیدایش مکتب انسان‌گرایی (اومانیسم)
انتقال فرهنگ و علوم اسلامی به اروپا احیای فرهنگ و علوم یونانی
رنسانس (نوزایی)

با آنکه فروپاشی امپراتوری روم اشوب و اغتشاش به دنبال داشت، اما خطوط کلی نقشهٔ نوین اروپا حدود سال ۸۰۰ ترسیم شد. اروپای مرکزی و غربی از حیث فرهنگی واپس مانده و از احاطه

38. Richard Boyle 39. John Dalton

سیاسی بی‌ثبات بود، اما نفوذ نیرومند و روبه گسترش کلیسای روم و پشتیبانان نظامی ان تا اندازه‌ای این بخشهای اروپا را یکپارچه نگاه می‌داشت. آسیای کوچک و شبه جزیرهٔ بالکان امپراتوری روبه زوال بیزانس را تشکیل می‌دادند. اسپانیا، شمال افریقا و بخش اعظم خاورمیانه قلمرو امپراتوری اسلامی بودند. برای رعایت اختصار آسانتر است این سه ناحیه را به ترتیب غرب، شرق و جنوب بنامیم.

لزومی ندارد به شرق (امپراتوری بیزانس) زیاد بپردازیم. گروهی که با کتابهایشان از اسکندریه جان سالم به در برده بودند، هنگامی به قسطنطنیه رسیدند که نخستین یورشهای مسلمین نوایمان آغاز شده بود. از آن زمان تا فروپاشی امپراتوری بیزانس در سال ۱۴۵۳، شهر قسطنطنیه پناهگاه اصلی میراثهایی بود که از ادبیات کلاسیک به زبان اصلی یونانی به جای مانده بود. جزاین، شرق جای مهمی در تاریخ علم ندارد. در خلال قرون وسطا بیش از چند اندیشهٔ خلاق در زمینه‌های مختلف نداشته است.

مردم غرب (امپراتوری روم) بیشتر خویی مردانه و خشن داشتند، امّا همین غرب بود که واپس ماندگیهای فکری را جبران کرد و برای آتنیها و اسکندرانیها جانشین توانایی شد. غرب در آغاز ناگزیر بود نظم و آرامش را بازیابد. کلیسا در استقرار نظم نقش بزرگی داشت. به رغم زندگیهای ددمنشانه و مرگهای وحشیانهٔ عدهٔ بیشماری که برای رسیدن به قدرت و ثروت، منصبهای کلیسایی را تصاحب کرده بودند، کلیسا توانست برکار فرمانروایان دنیوی گونه‌ای نظارت را برقرار سازد و درمیان مردم عادت بعضی قاعده‌های سلوك و اخلاق مسیحی را به اجرا گذارد. این گونه ضابطه‌ها همیشه رعایت نمی‌شد، اما برای کسانی که در دایرهٔ شمول آن قرار می‌گرفتند، همیشه عامل تهدیدکننده‌ای بشمار می‌رفت. در پرتو نفوذ آن ضابطه‌ها، زندگی به تدریج آرامتر و کم خطرتر شد و از شدت مبارزه برای استقرار و نگاهداری امنیت کاسته گردید. غرب به رغم چندپارگی سیاسی، به دست آوردن یگانگی فرهنگی و معنوی خود را آغاز کرد. با گذشت زمان، مردم فرمانبرداری از حکومت ارباب کلیسا را ناخوشایند نیافتند. آنها نفوذ کلیسا را که با خود آسایش به همراه آورده بود درك می‌کردند و آن را لازم می‌دانستند. با بهبود بیشتر شرایط زندگی، مردم مجال یافتند به اندیشهٔ مستقل بپردازند. پس طبیعی بود اگر در ادعای کلیسا نسبت به آنچه دانستنش برای انسان لازم یا مقتضی شناخته می‌شد، شك کنند. رشد شهرهای بازرگانی مستقل مانند ونیز، بروژ و هامبورگ طبقهٔ بازرگان نیرومندی را پدید آورد که ثروت و رفاه خود را نه به شاه مدیون بود و نه به پاپ. استقلال اقتصادی و نفوذ این طبقه، استقلال اندیشه به همراه داشت. عقل غرب که از مدتها پیش متروك مانده بود، دوباره بکار گرفته شد و مستعدپذیرش تأثیرهایی قرار گرفت که زمینه را برای زنده شدن مکتب انسان‌گرایی (اومانیسم) فراهم می‌ساخت.

تأثیرهایی که جنوب (امپراتوری اسلامی) از راههای گوناگون بر اروپا گذارده بود، از همهٔ

تأثیرات دیگر مهمتر بود. اروپاییان از راههای زیر با تمدن اسلامی آشنا شده بودند: جنگهای صلیبی؛ گسترش نفوذ اقوام مغرب اسلامی تا فراسوی رشته کوههای پیرنه؛ دربار سیسیلی امپراتور فردریك دوم؛ و بویژه از راه ونیزیها و جنوواییهایی که تنها از راه خاورمیانهٔ مسلمان به ثروت هندوستان دسترسی می‌داشتند. افراد سرشناس، شاهان و حتی پاپها ــ با تعصبی که در مسیحیت داشتند ــ به پزشکان مسلمان و یهودی روی می‌آوردند و آنها را در کار خود حاذقتر از پزشکان اروپایی می‌شناختند. بیشتر پزشکان مسلمان و یهودی، گذشته از پزشکی، در رشته‌های دیگری نیز چیره‌دست بودند. اروپاییان با فراست از همین جرقه‌های فرهنگ اسلامی تأثیر گرفتند و گاه در پی علم‌اندوزی راهی مراکز علمی مغرب اسلامی شدند. از مبرزترین این افراد می‌توان از ژربر[1] که بعد به پاپ سیلوستر[41] دوم معروف شد؛ از آدلارد باثی[42] که نخستین نسخهٔ کتاب اقلیدس را از قُرطُبه (کوردووا)[43] برای اروپای کاتولیك به ارمغان برد، یاد کرد. پیروزیهای مغولان در سدهٔ ۱۳ و سفرهای مارکوپولو به دربار قوبلای قاآن، علاقهٔ اروپاییان را بیش از پیش به دنیای خارج و اندیشه‌های تازه و ماجراهایی که به همراه داشت برانگیخت.

انسان‌گرایی (اومانیسم)، مکتب اتکای فعال انسان بر تواناییهای بشری خویشتن است. سیمایی اساطیری که این اندیشه را بازمی‌نماید، سیمای پرومتئوس است. دست کم نشانه‌هایی از زنده شدن این اندیشه را در غرب، در گذشتهٔ دور و در سدهٔ ۱۱ می‌توان دید، اما در دورانی دراز، جسته و گریخته بارقه‌هایی از آن را در تنی چند از مردان برجسته می‌توان یافت. مردانی چون ژربر، فردریك دوم، پترارك[44]، بوکاتچو[45] و راجر بیکن[46] فرانسیسی مشرب. اگر آنچه را بیکن (حدود ۱۲۱۴ تا ۱۲۹۴) می‌گفت معاصرانش می‌پذیرفتند، او در تاریخ علم اهمیت می‌یافت. این اندیشهٔ تکان دهنده که معرفت به جهان را نه از راه حجیّت بلکه از راه مشاهده باید بدست آورد، در مردم زمانش اثر درنگرفت. حتی این عقیده‌اش نه تنها جنبشی علمی را که پیش‌بینی می‌کرد به بار نیاورد، بلکه رغم دوستیش با پاپ، دردسرهایی از ناحیهٔ مراجع فرانسیسی برایش فراهم آورد.

گرچه در سده‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۴ دگرگونی گسترده و آشکاری رخ نداد، اما اندیشه‌های دست سوم یونانی که از جنوب به اروپا می‌رسید، به صورت پنهان با اروپایی که بیش از پیش مستعد تفکر آزاد بود، سازگار می‌آمد. پس از سقوط قسطنطنیه در ۱۴۵۳، بخشی از آثار کلاسیك به اروپا رسید در نیمهٔ دوم سدهٔ ۱۵، ستایش از تفکر پیش از مسیحیت نخست در ایتالیا و بزودی در سراسر غرب رایج شد. تا مدتی کاوش و پژوهش در آثار کلاسیك ارجمندترین کوشش فکری بشمار می‌رفت. بنابراین، مهم است که از چگونگی ارتباط فکری مردم ایتالیا و امپراتوری بیزانس اگاه باشیم

---

1. Gerbert 41. Sylvester 42. Adelhard of Bath 43. Cordoba
44. Petrarch 45. Boccaccio 46. Roger Bacon

همان گونه که از اهمیت رابطهٔ میان ایتالیاییها و مسلمین پیش از ۱۴۵۳ آگاه شدیم. دورهٔ پر جوش و خروش و مردمی زنده‌شدن اندیشه‌های کلاسیك که پس از رویدادهای سال ۱۴۵۳ و با سفرهای بزرگ اکتشافی دریایی و اختراع چاپ همزمان شده بود، نه آغاز بلکه اوج رنسانس به شمار می‌آید.

ویژگیهای اصلی رنسانس در گسترش بیسابقهٔ یك جهان‌بینی و گسترش دانش دنیوی است ـ دانشی که نه در انحصارکشیشان بود و نه منحصراً به موادی می‌پرداخت که کلیسا تصویب می‌کرد. مردان بزرگ رنسانس بینش تنگ کسانی را که مانند قدیس یروم شعر کلاسیك را مذموم می‌دانستند، به باد سرزنش می‌گرفتند. رجال رنسانس آمادهٔ آن بودند تا به هر مشغولیت ذهنی انسانی، از مثلثات گرفته تا شعبده‌بازی، و بدون واهمه از آلودگی به امور دنیوی، مادّی یا شیطانی بپردازند. آنها به گفته‌های پولس قدیس اعتنایی نداشتند و آشکارا به «انسان فخر می‌کردند.» از این رو نمی‌توان رنسانس را تنها به جنبشی علمی یا هنری یا ادبی منحصر دانست. رنسانس زندگی خود را بیشتر به استعدادهای ادبی فضلای کلاسیك، مانند اراسموس[47] و تامس مور[48] مدیون است؛ اما گرایشهایی که خود رنسانس برانگیخت ناظر به همهٔ زمینه‌ها بود. از لئوناردو داوینچی با عنوان هنرمند یاد نمی‌کنند، اما او مهندس، فیزیکدان، کالبدشناس و ریاضیدان مهمی نیز بود. از کوپرنیك با عنوان اخترشناس نام می‌برند، اما او در ۶ زبان استاد بود و می‌گویند کم و بیش در این رشته‌ها تبحّر و تخصّص داشته است: ریاضیات، فیزیك، پزشکی، حقوق، جغرافیا، فلسفه، ادبیات تاریخ، تراجم احوال[49]، فقه اللغه[50]، مالیه[51]، مهندسی[52]، منشات‌نویسی (ترسّل)[53]، نقاشی و ادارهٔ امور دولتی[54].

رهبران کلیسا نمی‌توانستند زنده شدن مکتب انسانگرایی را نادیده بگیرند. در همان آغاز کار، هنگامی که نخستین نشانه‌های تاثیر جنوب بر اروپا پدیدار شد، کلیسا در پی آن برآمد تا با استقرار نظام فلسفی خود که اساساً برشالودهٔ فلسفهٔ ارسطویی استوار بود، رهبری و زمامداری جنبش نوینی که فرا رسیدنش را پیش‌بینی می‌کرد، خود به دست گیرد. بدین ترتیب، نتایج علمی نادرست نظام ارسطویی زبانزد شد و رهبران انقلاب علمی ناگزیر برای واژگون کردن آن دست به مبارزه‌ای بی‌امان زدند. روش استقرایی ارسطو که در اسکندریه به کار گرفته شده بود، مزایای علمی بزرگی به همراه داشت، اما به جهت تقدّسی که برای استنباطهای ارسطو قائل شدند، علم غرب در عصر رنسانس از پیشرفت بازایستاد.

انسانگرایی گریزگاه خود را از یك سو در علم و از سوی دیگر در هنر یافت. همچنانکه رنسانس

47. Erasmus 48. Thomas More 49. biography 50. philology 51. finance
52. engineering 53. epistolography 54. estate administration

نیروهای خود را بسیج می‌کرد، کلیسا نیز به مبارزهٔ خود با تفکر مستقل ادامه می‌داد و در عین حال هنر را که گریزگاهی کم‌خطرتر می‌شناخت، ترویج می‌کرد.[55] نتیجه چنان شگفت‌انگیز بود که حتی اگر یك قرن پیشرفت علم را به تاخیر می‌انداخت، خسارت چندانی نبود. در واقع هنر رنسانس چنان شکُفت که هیچ زیانی به علم نزد. کلیسا نتوانست گسترش دانش دنیوی را مهار کند. در امور عقلی، رنسانس صورتی یافت که از لحاظ ارباب کلیسا ناخوشایند بود. در ایتالیا با وجود مردانی چون نیکولو ماکیاولی[56]، رنسانس گرایشی شرك‌آلود یافت. در بخشهای شمالی اروپا که مردمی جدیتر و پای‌بندتر به اخلاق داشت، رنسانس به جنبش اصلاح دین انجامید. اما رنسانس هرجا که رفت، آزادی اندیشه و بیان فردی را ترویج داد. و بدین طریق هم راه را برای زندگی دوبارهٔ علم باز کرد و هم با طرح دوبارهٔ دانش مردم باستان، علاقهٔ مردم را به علم برانگیخت.

میان ایتالیای دورهٔ رنسانس و آتن روزگار پریکلس همانندیهایی هست. در ایتالیا و نیز در آتن اندیشه‌های مخالف از گوشه و کنار گردآمدند و بدون تعصّب با هم سنجیده شدند. تزلزل عقاید سرانجام به سستی ایمان انجامید و با مردانی که بینشی ذاتاً تازه داشتند، پیشرفت بزرگ علم آغاز گشت.

۵ میراث علم و فرهنگ یونانی سهم علمی، فکری و فرهنگی قرون وسطا

در ارزشیابی علم دوران باستان و قرون وسطا، بویژه باید از داوریهای شتابزده پرهیز کرد. غالباً علم یونانی را به سبب طبیعت سراسر نظری‌اش کم‌ارزش جلوه می‌دهند، اما خطایی مُنکرتر از این نیست. ما بر رایج نبودن تجربه‌گرایی در میان یونانیان تاکید کردیم، زیرا کشمکش میان روشهای تجربی و پیشینی که باید از چگونگی آن آگاه باشیم، از اهمیت شایانی برخوردار بوده و سراسر تاریخ تفکر را فرا گرفته است. پیروزی تجربه‌گرایی برای علم لازم بود، اما روش نظری نخستین گام ضروری بود. وهر چه از دَین علم به یونانیان بگوییم، کم گفته‌ایم. یونانیان روح پژوهش آزاد و کنجکاوی عقلی را به ما ارزانی داشته‌اند. آنها بودند که ریاضیات را آفریدند و به امکان طرح به هم پیوسته و معقول دانش طبیعی پی بردند. بدون اینها، علمی هم در کار نبود. روش نظری یونانی

۵۵. تنها کافی است به معماری کلیساهای عصر رنسانس و به نقاشیهایی که با زمینه‌های کلاسیکی از مضمونهای کتاب مقدس کشیده شده‌اند نظری بیندازیم، تا هنری را که ذاتاً شرك‌آلود می‌شناختند، اما در آن دوره در خدمت مقاصد کلیسا بکار می‌گرفتند، بازشناسیم.

56. Nicole Mechiavelli

هر چند غیرعلمی بود، اما تقریباً همهٔ اندیشه‌های انقلاب علمی را در بطن خود داشت. ما عشق حقیقی به طبیعت و علاقهٔ راسپیتین به معرفت، آن هم برای نفس معرفت را، از یونانیان به ارث برده‌ایم. آنها به ما آموختند که تنها به برترین اندیشه‌ها تن در دهیم. ارسطو و دانشمندان اسکندرانی علم تجربی اصیل را پایه گذاردند. اگر تاریخ راه گسترش پیگیر کارهایشان را سدّ کرده است، گناه از آنها نیست.

خطای دیگری که باید از آن بپرهیزیم، این است که قرون وسطا را دورهٔ گذری آکنده از توحش بپنداریم. درست‌تر این است که آن عصر را مرحلهٔ آموزش و تجربه‌اندوزی لازم بینگاریم. هیچ قومی آمادگی نداشت تا سنت یونانی را پی بگیرد. رومیها چند کاهی فرهنگ یونانی را *پاس داشتند*، اما هیچ اندیشهٔ تازه‌ای برآن نیفزودند. شاهکارهای مهندسی رومی را هنوز می‌توان دید امّا هیچ اندیشهٔ علمی رومی را نمی‌توان یافت. عربها به تفکر انتزاعی دلبستگی زیاد داشتند، اما فکر اصیل بلندی از خود نداشتند. پس از فروپاشی امپراتوری روم، مردمان جدید غرب از توانایی فکری لازم برخوردار بودند، اما قرنها پیشرفت تدریجی تمدّن لازم بود تا اندیشه‌هایشان بتوانند به باربنشینند. با معیارهای یونانی و رنسانس، قرنهایی که گذشت دستاوردهای علمی اندکی به بار آورد، امّا این قرنها سراسر به بطالت نگذشت، بلکه غرب در این زمان دوران رشد خود را طی می‌کرد. تا اندازه‌ای قرون مظلم (حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰) به استقرار نظم و قانون گذشت. نا ایمنی در زندگی جاری مردم به درجه‌ای رسیده بود که پیشرفت فکری بسختی ممکن بود. اروپای آن عصر به کلیسای روم دَینی گران دارد. کلیسا غالباً دشمن آشتی‌ناپذیر تفکر مستقل بود، اما از تاثیر تمدن پرور و یگانگی بخش کلیسا در قرون مظلم بود که چنان اروپایی ساخته شد و چنین اندیشه‌هایی از دل آن رویید.

هنگامی که در اواخر قرون وسطا اقتدار کلیسا به اوج خود رسید، کوشش فکری هم بیدرنگ شدّت گرفت. تحقیق آن زمان بیشتر در زمینهٔ کلام آبای کلیسا، دانشهای باستانی با شرح و بسط آثار پلینی[۵۷] (پلیناس) و بوئتیوس[۵۸]، منطق ارسطو و بخشهایی از آثار افلاطون بود. جهان‌بینی آن عصر کاملاً محدود بود، زیرا هدف نهایی آن جهان‌بینی تقریباً همیشه در تفسیر جامعتر کتاب مقدس یا ادارهٔ بهتر خدمات کلیسا خلاصه می‌شد. با وصف این، عادت تفکر زنده مانده بود. کانونهای تعلیم و تعلّم در مدارس، کلیساهای جامع و اسقفی و دیرها گسترش یافته بود. «فلسفهٔ مَدرَسی» نام خود را از همین مدرسه‌ها گرفته است.[۵۹] همین مدرسه‌ها که هسته‌های دانشگاهها بشمار می‌آیند، دادوستدپذیرا اندیشه را ترویج دادند. با ترجمهٔ آثار یونانی از متون عربی و دستیابی به محتویات آنها،

57. Pliny 58. Boethius

۵۹. مقصود، اشتقاق scholasticism(فلسفهٔ مدرسی) از واژهٔ لاتینی schola (مدرسه = school انگلیسی) است.ـم.

افق اندیشه‌ها گسترش یافت. صنعتگران نیز به دانش فنی مجهز می‌شدند و ارزش خدمات اینان به علم بعدها به ثبوت رسید. رنسانس که فراز آمد، تبحّر لازم اندیشه و مهارت لازم دست، هم فراهم بود.

جی. کی. چسترتن در فصل دوم کتابش[۶۰] از قرون مظلم تعبیر جالبی به دست داده است. او گفته است قرون مظلم به دورهٔ تزکیه می‌مانست. علم یونانی که از عشق به طبیعت برخاسته، در بهترین صورتش بسیار ارجمند بود، اما این علم آلوده شد.[۶۱] در *گاهنامه هرزهٔ* اسطوره‌شناسی هر حیوان، گیاه یا ستاره‌ای داستانی هرزه و زشت داشت. پیش از آنکه بشر بتواند بدون احساس شرم در بارهٔ علوم طبیعی بیندیشد، لازم بود روح او قرنها در بیابان سرگردان باشد. قدیس بروم و نخستین راهبان مسیحی، چنین بینشی را باز می‌نمودند. آنها در دوری از اذتهای فکری همان قدر جدّی بودند که در ترک راحت تن. قدیس فرانسیس که مظهری از بازگشت لطف و مرحمت بود، در هنر و تفکّر عصر خود تاثیر بسیاری برجای نهاد. شیوهٔ برخورد او با طبیعت به گونه‌ای بود که گویی دوران قهر و عذاب به پایان رسیده، گناهان شسته شده و انسان با پاکی و معصومیت شایستهٔ پژوهش در طبیعت شده است. شاید در این سخن عنصری از تخیّل نهفته باشد، اما می‌تواند هشداری به ما باشد، زیرا که علم نوین هم آلودگی خود را دارد. علم نوین با افسانه‌های هرزهٔ بی‌زیان آمیخته نیست، اما با ویرانگری و استفادهٔ ناروا از قدرت به همراه است.

60. G. K. Chesterton. *St. Francis of Assisi* [قدیس فرانسیس اسیزی]

۶۱. نگاه کنید به مقالهٔ گیرای سر دارسی تامپسن Sir D'Arcy Thompson پیرامون ارسطو در کتاب *The Legacy of Greece* [میراث یونان].

فصل پنجم

انقلاب علمی

قسمت اول: هندسه آسمانی

۱ علم نوین ـ پیشتازی اخترشناسی

پیشرفت علم از رنسانس به این سو، تحوّلی پیگیر داشته است. اینك در این فصل بررسی علم نوین را آغاز می‌کنیم. خطوط اصلی گسترش علم در دوره‌ای که با کوپرنیك آغاز شد و به نیوتون انجامید، یا به سخن دیگر، از میانهٔ سدهٔ ۱۶ تا پایان سدهٔ ۱۷، ترسیم شده است. این دوره را انقلاب علمی نامیده‌اند. دانشمندان سده‌های ۱۸ و ۱۹ بیشتر به برنامهٔ علمی گسترده‌ای مشغول بودند که طرح آن در عصر انقلاب علمی ریخته شده بود.

از انقلاب علمی بدین سو، وجود علم از دو راه احساس شده است: راه فنی و راه فکری. پیشرفتهای فنی در زمینه‌های مهندسی، کشاورزی، پزشکی و جنگ بر سرنوشت جامعه‌ها و زندگی روزمرهٔ مردم تاثیر ژرف برجای نهاده است. تاثیر مستقیم علوم عملی را آشکارا می‌توان دید. این تاثیر اساساً جدید است. تاثیر فنی علم در دورانهای گذشته همواره ناچیز بود. نشانه‌هایی از پیشرفت فنی در اسکندریه دیده شد، اما پیش از آنکه این پیشرفت همهٔ زمینه‌ها را فراگیرد، علم اسکندرانی به زوال گرایید. علم در عصر یونان و روم هیچ‌گاه بر زندگی اقتصادی تاثیر جدّی نگذاشت. جنگ‌افزارهایی که علم آن دوره طراحی کرده بود، در جنگهای بزرگ نقش تعیین‌کننده نداشت. هرچند ضمن بحث گاه اکتشافهایی را می‌بینیم که به دستاوردهای فنی بزرگی انجامیده است، اما تاثیر پیشرفتهای فنی بر تاریخ چنان آشکار است که هیچ نیازی به بحث مفصل در آن باره نیست. ما بر تاثیر کمتر مستقیم و کمتر آشکار، اما احتمالاً مهمتری که علوم محض بر تفکر و جهان‌بینی گذاشته‌اند، تاکید خواهیم ورزید.

با زندگی دوبارهٔ انسانگرایی (اومانیسم)، آتش ستیز میان عقل و تعصّب برافروخت. دانشمندان در این ستیزه نقش مهمی داشتند و بویژه اخترشناسان آتش افروزان آن معرکه بودند. پیروزیهای شگفتی‌اور اخترشناسی درسدهٔ ۱۷ بیش از هر علت دیگر اعتماد به توانایی عقلی بشری را احیا کرد، و حتی بعدها باعث پیدایش اعتماد بیش از حد به عقل شد. به طور کلی اخترشناسی عقیده‌ای را که

انسان دربارهٔ جایگاه خود در عالم هستی داشت واژگون ساخت و نگاه او را به این نکته متوجه کرد که چگونه می‌تواند با دنیای پیرامون، خود را بهتر سازگار کند. اخترشناسی پیشتاز علوم دیگر شد و به آنها جان داد. پس بویژه باید به اخترشناسی توجه کنیم.

۲ کوپرنیک ضرورت واژگونی نظام بطلمیوس روز خورشیدی و شبانروز نجومی حرکت مشتری حرکتهای سیّارگان

پیشرفت اخترشناسی دومرحله را پشت سرنهاده است: هندسی و مکانیکی. مرحلهٔ هندسی با کوپرنیک، تیکو براهه و کپلر به پایان رسید. هریك از این مردان با سهمی که گواه استعداد خاص آنهاست، برای مسائلی که یونانیان طرح کرده، اما هیچ‌گاه پاسخ رضایت‌بخش آنهارا نیافته بودند، راه حل مناسبی به دست دادند و از حرکتهای ظاهری و نامنظم اختران، حرکتهای نسبی و منظم آنها را استنتاج کردند. پدیده‌های اصلی که می‌بایست تبیین می‌داشتند، عبارت بود از: (۱) گردش روزانهٔ همهٔ سیارگان در حول قطب فلکی (فصل ۱)؛ (۲) حرکت پسخرامی خورشید به نسبت ستارگان (فصل ۱)؛ (۳) ایستگاهها و حرکتهای پسخرامی سیارگان (فصل ۳)؛ (٤) فصلهای سال.

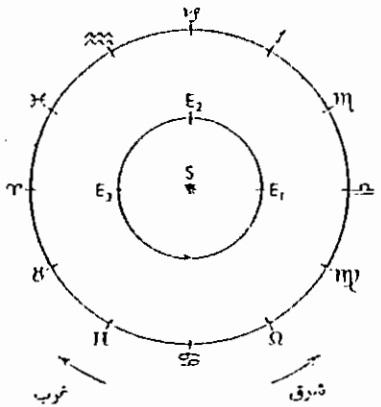
کوپرنیك که نخستین و جسورانه‌ترین گام را برداشت، اهل لهستان بود. در سال ۱٤۷۳ م در تورون[1] چشم به جهان گشود و در ۱۵٤۳ در شهر فراوئنبورگ[2] دیده برجهان بربست. او، هم کشیشی پرکار بود و هم در مقام اقتصاددان و سیاستمدار به میهنش خدمت کرد. کوپرنیك بیشتر تحصیلات خود را در ایتالیا گذرانده بود. فضل و دانش جامع او که از ویژگیهای مردان رنسانس است، تا اندازه‌ای حاصل مطالعات گستردهٔ او به زبان یونانی بود. همین مطالعات او را برای کار عمرش مهیا ساخته بود. کوپرنیك در خلال مطالعاتش با مفهوم حرکت زمین آشنا شد. او آن قدر از شیم علمی برخوردار بود که به آن مفهوم به‌جد بنگرد. با تبحّر و پشتکاری که در ریاضیات داشت، توانست تلویحات آن نظر را بتفصیل بررسی کند. کوپرنیك در دیباچهٔ منتشرشدهٔ کتاب *گردش افلاك آسمانی*،[3] که به پاپ پاولوس سوم اهدا کرده، از فیثاغورسیان و هراکلئیدس به عنوان کسانی که به حرکت زمین قایل بوده‌اند، نام برده است. او از آریستارخوس مستقیماً نام نبرده، اما با اندیشه‌های او آشنایی داشته است. رابرت ریکرد[4] هشت سال پس از درگذشت کوپرنیك، از او با عبارت «زنده کنندهٔ اندیشه‌های آریستارخوس ساموسی» یاد کرده است. اگر ریکرد در سال ۱۵۵۱ آریستارخوس

1. Torun 2. Frauenburg 3. *De Revolutionbus Orbium Coelestium*

٤. Robert Record؛ که به دلیل وارد کردن نشانهٔ «=» به ریاضیات شهرت دارد.

را می‌شناخته، چگونه می‌توان باور کرد محقق تمام عیاری چون کوپرنیك چندسال بیش از آن تاریخ از آریستارخوس بی‌اطلاع بوده باشد. از این گذشته، هراکلئیدس تنها گفته بود زمین به گرد محور خود می‌چرخد، و فیثاغورسیان قائل به گردش زمین به دور آتش مرکزی ــ نه خورشید ــ بودند. آنکه اعتقاد داشت خورشید در مرکز مدار گردش زمین قرار دارد، آریستارخوس بود و همین عقیدهٔ آریستارخوس زیربنای نظریهٔ کوپرنیکی است. دلایل قانع‌کننده‌ای هست که دیباچهٔ کتاب، گردش *افلاك آسمانی* به گونه‌ای که کوپرنیك نگاشته بود، انتشار نیافته است.

نظام بطلمیوسی برپایهٔ رصدهای متمادی چنان دگرگون و پیچیده شده بود که تبیین ساده‌تری برای حرکت سیّارگان ضرورت داشت. کوپرنیك فلك بیرونی را که فلك ثوابت می‌دانستند، به حال خود گذاشت، امّا آن را بی‌حرکت انگاشت و خورشید را در مرکز افلاك قرارداد. او می‌پنداشت سیّارگان در دایره‌های متحدالمرکز به گرد خورشید حرکت می‌کنند و ترتیب قرارگرفتن آنها از



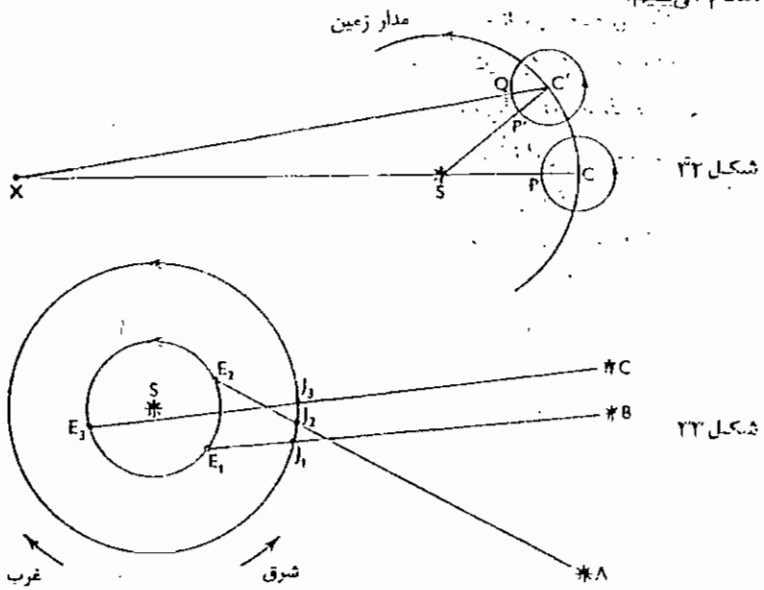
شکل ۳۱

خورشید به سوی بیرون، عبارت است از: عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل. ماه هم به گرد زمین می‌چرخد. سیّارگانی که به خورشید نزدیکترند، از سیّارگانی که از خورشید دورند، حرکتی تندتر و مداری کوتاهتر دارند. به همین دلیل، عطارد مدار خود را در ۳ ماه و مشتری مدار خود را نزدیك به ۱۲ سال می‌پیماید.

گردش ظاهری شبانروزی افلاك به گرد قطب فلکی به این ترتیب توضیح داده شد که زمین در هر شبانروز در حول محور خود یك دور کامل می‌زند. زمین حرکت سومی هم دارد ــ تغییر تدریجی امتداد محور زمین که حرکت تقدیمی نام دارد و هیپارخوس آن را کشف کرده است.

حرکت ظاهری سالانهٔ خورشید نسبت به ستارگان در شکل ۳۱ نشان داده شده است. دایرهٔ بیرونی را باید در فاصلهٔ بسیار دوری از خورشید (نقطهٔ S) فرض کرد. این دایره، مقطع صفحهٔ مدار زمین با فلك ثوابت است. جایگاه صورتهای فلکی منطقةالبروج نیز همین فلك است. هنگامی که

زمین در نقطهٔ E_1 باشد، صورتهای فلکی حوت)(، حمل ♈ و ثور ♉ در پشت خورشید قرار می‌گیرند و دراین حال صورتهای فلکی سنبله ♍ ، میزان ♎ و عقرب ♏ نقطهٔ مقابل آن سه صورت واقع می‌گردند و شب هنگام در آسمان دیده می‌شوند. سه ماه بعد که زمین به نقطهٔ E_2 می‌رسد، صورتهای جوزا ♊ ، سرطان ♋ واسد ♌ درپشت خورشید قرار می‌گیرند و صورتهای قوس ♐ ، جدی ♑ و دلو ♒ شبها دیده می‌شوند. پس از گذشت شش ماه، زمین به نقطهٔ E_3 می‌رسد، خورشید در برج میزان ♎ واقع می‌شود و ما صورتهای فلکی حوت)(، حمل ♈ و ثور ♉ را شب هنگام می‌بینیم.



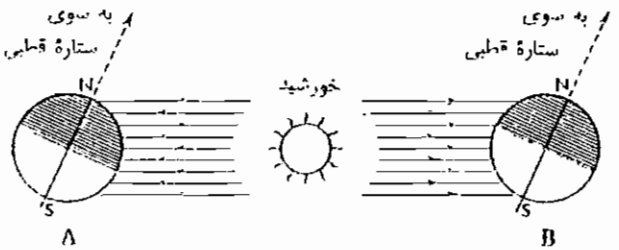
شکل ۳۲

شکل ۳۳

شکل ۳۳ نشان می‌دهد چرا روز خورشیدی بلندتر از شبانروز نجومی است. دراین شکل، S خورشید، C مرکز زمین، P ناظر زمینی، و X ستاره‌ای است که به نسبت خورشید بسیار دور است. حرکت مداری و محوری زمین با پیکان نشان داده شده است. ظهر تماشاگر زمینی هنگامی است که S و C و P دریك امتداد واقع شوند. ظهر روز بعد زمانی است که مرکز زمین در نقطهٔ C' قرار می‌گیرد. گردش محوری زمین باید ناظر را که در نقطهٔ P بوده بعد از طی یك دور به نقطهٔ P' برساند، تا روز خورشیدی خود را کامل کند. اما برای تکمیل شبانروز نجومی، تنها کافی است که زمین به نقطهٔ Q برسد.

حرکتهای ظاهری پسخرامی سیارگان، طبعاً تابع نظام کوپرنیکی است. زمین در گردش سالانه به دور خورشید (S) مواضع E_1 و E_2 و E_3 را اشغال می‌کند (شکل ۳۳). مشتری که حرکت

اهسته‌تری دارد، در مدتی که زمین آن سه موضع را پشت سرمی‌نهد، به مواضع J_1 و J_2 و J_3 می‌رسد. فرض کنیم که خطوط E_1J_1 و E_3J_3 و E_2J_2 به ترتیب به سه ستارهٔ B و A و C منتهی شود. هنگامی که زمین در نقطهٔ E_1 و مشتری در نقطهٔ J_1 باشد، ستارهٔ B پشت مشتری قرار دارد. هنگامی که زمین در نقطهٔ E_2 قرار گیرد، A پشت مشتری و زمانی که زمین در نقطهٔ E_3 قرار گیرد، C پشت مشتری واقع خواهند شد. بنابراین، حرکت ظاهری مشتری به نسبت ستارگان ثابت، به نظر می‌رسد که پنداری از نقطهٔ B به A و از نقطهٔ A به C است. گویی که مشتری گامی به سوی غرب برمی‌دارد و آن گاه گام بلندتری به سوی شرق. این روند مرتباً تکرار می‌شود، چندان که حرکت ظاهری مشتری در مجموع به سوی شرق است، اما همواره به سوی شرق نیست. ایستگاهها یا ایام درنگ مشتری هنگامی است که امتداد حرکت ظاهری آن در آستانهٔ تغییر قرار می‌گیرد.



شکل ۳۴

فصل از میل محور زمین پیدا می‌شود. تصویری را که در شکل ۳۴ می‌بینید، از دریچهٔ چشم نماشاگری است که بر صفحهٔ دایره البروج ایستاده باشد و به جای آنکه مانند نمودارهای پیش زمین را از بالا ببیند، در اینجا حرکت انتقالی زمین را از پهلو می‌نگرد. N و S دوقطب شمال و جنوب زمین است. زمین که در وضع الف قرار گیرد، نورخورشید برنیمکرهٔ شمالی عمودیتر و برنیمکرهٔ جنوبی مایلتر می‌تابد. در این هنگام، نیمکرهٔ شمالی تابستان و نیمکرهٔ جنوبی زمستان است. شش ماه بعد که زمین در وضع ب قرارگیرد، حالت سابق به عکس می‌شود؛ زیرا زمین در سمت دیگر خورشیدواقع می‌شود، اما امتداد محور NS در همان راستای پیشین است.

بدین طریق کوپرنیك توانست حرکتهای اصلی سیارگان و پدیده‌های خورشیدی را بسادگی توجیه کند. اما همان‌گونه که در بحث پیرامون فیلسوفان اتمی دیدیم، ابداع یك نظریهٔ بدیع بتنهایی کافی نیست؛ نظریه در صورتی اندیشه‌ها را به پیش می‌برد که بتواند ذهنها را برانگیزد تا آن را به عنوان فرضیهٔ کار بپذیرند. اهمیت مقام کوپرنیك بیشتر در همین نکته است. اندیشهٔ او بدیع نبود. او با شمّ خود دریافته بود که اندیشهٔ خوب کدام است، امّا اصل اندیشه از آن او نبود. سهم حقیقی کوپرنیك در سالها کار صبورانه‌ای است که در راه بررسی دقیق آن اندیشه سپری کرده است. او

دریافته بود که به صرف سادگی یا ظرافت تنها نمی‌تواند به رواج نظریه‌اش امیدی داشته باشد. او می‌دانست سادگی و ظرافت می‌توانند موثر باشند، اما هیچ نظریه‌ای هیچ کس را قانع نمی‌کند، مگر آنکه برای هریك از حرکتهای شناخته شدهٔ سیّارگان، ولو حرکتهای بی‌اهمیت، توجیهی به دست داده باشد. بنابراین، پیش از انتشار نظریه‌اش با زحمتی جانکاه به حك و اصلاح آن پرداخت و تاآنجا که توان داشت نظریه‌اش را با آنچه خود رصد کرده بود یا از پیشینهٔ رصدهای دیگران به دست آورده بود، سازگار کرد.

احتیاط محققانه‌اش کار را از آنچه لازم است براو دشوارتر می‌ساخت. طبیعی بود او از احساس احترام به مراجع، که در اثرقرنها انقیاد جزء وجود مردم شده بود، بی‌بهره نبود. رنسانس یکباره اندیشه‌های اصیل را جانشین اتکا به مراجع نکرد، بلکه کار عمدهٔ رنسانس این بود که مردم را به شناختن بیش از یك مرجع برانگیخت. مردم عصر کوپرنیك هنوز خود را ناگزیرمی‌دیدند برای تأیید گفته‌های خود به اظهارات رسمی گذشتگان استشهاد کنند و درکارشان تغییری که رخ داده بود این بود که اکنون ترجیح می‌دادند از دانشمندان یونان و روم گواهی بطلبند، تا از آبای کلیسا. هراندیشهٔ اصیلی درآن وقت ناگزیرمی‌بایست از بررسی تطبیقی مراجع معارض هم به نتیجه می‌رسید. اما با وصف این، تا بعد از کوپرنیك تفکر اصیل علمی پدید نیامد. کوپرنیك این پیشفرض یونانی را که دایره و کره باید شکلهای رایج هندسهٔ آسمانی باشند، بی‌چون و چرا پذیرفته بود. و این بدان معناست که او تنها می‌توانست با گزینش برخی از فلکهای تدویر که بلای جان نظام بطلمیوسی شده بود، میان نظریهٔ خود با واقعیات سازش ایجاد کند. در نظریهٔ او به بزرگترین افلاك تدویر نیاز نبود، اما افلاکی که باقی می‌ماند، برای از بین بردن سادگی و زیبایی آن کافی بود. شاید این نکته او را نومید می‌ساخت، اما او اندیشهٔ اصلی نظریهٔ خود را، که بدان وفادار هم ماند، حفظ کرد. کتاب *گردش افلاك آسمانی* در ۱۴۵۳ انتشار یافت و همان سال کوپرنیك درگذشت.

۲. تیکوبراهه نظام تیکونی کپلر

فاصله‌های سیّارگان و ساختمانهای هندسی قانون بود حرکت مریخ

پیش از آنکه به بررسی استقرار و تاثیر نهادن نظریهٔ کوپرنیکی بپردازیم، باید ببینیم چگونه تیکوبراهه و کپلر آن را گسترش داده‌اند.

تیکودانمارکی بود، میان سالهای ۱۵۴۶ تا ۱۶۰۱ می‌زیست ونظریهٔ کوپرنیکی را هم نپذیرفت. نظریه‌ای که تیکو اختیار کرده بود، التقاطی بود: زمین ثابت در مرکز افلاك قرارداشت.[۵] و خورشید

۵. بدین معنا که زمین در کانون فلك ثوابت فرضی قرار داشت.

و ماه به دور آن می‌چرخیدند و مدار سایر سیّارگان نه به گرد زمین ثابت، بلکه به دور خورشید متحرك بود.

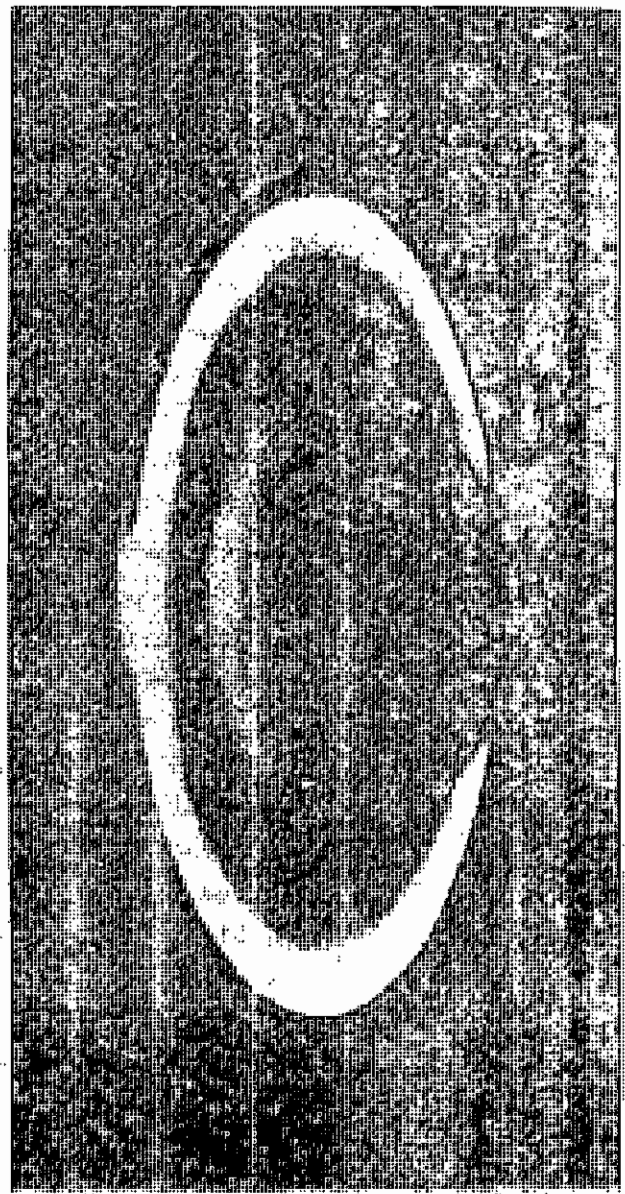
نظام تیکویی با استقبال روبه‌رو نشد. در واقع هیچ‌گاه تیکو را در شمار نظریه‌پردازان قابل‌اعتماد نکرده‌اند. معروفیت او نتیجهٔ مهارت وشکیبایی او در رصدهای آسمانی است. تیکو از خانواده‌ای اشرافی برخاسته بود، اما هیچ علاقه‌ای به منصبهای مرسوم طبقهٔ خود نداشت. در دانشگاه کپنهاگ به تحصیل در رشتهٔ حقوق پرداخت، اما خیلی زود به اخترشناسی روی آورد و نیروی پیش‌بینی شگفتی‌انگیز این دانش، او را شیفتهٔ خود کرد. او برای حرکت سیّارگان جدولی تهیه کرد که از تمام جدولهایی که تا عصر او تهیه شده بود، موثقتر بود. او ابزارهای اخترشناسی هم ساخت و به عنوان رصّاد[۶] بزودی شهرت یافت. برای علم فرصتی مغتنم پیش آمد و تیکو از پشتیبانی فردریك دوم پادشاه دانمارك برخوردار گردید. فردریك برای گذران معیشت تیکو مستمری تعیین کرد و مبلغ هنگفتی برای تاسیس رصدخانه‌ای در جزیرهٔ ون[۷] که در نزدیکی کپنهاگ است، در اختیار او گذارد. تیکو رصدخانه را اورانیبورگ[۸]، یعنی «قلعهٔ آسمانها»، نامید. او با مجموعهٔ عظیم ابزارهای اخترشناسیش درآن قلعه می‌زیست و از سال ۱۵۷۶ تا ۱۵۹۲ رصدهای بیشماری انجام داد و مشهورترین دانشمند اروپا شد. گاهگاهی هم به کیمیاگری و اخترگویی می‌پرداخت، اما هیچ‌گاه کار اصیل علمی خود را با رازوری و پنهانکاری آلوده نمی‌ساخت.

محاسبه‌هایی که تیکو از زاویه‌های ستارگان به عمل آورد، موثقترین محاسبه‌هایی بود که تا آن وقت انجام گرفته بود. تیکو بدون استفاده از ابزارهای نوری، زوایا را با تقریب ۱/۰ درجه اندازه گرفت. جالب این است که او توانست محاسبه‌های خود را بهتر از دانشمندان اسکندرانی ــ که از همه دقیقتر هیپارخوس بود و تنها او توانسته بود زوایا را با تقریب ۱/۰ درجه محاسبه کند ــ به انجام رساند.

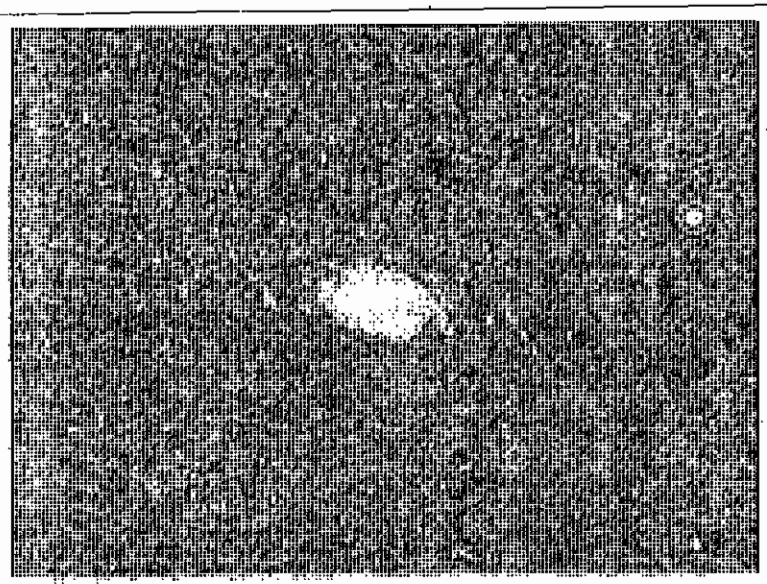
پس از مرگ فردریك دوم پادشاه دانمارك، از پشتیبانی خاندان سلطنتی محروم شد. کسانی که به تیکو رشك می‌بردند، از او خلع‌ید کردند و خود به ادارهٔ اورانیبورگ پرداختند. جریحهٔ روحی تیکو هیچ‌گاه از این ضربه التیام نیافت؛ هرچند که با کمك رودلف دوم بوهمی رصدخانهٔ دیگری در پراگ برپا داشت. در رصدخانهٔ پراك بود که کپلر جوان به عنوان دستیار به او پیوست. شومبختی تیکو سرانجام به سود علم تمام شد، زیرا کپلر، هم جدول تازهٔ حرکت سیّارگان را تکمیل کرد و پس از مرگ تیکو با عنوان جدولهای رودلفی[۹] انتشار داد، و هم در این کار به پیشینه‌هایی دست یافت که ادای سهم ویژهٔ اورا به دانش اخترشناسی میسّر داشت.

کپلر که زندگیش به تهیدستی و بیماری گذشت، هم از نظر زمینهٔ علمی و هم از جهت استعداد با

6. observer 7. Huen 8. Uraniburg 9. Rudolphine Tables

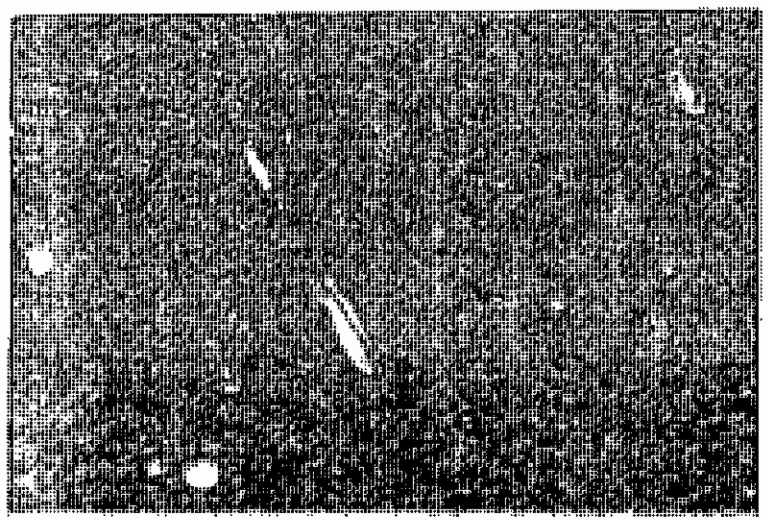


تصویر هفت: زحل و حلقه‌های آن



(الف) سحابی مارپیچی

(ب) خوشهٔ سحابیهای برونکهکشانه‌ای



تصویر هشت

تیکو فرق داشت. ناتوانی بینایی کپلر از او رصّادی ناموفق ساخت، اما کپلر نظریه پردازی نوآور و ریاضیدانی تراز اول بود وتا اندازه‌ای مانند فیثاغورسیان به سادگی ریاضی طبیعت باور داشت. او براین عقیده بود که حرکت سیّارگان از قانونهای سادهٔ هندسی پیروی می‌کند و این قانونها را می‌توان از انبوه ارقامی که تیکو فراهم آورده بود استنتاج کرد. او چون بسیاری از یونانیان می‌پنداشت قانونهای طبیعی‌ای که به دست آورده است، با همان روشهای رایج ریاضی تبیین می‌شود. خوشبختانه این فرض ساده‌انگارانهٔ او درست ازآب درآمد و پس از چندین بار خطا و آغاز ناموفق، سرانجام سه اصل سادهٔ عالی را کشف کرد، که سرانجام شرّ افلاك تدویر دست و پاگیر را کند. کپلر در توبینگن به تحصیل اخترشناسی پرداخته و درهمان جا با اندیشه‌های کوپرنیك آشنا شده بود. او به خلاف تیکو به این اندیشهٔ اساسی که زمین و سیّارگان دیگر به دور خورشید می‌گردند، باورداشت و همیشه از این اندیشه دفاع می‌کرد. اما مصمم بود بار تعبیرهای هندسی را که براین اندیشه سنگینی می‌کرد از دوش آن بردارد.

کپلر پنجسال در پی یافتن قاعده‌ای برآمد که فاصله‌های سیّارگان را از خورشید بیان کند. او چون نسبت عددی سادهٔ‌ای به دست نیاورد، کوشید تا پاسخ مسئله را از راه ساختمانهای هندسی که شامل حجمها و چندوجهی‌های منظم بود، بیابد. اما این کوششها جز به تقریب و تخمین صرف نیانجامید. هیچ‌گاه از رزش علمی نداشت و تنها از این نظر جالب بود که دوام شگفتی‌انگیز نوعی راززی ریاضی را نشان می‌داد. کپلر از آخرین کوشش خود که مانند بحثهای نظری فیثاغورسیان خیال‌آلود بود، به شعفی بیرون از حدّ درآمد. این شعف از آن رو بود که او چندوجهیهای منظمی یافته بود که درست قالب فاصلهٔ میان سپهر سیّارگان بود. در زمان کپلر ٦ سیّاره شناخته شده بود. بنابراین، ٥ فاصله میان سیّارگان قرار داشت. گویی مشیّت این بوده است که پنج چندوجهی منظم هم وجود داشته باشد. اما این گونه تعبیروتفسیر برتیکو، که از باوغ علمی برخوردار بود، تاثیر نداشت. تیکو همانند اسکندرانیها خوب می‌دانست اخترشناسی تکامل یافته هیچ‌گاه نمی‌تواند برستایش خرافه‌آلود از اشکال هندسی اتکا کند.

عجیب نیست که کپلر درّ این جستجوی خاص شکست خورد؛ زیرا برای اندازهٔ مدارهای اختران هیچ فرمول سادهٔ عددی یا هندسی وجود ندارد. نزدیکترین فرمولی که تاکنون شناخته شده، قانون بود[10] نام دارد که در سال ۱۷٦٦ تیتیوس ویتمبرگی[11] آن را عرضه کرده است. این قانون می‌گوید: «رشتهٔ اعداد... و ۹٦ و ٤۸ و ۲٤ و ۱۲ و ٦ و ۳ را درنظر بگیرید و عدد ٤ را به هریك بیفزایید و انگاه بر ۱۰ بخش کنید.» نتیجه‌ای که به دست می‌آید، رشته اعداد ۱۰/۰ و ۵/۲ و ۲/۸ و ۱/٦ و ۱/۰ و ۰/۷ و ۰/٤ و... است. اگر فاصلهٔ زمین تا خورشید را واحد قرار دهیم، در واقع فاصله‌های

10. Bode's Law 11. Titus of Wittemberg

عطارد، زهره، مریخ، مشتری و زحل نسبتهای ۹/۵٤ و ۵/۲۰ و ۱/۵۲ و ۰/۷۲ و ۰/۳۹ را تشکیل خواهند داد. بنابراین، اگر نسبت ۲/۸ را از رشتهٔ اعداد بودکنار بگذاریم، نسبتهای بازمانده با فاصله‌های ٦ سیارهٔ نخستین از خورشید تقریباً مطابق است. رقم ۲/۸ با انبوه سیّارگان خردی که میان مریخ و مشتری پراکنده‌اند، کم وبیش مطابق است. با کشف اورانوس در سال ۱۷۸۱، باز هم نسبتهای قانون بود به قوّت خود باقی بود. نسبتی که در قانون بود آمده، ۱۹/٦ و نسبت واقعی اورانوس، ۱۹/۸ است. اما با کشف نپتون (باتوجه به اختلاف دونسبت ۳۸/۸ و ۳۰/۷) پایهٔ بنای قانون بود سست گردید و با کشف پلوتون (با توجه به اختلاف دو نسبت ۷۷/۲ و ۲۹/۵) بنای قانون بود بکلی واژگون شد.

کوپرنیك با بیان این مطلب که زمین در مرکز عالم نیست و به دور خورشید می‌گردد، به مبارزه با حکم ارسطو و بطلمیوس برخاسته بود. اما با وصف این، کوپرنیك از دام اندیشه‌های کهن کاملاً نرسته بود. هنوز در جسورترین نظریات خود نیز به مراجع یونانی متکی بود و درباب حکم پیشداورانهٔ آنها دربارهٔ حرکتهای متشابه و مستدیر شك و تردیدی به خود راه نداده بود. اشتغال نخستین کپلر به اشکال منتظم، او را به دیدگاهی محافظه‌کارانه‌تر ــ اگر نگوییم واپسگرایانه‌تر ــ کشانید. با این حال کپلر بود که سرانجام حق اخترشناسان غربی را برای داشتن اندیشهٔ کاملاً مستقل بیان داشت. او اندیشه‌هایی را بیان کرد که به طور کلی هیچ پیشینه‌ای در آرای مراجع کهن نداشت وشاید به همین سبب است از کپلر به عنوان نخستین نظریه‌پرداز اصیل اخترشناسی نوین، بیش از کوپرنیك یاد می‌کنند.

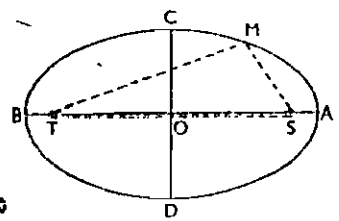
در کوششی که کپلر برای فهمیدن حرکت مریخ به کار بست، ناگزیر شد بپذیرد امکان حرکتی که نه متشابه باشد و نه مستدیر، به تفصیل مطالعه کند. چون مریخ، به خلاف عطارد و زهره، شب، هنگام بیشتر در آسمان می‌ماند، امکان رؤیت آن بیشتر ورصد آن ساده‌تر است. حرکتهای مریخ نیز بادقتی بیش از مشتری و زحل ردگیری شده بود، زیرا مریخ مدار خود را سریعتر از آن دو می‌پیماید. به همین دلیل حرکتهای مریخ برای نخستین بررسی بهترین موضوع بود. مشکل کپلر این بود که مدارها و سرعتهای مریخ و زمین را تعیین کند و می‌بایست این مشکل را بطرزی حل می‌کرد که حرکت ظاهری مریخ، به صورتی که تیکو دریافته بود با راه حل او تبیین می‌شد. کپلر فرضیه‌های مختلفی درباب شکل مدارها وسرعتهای سیّارگان ترتیب داد و هرفرضیه را با زحمتی جانکاه آزمود. حرکتهای فرضی مریخ را درهر مورد با دقت بسیار محاسبه کرد، تا آنجا که نتیجهٔ محاسبات او با حرکتهای رصدشدهٔ مریخ سنجشپذیر شد. فرضیه‌های نخستین او برپایهٔ ترکیب حرکتهای متشابه و مستدیر قرار داشت. اما پیروزی آنگاه از راه رسید که کپلر بکلی از سنتها برید وبه حرکتهای نامتشابه و سپس به حرکتهای نامستدیر قایل شد. او پس از سالها تلاش و ناامیدی، سرانجام در سال ۱٦۰۹ دوقانون را برای حرکتهای مریخ بیان داشت:

(۱)*مدار مریخ بیضی است و خورشید دریکی از کانونهای آن قرار دارد.*

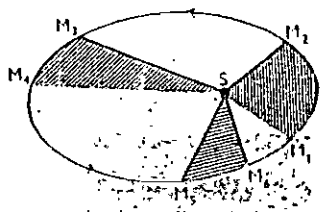
(۲) *خط واصل میان مریخ و خورشید، سطوح مساوی را درزمانهای مساوی می‌پیماید.*

ده سال بعد کپلر این دو قانون را برای سیّارگان دیگر به کار بست.

خوب است با کمی تفصیل به شرح گفته‌های او بپردازیم. پیش از این با شکل بیضی حاصل از برش مخروط آشنا شدیم. بیضی را از راههای دیگری نیز می‌توان به دست آورد. ما تنها به شرح یك راه آن می‌پردازیم. فرض کنید S و T (در شکل ۳۵) دونقطهٔ ثابت باشند. اگر نقطهٔ M بر روی کاغذ به گونه‌ای حرکت کند که حاصل جمع SM و TM ثابت باشد، بیضی رسم می‌شود. اگر به دونقطهٔ S و T رشته نخی که کمی بلندتر از فاصلهٔ میان آن دوباشد وصل کنیم (مانند خطهای نقطه‌چین شکل ۳۵) و مدادی را در درون رشتهٔ نخ انداخته و به طوری که رشتهٔ نخ کشیده شود، نوك مداد را از نقطهٔ M بر صفحهٔ کاغذ قرار دهیم و دور بزنیم، شکل بیضی بر کاغذ رسم می‌شود. S و T را کانونهای بیضی می‌نامند. بیضی همواره نسبت به خطی که از کانونهای S و T می‌گذرد، متقارن است. اگر بیضی در دونقطهٔ A و B این خط را قطع کند، خط AB را قطر بزرگ بیضی می‌نامند. اگر نقطهٔ O در وسط آن دو نقطه قرار داشته باشد، مرکز بیضی نامیده می‌شود. بیضی همچنین نسبت به خط COD که بر خط AB عمود است، متقارن است. این خط را قطر کوچك بیضی می‌گویند. اگر OS را به صورت کسری از OA بیان کنیم، این کسر را خروج از مرکز بیضی می‌خوانند. اگر خروج از مرکز کم باشد، کانونها به مرکز بیضی نزدیکترند و شباهت بیضی به دایره بیشتر است. چنانچه خروج از مرکز زیاد باشد، کانونها از مرکز بیضی دورتر و شکل حاصل بیضی‌تر است. نسبتهای خروج از مرکز سیّارگان از ۰/۰۰۷ (زهره) تا ۰/۲ (مریخ) متفاوت است، و بامدار مستدیر تفاوت زیادی ندارد.



شکل ۳۵



شکل ۳۶

شکل ۳۶ مدار مزیخ را نشان می‌دهد. خورشید (S) در یکی از کانونهای آن واقع است. نقاطی از مدار که در نزدیکترین و دورترین فاصله تا خورشید قرار دارند ــ یعنی همان دوانتهای قطر بزرگ بیضی ــ به ترتیب حضیض سیّاره[12] و اوج سیّاره[13] و روی هم قوسین سیّاره[14] نامیده می‌شوند.

12. perihelion 13. aphelion 14. apses

M۱ تا M۶ بترتیب مواضع مریخ هستند. اگر مدت زمان مساوی صرف سیری کردن فاصلهٔ M۱ تا M۲ و M۳ تا M۴ و M۵ تا M۶ شود، پس برحسب قانون دوم کپلر مساحتهای ماشورخورده برابر هستند. بنابراین، روشن است هرچه سیّاره به خورشید نزدیکتر باشد، تندتر حرکت می‌کند.

کپلر تا سال ۱۶۱۹ به این نتیجه رسید که حرکتهای همهٔ سیّارگان از دو قانون او پیروی می‌کنند. او قانون سومی نیز کشف کرد. قانون سوم کپلر می‌گوید: *مربعهای زمان حرکت سیّارگان متناسب با مکعبهای فاصلهٔ متوسط آنها تا خورشید است.* عبارت «زمان حرکت» به معنای مدت زمانی است که سیّاره صرف گردش کامل مدار خود می‌کند. عبارت «فاصلهٔ متوسط آنها تا خورشید» به چند صورت قابل تفسیر است. در نوشتهٔ حاضر مراد از این عبارت، نصف حاصل جمع بلندترین و کوتاهترین فاصله است. به عبارت دیگر، نصف طول قطر بزرگ مدار است. اگر t فاصلهٔ زمانی و d فاصلهٔ سیّاره تا خورشید باشد، پس نسبت t^2/t^3 برای همهٔ سیّارگان ثابت است.

بدین سان در طول ۱۰۰ سال، پژوهنده‌ای جامع‌الاطراف، رصّادی بیمانند و ریاضیدانی نوآور که هرگز دوتن آنها بدون سومی به پیروزی دست نمی‌یافت، راه حل مسئله‌ای را که ۲۰۰۰ سال پیش یونانیان طرح کرده بودند، یافتند. نظام بطالمیوسی با آن زمین ثابت و فلکهای تدویر ناهنجارش هنوز هم سر به سر مردود شمرده نشده بود، اما به هرحال دیگر نمی‌توانست در برابر نظریهٔ شکوهمند خورشید-مرکزی[15] که بتازگی ظهور کرده بود، تاب بیاورد. بی‌آرامی فکری در ایتالیای عصر رنسانس، علم تازه‌ای را به اروپا ارمغان داشت، همان گونه که بی‌آرامی فکری در آتن به علم جدید اسکندرانی انجامید. کارهای کوپرنیك، تیکو و کپلر تنها آغاز دورهٔ علم بود، دوره‌ای که بیشتر با روزگار علمی کتابخانهٔ اسکندریه سنجش‌پذیراست. اما پیش از آنکه به گامهای بلندتری که در انقلاب علمی برداشته شده بپردازیم، بهتر است ببینیم اخترشناسی استوار بر خورشید-مرکزی چگونه رواج یافته، چطور از آن انتقاد شد، و بطور کلی از چه راهی بر اندیشه‌ها تاثیر گذاشته است.

15. heliocentrism

۴ دیدگاه خورشید ـ مرکزی کتاب *گردش افلاک آسمانی*
آزیاندر و تحریف دیباچهٔ کتاب کوپرنیک جوردانو برونو و تفسیر آرای کوپرنیک
گالیله کشفیات تلسکوپی گالیله رومر و تخمین سرعت نور
ماههای مشتری حلقهٔ زحل دستگاه تفتیش عقاید و گالیله
جلوهٔ اخترشناسی نوین در شعر میلتن

دنیای دانش دیدگاه خورشیدمرکزی را بآسانی نپذیرفت. پس از اصلاحاتی که کپلر در این دیدگاه بعمل آورد، امتیاز بزرگی که به عنوان فرضیهٔ کار داشت، سادگی ریاضی چشمگیر آن بود. امّا در صورت اصلی خود، این امتیاز را به نحو بسیار کمرنگی دارا بود. درآغاز تنها چند تن که بینش استثنایی داشتند، امکانات این دیدگاه را پیش‌بینی کردند. مفهوم سکون زمین با فهم متعارف مردم سازگار بود، و مردم عموماً دوستی نمی‌داشتند در ازای سادگی که تنها چیزی بود که آن نظریه در آغاز با خود داشت، از این عقیده دست بردارند. از این گذشته، ایرادهای جدّی علمی و دینی نیز بر ایرادهای مبتنی بر فهم متعارف مزید می‌شد.

نخستین ایراد علمی، ایرادی هندسی بود. در کار آریستارخوس با این ایراد آشنا شدیم. حرکت زمین به گرد خورشید، در مواضع نسبی و ظاهری اختران ثابت تغییراتی ظاهری پدید می‌آورد، مگر فاصلهٔ ستارگان چنان زیاد باشد که قطر مدار زمین در مقایسه با آنها ناچیز بنماید. حتی رصّادان با نبوغی چون هیپارخوس و تیکو این گونه تغییرات ظاهری را مشاهده نکرده بودند. بنابراین، یا باید حرکت مداری زمین را انکار می‌کردند، یا می‌پذیرفتند ستارگان در فاصله‌های باورنکردنی قرار دارند. کوپرنیک مانند آریستارخوس اندازهٔ مدار زمین را از آنچه هست کمتر تخمین می‌زد. با وصف این، و با فرض حرکت زمین، دست کم فاصله‌ای را که او می‌توانست برای ستارگان درنظر بگیرد، نزد بیشتر معاصرانش چون خیال می‌نمود. پذیرفتن امکان چنین فاصله‌هایی به ایقان علمی عمیقی نیازداشت. اما قریب ۳۰۰ سال وقت لازم بود تا با کوشش حواداران نظریهٔ کوپرنیکی چنین ایقانی پدید آید. تا سدهٔ ۱۹ هیچ مدرک صریحی در دست نبود تا فاصله‌های عظیم میان ستارگان و سیارگان را نشان دهد.

ایراد علمی دیگری که بر دیدگاه خورشیدمرکزی وارد می‌کردند، ایراد مکانیکی بود. می‌پرسیدند اگر زمین حرکت می‌کند، پس چرا حرکت آن احساس نمی‌شود؟ چرا با حرکت زمین، وزش هوا محسوس نیست؟ اگر زمین حرکت می‌کند، پس اجسام به جای آنکه عمودی فروافتند، باید به دلیل حرکت زمین، در جایی غیر از محل اصلی خود فروافتند. اینها پرسشهایی بودند که علم مکانیک آن عصر از عهدهٔ پاسخگویی‌شان برنمی‌آمد. علم مکانیک پیش از آنکه بتواند مسائلی را که اخترشناسی نوین مطرح کرده بود پاسخ گوید، می‌بایست خود برشالودهٔ تازه‌ای از نو ساخته می‌شد. حرکت

بیضی‌واری که کپلر به سیارگان منظومه نسبت داده بود، بر دشواریهای مکانیکی می‌افزود. گالیله و نیوتون عمدتاً بران دشواریها غلبه کردند، اما تا زمان گالیله و نیوتون آن دشواریها سدّ راه بودند.

سنگینی بار ایرادهای علمی بیشتر از ناحیهٔ تیکو بود. او بزرگترین مخالف علمی نظریهٔ خورشیدمرکزی به شمار می‌آمد، کواینکه ــ ونکتهٔ خلاف انتظار هم در همین است که ــ او در تکمیل نظریهٔ خورشیدمرکزی نقش اساسی داشت. البته کسانی که به دلایلی غیرعلمی با اخترشناسی جدید مخالف بودند، از این ناباوری علمی که پیروان کوپرنیک در آن زمان با آن مواجه بودند در کمال بی‌وجدانی بهره‌برداری کردند.

می‌توانیم به دو ایراد صریح دینی اشاره کنیم. نخست بخشهایی از کتاب مقدس است که اگر معنی ظاهری آنها مراد شود، بدون شك با نظریهٔ خورشیدمرکزی در تعارضند. مارتین اوتر[16] از باب دهم صحیفهٔ یوشع[17] شاهد آورده است. در آنجا که یوشع به خورشید فرمان داد تا آرام بگیرد. پس بظاهر معنای عبارت این است که خورشید قاعدتاً حرکت می‌کند. ژان کالون[18] در انکار حرکت زمین به مزمور نود و سوم استشهاد ورزیده است، آنجا که می‌گوید: «ربع مسکون نیز پایدار گردیده است و جنبش نخواهد خورد.»[19] البته کالون می‌توانست با همان قطع و یقین به مزمور صدوچهارم هم استناد ورزد.[20] این ایرادها طبعاً از سوی رهبران کلیسای اصلاح طلب وارد می‌شد که به مرجعیّت نهایی نص کتاب مقدس اعتقاد داشتند.[21] اگر نظریهٔ کوپرنیکی و احکام کتاب مقدس هردو به قوّت خود باقی باشد، تنها راه پاسخگویی درست به مسئله، تاویل کتاب مقدس است. اما در اروپای سدهٔ ۱۶ یا ۱۷ شمارهٔ کسانی که چنین تأویلی را از صمیم دل می‌پذیرفتند، زیاد نبود.

دوم آنکه پا به پای گسترش اخترشناسی نوین، بزودی ناسازگاری ریشه‌دار آن با علم ارسطویی و

---

16. Martin Luther

۱۷. *کتاب مقدس* (عهد عتیق)، صحیفهٔ یوشع‌بن نون، باب ۱۰:۱۲ به بعد. ــ م.

18. John Calvin

۱۹. *کتاب مقدس* (عهد عتیق)، کتاب مزامیر (زبور داود)، مزمور نود و سوم: ۱ و ۲. ــ م.

۲۰. مراد نویسنده این عبارت است: «... زمین را براساسش استوار کرده تا جنبش نخورد تا ابد الاباد.» ــ م.

۲۱. تردید هست نوع استفاده‌ای را که کاتچینی Caccini کشیش دومینیکی در سال ۱۶۱۴ از کتاب مقدس کرد، آن رهبران تائید می‌کرده‌اند. با آغاز حملات کلیسا به گالیله، کاتچینی در کلیسای سانتاماریا نوولا Santa Maria Novella‌ی فلورانس خطابه‌ای ایراد کرد و بنا به روایت موثق، در خطابهٔ او بند ۱۱ باب اول *کتاب اعمال رسولان* که می‌گوید: «ای مردان جلیلی [جلیلی‌ها] Galilees چرا ایستاده بسوی آسمان نگرانید.» جای خود را به این ترجمه داد که «ای گالیله‌ای‌ها Galileans چرا الخ...» می‌توان زرنگی کاتچینی را ستود، اما تمریض او بخشی از اتهامهای جدّی‌ای بود که برگالیله وارد کردند. به ویژه یکی از اتهامهایی که بعدها برگالیله وارد آوردند، به بازی گرفتن آیات کتاب مقدس بود!

بطلمیوسی که از حمایت کلیسای روم برخوردار بود، از هرحیث آشکار شد. اخترشناسی نوین، هم با حاکمیت ارباب کلیسا و هم با احکام کتاب مقدس متعارض می‌نمود. مدتی گذشت تا کلیسای روم که هنوز با نهضت اصلاح دین درگیر بود، به نیروی تهدیدگر تازه‌ای که علیه حاکمیت او به پا خاسته بود، پی برد. کوپرنیك خود کشیش بود و در وارمیا[۲۲] جایی که عموی اسقفش از سوی کلیسای کاتولیك روم بر آن حکم می‌راند، منصبی روحانی داشت. او از چنان شخصیت منسجمی برخوردار بود که اگر آرای خود را با آیین جزمی کلیسا آشتی‌ناپذیر می‌دید، یا باید از کلیسا کناره می‌گرفت یا از اندیشه‌های نو خود دست برمی‌داشت. او پیش از انتشار نظریه‌اش، اندیشه‌هایش را با مقامهای کلیسایی مافوقش با کمال آزادی درمیان می‌گذاشت. هیچ مدرکی در دست نیست تا گواهی دهد کوپرنیك از آنها جز تشویق و ترغیب دیده باشد. نخستین نشانه‌های مخالفت دینی در ویتنبرگ[۲۳] پروتستان و در سال ۱۵۴۳ ظاهر شد. در این شهر بود که ریتیکوس[۲۴] دوست کوپرنیك برای انتشار کردش *افلاك آسمانی* دنبال ناشری می‌گشت. نخستین چاپ کتاب در سال ۱۵۴۳ و در شهر نورنبرگ منتشر شد، اما ویراستار کتاب که آزیاندر[۲۵] نام داشت، لازم دیده بود برای خلع سلاح خرده‌گیران در دیباچهٔ کتاب دست ببرد. در دیباچهٔ تحریف شدهٔ کتاب این طور وانمود شده بود که اگر حرکت زمین مبنای فرض محاسبه قرار گیرد، نتیجهٔ بهتری حاصل می‌شود؛ اما ضرورتی ندارد که حرکت زمین به منزلهٔ واقعیت تلقی شود. آزیاندر که اندیشه‌های آریستارخوس را بسیار جسورانه دیده بود، ارجاعهای کوپرنیك را به او از کتاب برداشته بود.[۲۶] تکه‌هایی که در کتاب دست نخورده مانده، آشکارا نشان می‌دهد کوپرنیك حرکت زمین را همچون واقعیت پذیرفته بوده و بدون تردید پیروان او نیز در سده‌های ۱۶ و ۱۷ همین عقیدهٔ او را داشته‌اند. با همهٔ اینها، کتابی که به قلم کاتولیکی معتقد نوشته شده، به پیشگاه پاپ اهدا گردیده و با تائید دستگاه پاپ منتشر شده بود، به رغم مخالفت پروتستانها منتشر شد. اما معارضهٔ جدّی کاتولیکها تنها پس از شورای ترانت آغاز شد و خشم کامل کلیسای کاتولیك برسیر آن دسته از جانشینان کوپرنیك که اندیشه‌های او را ترویج می‌دادند، فروبارید. درسدهٔ ۱۷ رهبران کاتولیك و پروتستان به یك نسبت از آرای کوپرنیکی بیزار بودند. اما بخشی از پیروزی آیین پروتستان در جنبش اصلاح مذهبی مرهون شاهانی بود که می‌خواستند خود را از چنگ تسلّط حکومت ارباب کلیسا رها سازند. در کشورهای پروتستان مذهب، که قدرت ارباب کلیسا در آن کمتر از کشورهای کاتولیك مذهب بود، علم کمتر با منع و آزار روبه‌رو بود.

مروّجان اصلی اندیشه‌های کوپرنیك سه تن بودند: جوردانو برونو[۲۷]، کپلر و گالیله. اوگوستوس

22. Warmia 23. Wittemberg 24. Rheticus 25. Osiander

۲۶. همین نبودن ارجاع سبب شده که کوپرنیك را به رعایت نکردن امانت متهم کنند.

27. Giordano Bruno

دمورگان دربارهٔ برونو می‌گوید: «او ابتدا کشیش دومینیکی بود و سپس در حلقهٔ پیروان کالون درآمد. او را به سال ۱۶۰۰ به اتهام بدعتهای بیشمار عقیدتی، دینی و فلسفی که هریك به تنهایی مستوجب آتش بود، درشهر روم زنده در آتش کباب کردند.» خوب، چنین آدمی چگونه می‌توانسته در ترویج اندیشه‌های کوپرنیك جانب اعتدال را نگاه داشته باشد؟ برونو اندیشه‌های کوپرنیك را باچنان شور و حرارتی طرح و تفسیر می‌کرد که موی بر اندام کاتولیکها راست می‌ایستاد و آرایی را که برپایهٔ اندیشه‌های کوپرنیك نهاده بود، چنان بی‌پرده بازمی‌گفت که تهدید احتمالی اخترشناسی را برای کیش آنها به روشنی نشان می‌داد. او بر فاصله‌های عظیم میان ستارگان وسیارگان تاکید می‌ورزید و با جسارت، عالم مادّی را بیکران می‌شمرد و این خلاف رای ارسطو بود. هرچند ستایش ضمنی از عظمت الهی می‌توانست حملات علیه او را فرونشاند، اما او گام را فراتر نهاده و گفته بود پس می‌بایست مانند منظومهٔ خورشیدی ما، منظومه‌های بیشماری و مانند زمین ما، سیارگان مسکون بسیاری باشند. این سخن برونو، بنیان عقیده به مقام ممتاز و بی‌همتای انسان در عالم و در نزد خداوند را فرومی‌ریخت. اگر منظومه‌های دیگری باشند، پس آیا هبوطها، استخلاصها، کلیساهای کاتولیك و پاپهای دیگری هم هستند؟ کاش می‌دانستیم آیا بند ۱۶ از باب دهم *انجیل یوحنّا* را در این باره و در دفاع از برونو نقل کرده‌اند یا نه.[۲۸] پاره‌ای از بدعتهای دیگری که به او نسبت داده‌اند، پایهٔ محکمی ندارد. گرچه ما دوست نمی‌داریم مخالفانمان را درآتش بسوزانند، اما ناگزیریم بپذیریم برونو هیزم آتشی را که او را سوخت، به دست خود گرد کرده بود. او از جملهٔ دوستان نادانی است که زیان آنها بیشتر از سودشان است. گرچه برونو نظریهٔ کوپرنیکی را جسورانه بسط و گسترش می‌داد، اما روش او کاملاً غیرعلمی بود و با اندیشه‌های بدعت آمیزش، چنان درامیخته بود که نه تنها پشتیبانی او برای نظریهٔ کوپرنیکی سودی نداشت، بلکه دشمنی نالازمی را نیز علیه آن برمی‌انگیخت. چندی گذشت تا آنکه حمله‌ها با مرد تواناتری چون گالیله از سر گرفته شد و در سال ۱۶۱۶ کنگرهٔ ایندکس[۲۹] کتاب *گردش افلاك آسمانی* کوپرنیك را ممنوع اعلام داشت. در ۱۶۲۰ منع کتاب برداشته شد و با تصحیحاتی از نوع دیباچهٔ آزیاندر انتشار یافت.

هنگامی که کپلر به اصلاح ریاضی اخترشناسی نوین سرگرم بود، گالیله (۱۵۶۴ تا ۱۶۴۲ م) به اصلاحاتی دیگر، اما از راههای دیگر، اشتغال داشت و از همهٔ نقاط آسیب‌پذیر علم ارسطویی، برآن یورش می‌برد و گذشته از هواداری مستقیم از اخترشناسی کوپرنیکی، با کوششی فراوان راه را برای آن بازمی‌کرد. گالیله پیشگام اصلی مکانیك نوینی است که به مکانیك نیوتونی شهرت دارد و

۲۸. «... و مرا گوسفندان دیگر هست که از این آغل نیستند...». ــ م.

۲۹. Congration of Index اصطلاحاً به یکی از فراخوانیهای دستگاه حکومتی کلیسا گفته شده که به تدوین فهرست Indexای از کتب ضاله انجامید و کتاب کوپرنیك هم در لیست سیاه آن قرار گرفت. ــ م.

ما پیش از این با ضرورت آن آشنا شدیم. این بخش از کار او، که شاید مهمترین بخش آن باشد، در فصل بعد توضیح داده خواهد شد. لازم است در این فصل به کشفیات تلسکوپی او که سراسر گواهی علیه نظامهای ارسطویی و بطلمیوسی است، بپردازیم.

نخستین بار در سال ۱۶۰۸، عدسی‌سازی از اهالی میدلبورگ[۳۰] که هانس لیپرشای[۳۱] نام داشت، امکان ساختن تلسکوپ را نشان داد. گالیله با شنیدن این خبر، بزودی تلسکوپی ساخت و در سالهای ۱۶۰۹ و ۱۶۱۰ ــ همان سالی که قانون اول و دوم کپلر اعلام شد ــ به کشفیات شورانگیزی دست یافت. فصل تازه‌ای در اخترشناسی متکی بر مشاهده آغاز شده بود. رصدهای تیکو دقیقتر از رصدهای دانشمندان اسکندرانی بود، اما رصدهای گالیله از بیخ و بن با آنها تفاوت داشت.

گالیله کشف کرد منظر ماه به بیابانی برهوت می‌ماند و نقطه‌های سیاهی بر روی سطح خورشید دیده می‌شود. با این کشف، دلایل بیشتری علیه عقیدهٔ ارسطو به جاودانگی و کمال لاهوتی افلاک به دست آمد. پیشتر از آن با پیدا شدن پرتو ستارگان نویافته‌ای که تیکو در سال ۱۵۷۲ و کپلر در سال ۱۶۰۴ رصد کرده بودند، ارکان عقیدهٔ ارسطویی به لرزه درآمده بود. ارسطویی مشربان کوشش داشتند تا ستارگان نویافته را به منطقهٔ زیرماه (تحت قمر) متعلق بدانند، اما تلاششان از سر درماندگی بود. از آن گذشته، گالیله کشف کرد راه شیری از ستارگان کمسوی بیشماری تشکیل شده است. این کشف نشان داد اعتقاد به بزرگی عالم، اگر نه به بی‌نهایت، معقولتر است.

با کشف چهارماه مشتری، عظیمترین هجمان برانگیخته شد. این کشف نشان داد در منظومهٔ خورشیدی سیارگانی هستند که مستقیماً به گرد زمین نمی‌چرخند و به همین دلیل احتمال اینکه زمین مرکز عالم باشد، ضعیفتر شد. ضربهٔ کاری دیگری از راه دیگر بر ارسطویی‌ها وارد آمد، زیرا آنها بدون هیچ دلیل علمی قائل به این بودند که جز ثوابت، تنها هفت جرم فلکی دیگر وجود دارد. مبالغه نیست وباورکردنش هم دشوار است که بر سر سیاره‌های خرد دورمشتری[۳۲] ــ نامی که کپلر برآنها گذاشته بود ــ چه مخالفتهای ابلهانه و لجوجانه‌ای با گالیله کردند. ما تنها به بخشی از گفتهٔ فرانسسکو سیزی فلورانسی[۳۳] که سر الیور لاج در کتاب خود[۳۴] نقل کرده است بسنده می‌کنیم:

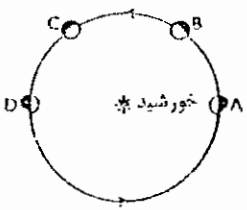
> بعلاوه، این اقمار با چشم نامسلح دیده نمی‌شوند و بنابراین تاثیری بر کرهٔ ارض ندارند. پس فایده‌ای هم ندارند و علیهذا چنین اقماری اصلاً وجود ندارد. وانگهی، قوم یهود و سایر ملل

30. Middleburg 31. Hans Lippershey 32. circumjovial planets
33. Francesco Sizzi of Florence
34. Sir Oliver Lodge. *Pioneers of Science*[پیشگامان علم]

باستانی، نظیر مردم اروپای جدید، به تقسیم ایام هفته به هفت روز معتاد شده‌اند و نام هفت سیّاره را بر هفت روز هفته گذشته‌اند. حالیه اگر عدهٔ سیارات را اضافه کنیم، کل این نظام بهم می‌ریزد.

بزودی معلوم شد که ماههای مشتری دست کم دو فایده دارند (و بنابراین وجود هم دارند!) این ماهها در گذر از سایهٔ مشتری، گرفتهای مرتب دارند. اگر زمان گردش آنها معلوم شود، زمان گرفتهای آیندهٔ آنها بسادگی قابل پیش‌بینی است. اولائوس رومر[۳۵] اخترشناس دانمارکی در سال ۱۶۷۵ متوجه شد هنگامی که مشتری به نزدیکترین فاصله‌اش با زمین می‌رسد، گرفتها زودتر از زمان پیش‌بینی شده، و هنگامی که مشتری به دورترین فاصله‌اش با زمین می‌رسد، گرفتها دیرتر از زمان پیش‌بینی شده صورت می‌گیرد. رومر بر بنیاد این فرض که نور برای آنکه از منطقهٔ دورتر مشتری به ما برسد، مدت زمان بیشتری وقت می‌گیرد، گرفتهای ماههای مشتری را تحلیل کرد. او بدین طریق گمان امپدوکلس دربارهٔ محدودیت سرعت نور را به یقین نزدیک ساخت و با مقایسهٔ زمانهای گرفت رصد شده و پیش‌بینی شده، توانست از سرعت نور تخمین نسبی بدست دهد.

می‌توان از ماههای مشتری که در سراسر نقاط زمین دیده می‌شوند، همچون ساعتی عمومی استفاده کرد. وقوع گرفتها به وقت گرینیچ[۳۶] معلوم است. از مقایسهٔ وقت گرینیچ با وقت محلی می‌توان طول جغرافیایی هرنقطه را تعیین کرد. وقت هر درجه از طول جغرافیایی ۴ دقیقه با وقت درجهٔ پیش و پس خود اختلاف دارد. محاسبهٔ وقت گرینیچ از این راه (بی‌آنکه رفتن به گرینیچ لازم باشد) پیش از اختراع زمانسنج[۳۷]های دقیق واعلام وقت با رادیو، برای دریانوردان ضروری بوده است.



شکل ۳۷

اهلهٔ زهره و حلقه‌های زحل، فهرست کشفیات اصلی تلسکوپی گالیله را تکمیل می‌کند. به نظر بطلمیوس، زهره و عطارد به گونه‌ای که در شکل ۳۷ نشان داده شد، حرکت می‌کنند. در این صورت بخش روشن زهره و عطارد به گونه‌ای که به سوی خورشید است، هرگز از زمین به صورت کامل دیده نمی‌شود. از سوی دیگر، اگر براساس گفتهٔ کوپرنیک، این دو دورخورشید می‌گردند، مانند ماه اهلهای خواهند داشت. شکل ۳۷ این نکته را نشان می‌دهد. وقتی سیّاره در نقطهٔ A قرار دارد، به

35. O. Roemer 36. Greenwich 37. chronometer

چشم ما در حالت بَدَر است. هنگامی که در نقطهٔ B واقع می‌شود، بیش از نیمی از آن درخشان می‌نماید. در نقطهٔ C به صورت هلال و در نقطهٔ D به تاریکی فرو می‌رود و بطورکلی از نظر ما پنهان می‌شود. کوپرنیک مشابه همین اهله را برای عطارد و زهره پیش‌بینی کرده بود. گالیله اهلهٔ زهره را رصد کرد و معلوم شد مطمئناً از یك جهت در اشتباه بوده است. اما از این سخن این معنی برنمی‌آید که نظریهٔ کوپرنیکی لزوماً درست است. نظریه‌های دیگری ــ مانند نظریهٔ تیکو ــ نیز بود که به همان نسبت از عهدهٔ تبیین اهلهٔ زهره برمی‌آمد.

زحل، اعتقاد گالیله را به توانایی‌های خود در کار رصد سست کرده بود. او گفته بود با تلسکوپش زحل را همچون سیاره‌ای سه‌گانه دیده است. یك دایرهٔ بزرگ که دو سوی آن دو دایرهٔ کوچکتر قرار دارند. چندی بعد باز گالیله زحل را رصد کرد و این بار وضع آن را کاملاً عادی یافت. در واقع او نخست حلقه‌های زحل را دیده بود، اما چون تلسکوپش بسیار ضعیف بود، نتوانسته بود به ماهیت آن حلقه‌ها بدرستی پی برد. نام «حلقه» را نخستین بار در سال ۱۶۵۵ کریستیان هویگنس[۳۸] دانشمند هلندی برماههای زحل گذاشت. همان گونه که از زمین دیده می‌شود، منظر این حلقه‌ها تفاوت می‌کند: گاهی نمایان است و گاهی ناپیداست. اگر لبهٔ حلقه‌ها به سوی ما باشد، تنها با تلسکوپهای بسیار نیرومند دیده می‌شود. به همین دلیل گالیله در یك موقعیت آنها را دید و در موقعیتی دیگر ندید. همین موضوع سبب نگرانی او شده بود. برای مدتی این فکر به ذهنش خلید که مبادا همهٔ کشفیات زیبای او نتیجهٔ خواب و خیال بوده باشد. این گونه بی‌اعتمادیها از ویژگیهای ذهنهای درخشان و برخوردار از انگیزهٔ نیرومند علمی است. اما زبان‌آوریهای مخالفان گالیله، طعنه‌های مردم عادی‌ای بود که جز تعصب انگیزهٔ دیگری نداشتند.

ستگاه تفتیش عقاید (انکیزیسیون)[۳۹] گالیله را همانند برونو مورد تعقیب و آزار قرار داد. اما اندیشه‌های گالیله به خلاف افکار برونو، محصول داوریهای هوشمندانهٔ علمی بود و با مسائل علمی محض پیوند داشت. بنابراین، مورد گالیله از مورد برونو جداست. پیشرفت علم به نقادی هوشمندانه و بیگیر از کار خود بستگی دارد. همهٔ آرای علمی در معرض شك و تغییر است. اما تغییر علم همراه با دلیل و گردآمدن تدریجی شاهد و سند است. با اعمال زور و استبداد، علم تنها برای مدتی از حرکت بازمی‌ایستد. گالیله را ــ البته زبان او را ــ واداشتند که دیدگاه کوپرنیکی خود را انکار کند. اما در بلندمدت علم از حرکت بازنایستاد و آنها که گالیله را زیرفشار گذاشته بودند، خود را مضحکهٔ جهانیان کردند. این را نیز باید گفت که با توجه به ضوابط کلیسایی آن روز، کلیسا در برابر گالیله رفتاری مؤدب و ملایم در پیش گرفته بود. گالیله با تفسیر آن بخش از کتاب مقدس که به تصوّر او با اخترشناسی کوپرنیکی متعارض می‌نمود، رفتاری به دور از حزم و احتیاط از خود نشان داده بود.

38. Christian 39. Inquisition

او می‌باید خردمندتر از این می‌بود و به موضوع علمی خود می‌پرداخت و از ورود در بحثی که خاص متکلمین کارکشته است، پرهیز می‌کرد. او غالباً در بحث و گفتگوها پرخاشگر بود، و حضورذهن هم نداشت. به همین سبب مخالفان بدخواه ارسطویی مشرب خود را در دانشگاهها و کلیسا بی‌جهت، ازرده‌تر می‌ساخت. البته اقتدار کلیسا در زمان گالیله دیگر از موقعیتی برخوردار نبود تا عالم را از پیشرفت بازدارد و به گذشته متوجه کند. مردانی چون گالیله و دکارت آثار خود را نه به زبان لاتینی، بلکه به زبان مادری خود می‌نوشتند. اندیشه‌های اینها بیش از اندیشه‌های پیشینیانشان با سرعت و دامنهٔ بیشتری انتشار یافت. و در کشورهای پروتستان اگر متفکران نامتدین با تائید کلیسا رو به رو نمی‌شدند، معمولاً از تعقیب و آزار در امان می‌ماندند.

در انگلستان و هلند مردم در گزینش و داشتن عقاید علمی آزاد بودند. در عصر الیزابت و درسدهٔ ۱۷ علم با هیچ مانعی روبه‌رو نبود، یا اگر رویاروی بود، آن موانع اندك بود. گروهی از دانشوران مشهور عصر الیزابت نظام کوپرنیکی را پذیرفتند. ممتازترین آنها ویلیام گیلبرت[۴۰] پزشك الیزابت و بنیانگذار علم مغناطیس بود. اندیشه‌های کوپرنیك، کپلر و گالیله به تدریج پا گرفت و در اواخر سدهٔ ۱۷ درنظر نخستین اعضای انجمن سلطنتی انگلستان، مانند جان والیس،[۴۱] کریستوفرن[۴۲]، رابرت هوك[۴۳]، نیوتون و ادموند هَلی[۴۴]، مقبول افتاد. در میان همین دانشمندان بود که نظریهٔ گرانش عمومی[۴۵] شکل گرفت، که شاید این نظریه مهمترین دستاورد انقلاب علمی باشد. در این میان، تفکر قارهٔ اروپا در دایرهٔ تاثیر عمیق دکارت قرار داشت. دکارت که از مصائب برونو و گالیله پند گرفته بود، صلاح خود در آن دید شور و شوق خود را نسبت به دیدگاه خورشیدمرکزی پنهان دارد. ریاضیات با تاثیری که از دکارت گرفته بود، بالیدن گرفت. نظریهٔ اخترشناختی در انگلستان به پیشرفتهای شایانی دست یافت، اما درقارهٔ اروپا پیشرفت آن ناچیز بود.

اشاره‌های جان میلتن[۴۶] به اخترشناسی نوین شایستهٔ توجه است. این اشاره‌ها گواه گسترش دامنهٔ علاقهٔ کسانی است که نه اهل علم بوده‌اند و نه پشتیبان سنتهای کلیسا. طبیعی است مرد دانشوری چون میلتن از انقلاب فکری‌ای که بیرون از قلمرو ادبی او در آستانهٔ وقوع بوده، حتماً آگاه می‌بوده است.[۴۷] چگونه ممکن است در باب موضوعی که از آن آگاهی نداشته داد سخن داده باشد. اما نکتهٔ قابل تأمل این است که گویی او از خوانندگان هم انتظار داشته به اندازهٔ او از موضوع آگاه باشند. در کتاب هشتم بهشت گمشده تکه‌ای هست که رافائیل درباره حرکتهای سماوی گرم گفت‌وگو با آدم است و به آدم هشدار می‌دهد که مبادا خود را با آن موضوع عمیقاً درگیر کند. رافائیل

40. W. Gilbert 41. J. Wallis 42. Ch. Wren 43. R. Hooke
44. E. Halley 45. universal gravitation 46. J. Milton

۴۷. او در ۱۶۳۸ با گالیله ملاقات کرده بود.

از آدم می‌پرسد:

چهٔ می‌گویی اگر خورشید در کانون جهان می‌بود
و دیگر اختران با جاذبهٔ خورشید یا به شوق دیدار آفتاب
رقص‌کنان به گرد او می‌چرخیدند؟
و سیکبال و رهاگاه بالا، گاه پائین،
گهی از دیده‌ها پنهان، پیش یا پس می‌خرامیدند،
یا آرام برجای می‌ایستادند؟
تو شش اختر می‌بینی. چه می‌گویی اگر سیارهٔ زمین هفتمین اختر می‌بود،
و تو سه حرکت آن را که به چشم نمی‌آید، می‌دیدی؟

میلتن در سطرهای پنجم و آخر به بی‌نظمی حرکت ظاهری سیارگان و حرکات سه‌گانه وضعی، انتقالی، تقدیمی که کوپرنیک برپایهٔ آنها بی‌نظمیهای حرکت زمین را توضیح داده، اشاره کرده است. خواننده‌ای اشارتهای میلتن را درمی‌یابد که اطلاعاتش از آرای کوپرنیک سطحی نباشد. انتظار از خواننده تنها به این چند مورد محدود نمی‌شود. سطر دوم تلمیحی به قانون گرانش عمومی دارد و فرض براین است که خوانند با مباحث علمی جاری آشنایی اجمالی دارد. دلیلش هم این است که بهشت گمشده در ۱۶۶۷ انتشار یافته و اندیشهٔ گرانش عمومی در ذهن هوك و نیوتون هنوز در حال شکل گرفتن بوده است. یورش ریاضی نیوتون به مسئلهٔ گرانش از سال ۱۶۶۶ آغاز شد، اما نظریهٔ گرانش تا پس از انتشار کتاب *اصول* نیوتون در ۱۶۸۷، استقرار کامل نیافت.

اگر میلتن اطمینان نداشت که دست‌کم عده‌ای از خوانندگان عادی اشاره‌های او را درمی‌یابند، احتمالاً از آوردن این گونه تلمیحها خودداری می‌ورزید. پس به همین دلیل می‌توان پنداشت رواج علم در انگلستان در میان تودهٔ هوشمندتری آغاز شده بوده است.

۵ مفهوم حرکت مطلق . بیکرانگی کیهان . نزاع علم و تعصب
کشمکش عقل و مخالفان عقل

هرچند در برخی جاها منع و آزارها علم را تا مدتی از پیشرفت بازداشت، اما تاثیر کلی آن ناچیز بود. سدهایی که در سدهٔ ۱۶ و ۱۷ بزسر راه اخترشناسی نهادند، نتیجه‌ای موفقتر از مانعهایی که رومیان در راه مسیحیت قرار داده بودند، به بار نیاورد. تنها نتیجه‌ای که از آن منع و آزارها برجای ماند، این است که اخترشناسان هنوز هم نامهای شرك‌آلود را در آسمان از سایر نامها برتر می‌دارند. هرگز منع و آزار و حتی اقامهٔ برهان نتوانست اندیشه‌های کوپرنیکی و بینش نوینی را که این اندیشه‌ها با خود

به همراه آورده بود، از گسترش بازدارند. ضدکوپرنیکیان، از غیرروحانی و روحانی، برای مدتی پرشمار بودند و بدون شك هنوز هستند کسانی که مخالف کوپرنیك‌اند. تا سال ۱۸۲۲ نظر کلیسای رم این بود که نظریهٔ کوپرنیکی تنها باید به عنوان یکی از شیوه‌های ریاضی تدریس شود و در اروپا و امریکای سدهٔ ۱۸ دانشگاههایی بودند که نظامهای بطلمیوسی و کوپرنیکی را درکنار هم تدریس می‌کردند.

مفهوم حرکت مطلق[۴۸] به این معنا که برای جسمی، بدون ارجاع به جسمی دیگر قائل به حرکت باشیم، در ردیف مفهومهایی است که هیچ گاه تعریف نتیجه‌بخشی از آنها داده نشده است. گفتن اینکه فلان جسم حرکت می‌کند، از معنا تهی است، مگر آنکه بگوییم نسبت به چه چیز دیگری حرکت می‌کند. پرسش «آیا زمین حرکت می‌کند؟» که کوپرنیکیان و مخالفانشان گاهی (البته بخطا) می‌پنداشتند مسئلهٔ مورد نزاعشان همین است، پرسشی بیجاست. اگر بپرسیم آیا زمین نسبت به ستارگان یا عرش اعلی یا فلك اثیر حرکت می‌کند پاسخ خود را به دست نیاورده‌ایم، اما دست کم پرسش قابل بحثی طرح کرده‌ایم. بنابراین، هرچند الحاق دیباچه‌های نادرست برآثار دیگران کاری ناشایست است، اما، تا آنجا که بحث فقط بر سر سکون و حرکت زمین است، آزیاندر راه درستی برای دوری جستن از این جدل یافته بود: بگذار که ارباب کلیسا به نص کتاب مقدس تمسك جویند و همهٔ حرکتها را به نسبت زمین بسنجند. و بگذار اخترشناسان، اگر مشکل محاسباتشان آسان می‌شود، حرکتهای آسمانی را با توجه به خورشید پیش‌بینی کنند. اما هیچ یك از دو طرف حق ندارد دیگری را بر خطا بداند.

امّا موضوع به‌همین جا پایان نمی‌گیرد. کوپرنیکیان با توجه به ستارگان، زمین را در حرکت می‌دیدند. به سبب فاصلهٔ عظیم ستارگان، حرکت زمین مشهود نبود، اما در عین حال امکان کشف این حرکت بود. در واقع کوپرنیکیان از این حیث با تکذیب مخالفان روبه‌رو بودند و گذشته از آن، مخالفانشان دلیلهای بسیاری برای تناقضگویی آنها در دست داشتند. به همین دلیل حرکت نامشهود زمین نسبت به ستارگان پیامدهای دیگری نیز داشت و همان طور که دیدیم، برونو آشکارا ولی در هم و آشفته از آنها سخن گفته بود. چیزی که سبب شد هندسهٔ آسمانی نوین بنیانهای اصول مستقر را به خطر افکند و انقلابی در نگرش انسان به بار آورد، مفهوم حرکت زمین نبود، بلکه مفهوم بی‌نهایت بودن جهان بود که از آن ناشی می‌شد. اهمیت اخترشناختی زمین و اهمیت کیهانی بی‌همتای نژاد بشر که مردم بسیاری از آغاز نزول سفر پیدایش کتاب مقدس بطوع و رغبت پذیرفته بودند، یکباره دستخوش شکّی سهمناك شده بود.

اینك کاملاً اطمینان داریم حق به جانب کوپرنیکیان بوده است. همهٔ رصدهایی که در سدهٔ ۱۷

---

48. absolute motion

انجام گرفته بود، بر بزرگی ابعاد عالم گواهی می‌داد. امروزه اهل علم، که هم کارشان حساب و کتاب دارد و هم تربیت کلیشان به فروتنی عادتشان داده است، تصویری از جهان می‌پردازند که در شگفت‌انگیزی دست کمی از رؤیاهای لگام گسیختهٔ برونو ندارد. آنها که از سدهٔ ۱۷ به ضرورت بررسی تازه و عمیق جایگاه انسان در عالم هستی پی بردند، کارشان از هر حیث قابل فهم است. اما تعارض عاطفی شدیدی که بروز کرد، بیشتر تعارض میان علم و تعصّب بود، نه نزاع میان علم و دین. گرچه تاثیرها و پیامدهای اخترشناسی نوین مردم بسیاری را به شکّ در تعالیم جزمی و در موضوعاتی که کاملاً جنبهٔ دینی نداشت واداشت، وگرچه در نظر عدهٔ اندکشماری مروّج بی‌خدایی جلوه کرد، اما اخترشناسی در اساس هیچ ضدیتی با دین نداشت. جهان اکنون بس بزرگتر و سهمناکتر از آنچه ارسطو پنداشته بود، به نظر می‌رسید. پس ظاهراً بیشتر مردمی که تنهایی تازهٔ خود را کشف کرده بودند، می‌بایست بیشتر نیاز به ایمان و حفظ دین خود را درمی‌یافتند. از این گذشته، دورنمای تازهٔ جهان آفرینش که ابعاد عظیمی یافته بود، چگونه می‌توانست مانعی در راه پرستش آفریدگار باشد؟ از این رو، نفس آئین کوپرنیکی[49] ذاتاً با بینش دینی کاملاً سازگار بود. امّا نکته‌هایی هست که انسان با اتکای غیرمستقیم به خدا، یعنی با عقل و حس خداداد می‌تواند درک کند و نکته‌های دیگری هست که تنها با تمسک به وحی الهی فهمیده می‌شود. علمی که از نو برخاسته بود، احساس و عقل بشر را به مسائلی متوجه کرد که کلیسا هنوز هم آنها را در قلمرو وحی قرار می‌داد. کپرنیکن به‌وخامت گرایید، زیرا منافع بعضی اشخاص در معرض تهدید قرار گرفته بود. سرباز زدن از پذیرش حکم نهایی کلیسا در هر زمینه، دست آخر یورشی بر قدرت کشیشان بود. بسیاری از کشیشان قطع نظر از رسالت دینی خود، انسان بودند و از چنین حمله‌هایی آزرده می‌شدند. بدون شکّ بخشی از مخالفت با علم، ولو گاهی بخطا، از اخلاص در دین ناشی می‌شد. اما جنگ واقعی همچنان جنگ میان عقل و تعصّب بود، تعصّبی که هوادارانش در عصر رنسانس، مانند روزگار قسطنطین، انگیزه‌های ناخودآگاهانه‌ای برای آن داشتند.

دراین عصر، عقل چهره شد. عنصر عقل در اخترشناسی نوین و پرتوان سدهٔ ۱۷ با قدرت بیشتری خودنمایی می‌کرد تا در فلسفهٔ فرتوت یونانی یا علم سده‌های ٤ و ٥ میلادی. با جنبش اصلاح دین، یکپارچگی خصم عقل فرو ریخت، به سستی گرایید و با حمله به علم، آن هم از راهی نادرست، مرتکب اشتباهی بزرگ شد. تعصّب چشم خود را بست و بر سر اعتبار نتایج علمی با علم به معارضه برخاست. آنها که سنگ مخالفت با عقل را به سینه می‌زدند، هیچ کدام دانش وفهم آن را نداشتند تا در رویارویی علمی با گالیله و در قلمرو علمی او براو پیروز شوند، پس بناچار پس می‌نشستند، نادانی می‌کردند یا به زور متوسل می‌شدند؛ هر چند دیگر مانند گذشته نمی‌توانستند با قاطعیت عمل کنند.

49. Copernicianism

مقصود این نیست که نتایج علمی مصون از انتقاد است. دانشمندانی که از دانش کافی بهره‌مندند و درجنبه‌های خاصی از تفکر مهارت دارند، همواره نتایج علمی را می‌کاوند و نقّادی می‌کنند. سخن برسر این نکتهٔ ساده است که مخالفان عقل کوشیدند همان سلاحی را به کار بندند که دشمن در کاربرد آن چیره‌دست‌تر بود و این خطا سبب شد که خود در وضع نامناسبتری قرار گیرند و درضمن، از هر گونه استفادهٔ موثر از نیرومندترین استدلالهای علیه علم ناتوان مانند. این استدلال در باب سوم *سِفر پیدایش*[50] و در اسطورهٔ یونانی پرومتئوس آشکار است. این استدلال منکر اعتبار علم نیست، بلکه می‌گوید دانش علمی راه خیر و سعادت بشر نیست. این استدلال همیشه به قوّت خود باقی است. آیا رفاه و آسودگی رهاورد پزشکی نوین، حمل و نقل، مهندسی و کشاورزی ارزش آن را دارد که گازهای سمی، بمبهای هسته‌ای و داروهای مرگبار را به همراه داشته باشد؟ آیا برای به دست آوردن نیروی برق از سد آبی باید دره‌های کوهستانی را فدا کرد؟ آیا شما آسودگی خیال حاصل از ایمان پاک را برتر می‌دارید، یا ارضای عمیق فکری ناشی از اکتشاف را؟ شاید که نیکبختی حقیقتی در نادانی باشد. پاسخهایی که بدین پرسشها می‌دهیم، متکی بر داوریهای ارزشی است. هر زمان ممکن است نتیجهٔ این داوریها به زیان علم تمام شود، اما بدون اینکه جانب هیچ طرفی را بگیریم، می‌دانیم که گفت‌وگو برسر این نکته‌ها باید با دقت بهمراه باشد. برسر فاصلهٔ ستارگان یا بودن و نبودن ماههای مشتری با اخترشناس کلنجار رفتن، کار خردمندانه‌ای نیست. احتمالاً سخن درست را او می‌گوید و شاید او بهتر بتواند مدعای خود را در برابر حاضران بیطرف ثابت کند. اما داوریهای اخلاقی و استحسانی اخترشناس الزاماً از داوریهای طرف او درستتر نیست. شما با بیان اینکه چون انسان کنونی در قیاس با زمانی که فاصلهٔ ستارگان را نزدیکتر می‌دانست خوشبخت‌تر نیست پس حرفهٔ اخترشناسی به سود بشر نیست، موقعیت بهتری برای شکست اخترشناس بدست می‌آورید. اگر به مردم بباورانیم که کار دانشمند به حال آنها زیانبار است، ساده‌تر است تا آنها را متقاعد سازیم نتایج کار او نادرست است.

٦ ویلیام هرشل کهکشانها، سحابیها، برونکهکشانها ویلهام ویل
اندازه‌گیری حرکت و فاصلهٔ ستارگان واحدهای اخترشناسی قیفاووسیان
درخشندگی، تابندگی، تناوب

از آن دسته کارهای سدهٔ ۱۸ و ۱۹ای که راههای تازه‌ای فراروی تفکر گشوده‌اند، بیشتر سخن

۵۰. اشارهٔ نویسنده به سرپیچی آدم و حوّا، خوردن از میوهٔ ممنوع، رانده شدن از بهشت و عواقب بعدی آن است. ـ م.

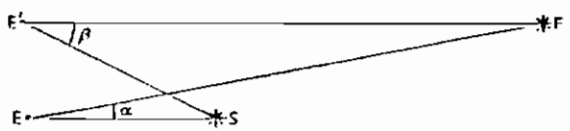
خواهیم گفت. اما بیشتر کارهای این دو سده چنان بیواسطه بر مفاهیم انقلاب علمی استوار شده‌اند که بهتر است آنها را در پیوند نزدیکشان با خاستگاههایی که در سده‌های ۱۶ و ۱۷ داشته‌اند بررسی کرد. به همین دلیل در بخش آخر این فصل می‌بینیم مفهومهای نوین هندسهٔ آسمانی چگونه در دوره‌های جدیدتر گسترش یافته است.

سدهٔ ۱۸ عصر پیشرفت شتابناك ابزارهای اخترشناختی و روشهای رصد بود. این پیشرفتها بیشتر یادآور نام جیمزبرادلی[51] (۱۶۹۳ تا ۱۷۶۲) و سر ویلیام هرشل[52] (۱۷۳۸ تا ۱۸۲۲) است. سرعت نور را که رومر کشف کرده بود، برادلی به ثبوت رساند. هرشل با کشف اورانوس در ۱۷۸۱ اندازهٔ شناخته شدهٔ منظومهٔ خورشیدی را گسترش بیشتری بخشید. کشف اورانوس شور و هیجان بسیاری برانگیخت، اما بیرون از منظومهٔ خورشیدی کشفیاتی کمتر تماشایی، ولی مهمتر در استانهٔ وقوع بود. هرشل که به عنوان موسیقیدان از هانوور[53] به انگلستان سفر کرد، پایه‌گذار اخترشناسی ستاره‌ای[54] نوین است. او تلسکوپهای خود را که بهترین تلسکوپهای آن روزگار بود، به دست خود ساخت. به کمك آن تلسکوپها و با پشتکار به بررسی سراسر آسمان نیمکرهٔ شمالی پرداخت. مطالعه در پراکندگی ستارگان او را بدین اندیشه کشاند که خورشید یکی از ابرهای عظیم ستارگان کهکشان[55] یا منظومهٔ کهکشانی[56] است و شکل آن منظومه کم و بیش به نان کیك پهنی شباهت دارد.[57] این اندیشه به ثبوت رسید، اما اینکه خورشید در نزدیکی مرکز منظومهٔ کهکشانی جای دارد، اصلاح شد. اگر تصور کنیم نان کیك از میان بریده شود و لایه‌ای از کره بین آن دو تکه گذاشته شود، آن لایه به همان چیزی شباهت دارد که صفحهٔ کهکشانی[58] می‌نامند. خورشید تقریباً در این صفحه قرار دارد و این روزها براین عقیده‌اند با مرکز منظومهٔ کهکشانی اندکی فاصله دارد. اگر شبی صاف به ژرفنای آسمان نظر کنیم، چون از لبهٔ کهکشان و کناره‌های آن نگاه می‌کنیم، انبوه نامنظم نقطه‌های نوری کمسویی را می‌بینیم که راه شیری[59] نام دارد. بخشهایی از راه شیری تابناکتر از بخشهای دیگر است. فرض معقولانه‌تر این است که بخشهای تابناك همان بخشهایی است که با نگاه به مرکز کهکشان دیده می‌شود. اگر خورشید نزدیك مرکز کهکشان می‌بود، پس می‌بایست چگالی ستارگان پیرامون آن یکنواخت می‌نمود. هرشل دریافت مدار زمین، حتی به نسبت فاصله با نزدیکترین ستارگان بی‌اندازه کوچك است. از این رو او به عظمت کهکشان پی برد، هرچند که نتوانست قطر کهکشان را تخمین بزند.

51. J. Bradley 52. Sir. W. Herschel 53. Hanover
54. stellar astronomy 55. galaxy 56. galactic system
۵۷. این تشبیه از سرجیمز جینز Sir J. Jeans است.
58. galactic plane 59. milky way

هرشل همچنین بسیاری از توده‌های کمسوی ابری شکلی را که سحابی[60] نامیده می‌شوند، کشف کرد. اندازهٔ سحابیها متفاوت است و غالباً با راه شیری فاصلهٔ زیادی دارند. کانت، فیلسوف آلمانی در *کتاب تاریخ طبیعی افلاك*[61] گفته است سحابیها همانند کهکشانها ممکن است منظومه‌هایی از ستارگان دوردست باشند. این گمان کانت همچون بیشتر گمانهای اخترشناختی او پایهٔ علمی جدی نداشت، اما بتازگی دریافته‌اند که این گمان او در بسیاری موارد مصداق دارد. بیشتر منظومه‌های برونکهکشانی[62] بسیار کوچك جلوه می‌کنند. اگر اندازهٔ این منظومه با اندازه‌های کهکشانی سنجش‌پذیر باشد ــ که به ظاهر چنین است ــ پس منظومه‌های برونکهکشانی باید فاصله‌های عظیمی داشته باشند. به هرحال در عصر هرشل سخنی دقیقتر از این نمی‌شد گفت.

نخستین برآورد موثق از فاصلهٔ یك ستاره، با فردریش ویلهلم بسل[63] در سال ۱۸۲۸ حاصل شد. بسل مدیر رصدخانهٔ پروس در کونیگسبرگ[64] بود. مبنای سادهٔ این برآورد در شکل ۳۸ نشان داده شده است. فرض کنید F ستاره‌ای بسیار دوردست و S ستاره‌ای نسبتاً بزرگ باشد. فرض کنید α فاصلهٔ زاویه‌ای میان S و F باشد که از نقطهٔ E (زمین) اندازه‌گیری می‌شود. شش ماه بعد هنگامی که زمین در نقطهٔ E و در سوی دیگر مدار خود قرار می‌گیرد، فاصلهٔ زاویه‌ای EF و ÉF که با β نشان داده شده، تفاوت می‌کند. چون F در فاصلهٔ بسیاری دوری قرار دارد، دو خط EF و ÉF تقریباً موازی هستند. اختلاف میان زاویهٔ α و β تقریباً یکسره نتیجهٔ اختلاف در امتداد ES و ÉS است. این اختلاف امتداد، برابر با زاویهٔ ESÉ است، که زاویه‌ای است که قطر زمین از S تحت آن دیده می‌شود. وقتی این زاویه معلوم باشد، محاسبهٔ فاصلهٔ S از راه مثلثات آسان است.



شکل ۳۸

اما دشواریهای عملی زیاد بود. اختلاف میان α و β بیش از کسری از یك ثانیهٔ کمانی نیست. یك ثانیهٔ کمانی که $1/3600$ یك درجهٔ کمانی است، به اندازهٔ زاویه‌ای است که سروته یك سوزن معمولی تقریباً از ۱۲ کیلومتر فاصله تحت آن زاویه دیده می‌شود. پس روشن است مهارت زیادی در کار رصد کردن و اندازه‌گیری لازم بود. بخشی از پیروزی بسل مرهون یوزف فون فراونهوفر[65] نورشناس مونیخی است که ابزارهای مورد نیاز بسل را برای او ساخت.

60. nebula 61. *Natural History of the Heavens* 62. extragalactic systems
63. F. W. Bessel 64. Königsberg 65. J. V. Fraunhofer

دوم آنکه پیش از هر اندازه‌گیری لازم است دو ستاره که یکی از دیگری به زمین بسیار نزدیکتر باشد، برگزینند. در اینجا تشخیص درست و کمی هم خوش اقبالی لازم است. روش بدیهی، برگزیدن یك ستارهٔ بسیار تابناك و یك ستارهٔ بسیار کمسوست. پیشفرض هم این است که ستارهٔ کمسو دوردستتر از ستارهٔ تابناك است. اما بسل این کار را نکرد. او ستارهٔ ۶۱ دَجاجَه[۶۶] را که زیاد هم تابناك نیست برگزید و فاصلهٔ آن را اندازه گرفت. بسل به این دلیل ستارهٔ ۶۱ دجاجه را برگزید که معلوم شده بود جای خود را نسبت به ستاره‌های شناخته شدهٔ دیگر نسبتاً با سرعت تغییر می‌دهد. ستارهٔ ۶۱ دجاجه در هر ۱۰۰ سال نزدیك به یك سوم قطر ظاهری ماه را طی می‌کند. ممکن است این فاصله به نظر زیاد نیاید، اما برای اخترِ ثابت (ستاره) بیش از اندازه زیاد است. ابزارهای پیشرفتهٔ هَیلی، برادلی و هرشل نشان داده بود که ستارگان در قیاس با هم بآهستگی حرکت می‌کنند، گرچه با معیارهایی که برای حرکت سیّارگان هست، حرکت آنها محسوس نیست. طرح صورتهای فلکی نیز تغییر می‌کند، اما این تغییر به اندازه‌ای کوچك است که حتی دانشمندان اسکندرانی و تیکو متوجهٔ آن نشده بودند. در واقع رقمی که برای ستارهٔ ۶۱ دجاجه به دست آمده بود، نشانهٔ حرکت سریع یك ستاره بود.[۶۷] پیروزی بسل بیشتر مرهون گزینش بختیارانهٔ این ستاره برای نخستین کوشش بود. بسل حرکت جزیی پیشخرامی و پسخرامی ستاره را، که ظاهراً به سبب تغییر مواضع سالانهٔ زمین بر حرکت کند ستاره افزوده می‌شود، بررسی و محاسبه کرد.

اهمیت کار بسل آشکار است. می‌توان او را با اریستارخوس سنجید. بینش ابتدایی کوپرنیکی از بیکرانگی جهان تنها توانست احساسی زودگذر برانگیزد، اما به عنوان بینشی پایدار نمی‌توانست تأثیر ژرف و دیرپایی بر ذهنها باقی گذارد. هرشل با یافتن طرحی در کهکشان و سحابیهای دور، به تصویری که از بیکرانگی وجود داشت سیمای دقیقتری بخشید. بسل با گشودن راه اندازه‌گیری عملی فاصلهٔ ستارگان، نشان داد که تصوّر بیکرانگی در واقع می‌تواند منشائی حقیقی داشته باشد. او فاصلهٔ ستارهٔ ۶۱ دجاجه را نزدیك به ۶۴۰٫۰۰۰ برابر فاصلهٔ خورشید تا زمین تخمین زد.[۶۸] و این فاصلهٔ یکی از نزدیکترین ستارگان بود. اکنون معلوم می‌شد که جهان چه بیکران باشد و چه کرانمند، انسان ناگزیر است با انزوای سهمناك کیهانی خود رویاروی شود.

اندازه‌گیری فاصله‌های ستارگان به ابداع بی‌درپی واحدهای بزرگتر انجامید. فاصلهٔ متوسط زمین از خورشید نزدیك به ۱۴۹٫۵۰۰٫۰۰۰ کیلومتر است. این فاصله را واحد اخترشناختی[۶۹] می‌نامند.

---

66. 61Cygni

۶۷. به تجربهٔ روزمره به این واقعیت پی برده‌ایم که حرکت اشیاء نزدیك ما محسوستر از حرکت اشیاء دور از ماست.

۶۸. برپایهٔ اندازه‌گیریهای اخیر این فاصله ۶۸۰٫۰۰۰ برابر است.

69. astronomical unit

این واحد برای اندازه‌گیری فاصله‌های درون منظومهٔ خورشیدی مناسب است؛ بویژه آنکه قانون سوم کپلر مدار زمین را با سهولت بسیار به مدار سایر سیّارگان منظومه مربوط می‌کند. حتی فاصلهٔ خورشید از پلوتون، که دورترین سیّارهٔ شناخته شده منظومهٔ خورشیدی است، حدود ۴۰ واحد اخترشناختی است. اما واحد اخترشناختی برای اندازه‌گیری فاصله‌های ناشناختهٔ ستارگان، واحدی کوچك و نامناسب است. برای این منظور، سال نوری[۷۰] و پارسیك[۷۱] به کار می‌رود. سرعت نور نزدیك به ۳۰۰٫۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است. سال نوری مقدار فاصله‌ای است که نور در یك سال می‌پیماید. این فاصله حدود ۶۳۰۰۰ واحد اخترشناختی است. با این حساب فاصلهٔ ستارهٔ ۶۱ دجاجه نزدیك به ۱۱ سال نوری است. اختلاف منظر[۷۲] هر ستاره زاویه‌ای است که بین آن ستاره و شعاع مدار زمین تشکیل می‌شود. بنابراین، اختلاف منظر ستارهٔ S (شکل ۳۸) نصف زاویهٔ ESE است. اگر اختلاف منظر ستاره‌ای یك ثانیهٔ کمانی باشد، فاصلهٔ آن یك پارسك است. پارسك نزدیك به ۳/۲۶ سال نوری است.

با روش بسل فاصله‌های بسیاری از ستارگان نزدیك به دست آمد. اما روش او نمی‌توانست برای اندازه‌گیری سحابیهای برونکهکشانه‌ای یا حتی بخشهای دوردستتر کهکشان بکار رود. برآورد این گونه فواصل با بررسی ردهٔ خاصی از ستارگان که به «ستارگان متغیر قیفاووسی»[۷۳] یا قیفاووسیان شهرت دارند، آغاز شد.[۷۴] نه تنها تغییر درخشندگی این ستارگان، بلکه نحوهٔ تغییر آنها هم متفاوت است. به دنبال افزایش سریع درخشندگی، افتی در درخشندگی آنها پدید می‌آید و این فراز و فرود، پیوسته تکرار می‌شود. در شکل ۳۹، نمودار پرتو نوعی ستارگان قیفاووسی نشان داده شده است.

شکل ۳۹

تناوب درخشندگی از یك اوج درخشندگی تا اوج درخشندگی دیگر ممکن است آن قدر کوتاه باشد که یك روز طول بکشد، یا آن قدر بلند باشد که دو ماه دوام بیاورد. این تناوب برای همهٔ قیفاووسیان به طرز محسوسی ثابت است. سیر صعودی درخشندگی برخی از این ستارگان بسیار تندتر از سیر نزولی آنهاست و در سایر قیفاووسیان این تفاوت جزئی‌تر است. اما مشخصهٔ کلی همهٔ ستارگان قیفاووسی همانند است و این همانندی امکان تمایز آنها را از سایر ستارگان متغیر فراهم می‌آورد. قیفاووسیان را با وجود تغییرهای محسوسشان می‌توان چون آهنگی موسیقی بازشناخت.

---

70. light year 71. parsec 72. parallax 73. Cepheid Variables

۷۴. وجه تسمیه این ستارگان از آن است که نخستین بار در صورت فلکی قیفاووس کشف شدند.

قیفاووسیان بسیاری هستند که در ابرهای ماژلانی[۷۵] کوچکتر قرار دارند و انبوه ستارگان جدا افتاده‌ای را در آسمان نیمکرهٔ جنوبی تشکیل می‌دهند. چون اندازهٔ این انبوه نسبت به فاصلهٔ آن ناچیز می‌نماید، ستارگان واقع در این انبوه را تقریباً در یك فاصله فرض می‌کنند. این را دریافته‌اند قیفاووسیانی که در ابرهای ماژلانی تناوبی یکسان دارند، درخشندگی ظاهری[۷۶] آنها نیز یکسان است. چون فاصلهٔ این دسته از ستارگان تا زمین نسبتاً به یك اندازه است، درخشندگی ظاهری آنها می‌تواند شاخص درخشندگی مطلق[۷۷] (یا تابندگی)[۷۸] آنها باشد. پس دست کم قیفاووسیان واقع در ابرهای ماژلانی که تناوبشان برابر باشد، تابندگیشان هم ظاهراً برابر است. همین رابطهٔ میان تناوب و تابندگی ستاره، در میان قیفاووسیان خوشه‌های ستاره‌ای دور دیگر دیده شده است. پس منطقاً می‌توان این رابطه را برای همهٔ قیفاووسیان یکسان پنداشت. اگر بتوان تابندگی هریك از قیفاووسیان را مستقلاً تعیین کرد، پس می‌توان تابندگی هر قیفاووسی دیگری را براساس تناوب آن به دست آورد. فاصلهٔ پاره‌ای از نزدیکترین ستارگان قیفاووسی را با روشی همانند روش بسل برآورد کرده‌اند. مقدار نوری که از این ستارگان به ما می‌رسد، قابل اندازه‌گیری است. به همین سبب تابندگی آنها محاسبه‌پذیر است. با رابطه‌ای که میان تناوب و تابندگی ستاره هست، می‌توان تابندگی هریك از قیفاووسیان را تنها به اعتبار تناوبشان برآورد کرد. آنگاه از راه سنجش تابندگی معلوم ستاره با درخشندگی ظاهری و محاسبه‌پذیر آن، می‌توان فاصلهٔ آن را بدست آورد.

قیفاووسیان در شمار اندکی از سحابی برونکهکشانی دیده شده‌اند. از این رو می‌توان فاصله‌های این گونه سحابیها رانیز تعیین کرد. از همهٔ این سحابیها به زمین نزدیکتر، دو سحابی با فاصلهٔ ۷۵۰٫۰۰۰ سال نوری است. بیشتر سحابیها آن قدر از زمین دورند که نمی‌توان از میان آنها ستارگانی را نشان کرد. اما اگر بنای فرض را براین بگذاریم که بتوان درخشندگی کل آنها را با درخشندگی شناخته‌هایی که به ما نزدیکترند سنجید، پس می‌توان برپایهٔ مقدار نوری که از آنها به زمین می‌رسد، فاصله‌های آنها را تخمین زد. دوردسترین سحابیهایی که تاکنون رصد شده، در فاصله‌های میان ۱۰۰٫۰۰۰ تا ۲۰۰٫۰۰۰ سال نوری قرار دارند. می‌توان اندازهٔ واقعی سحابی‌ای را که فاصله‌اش معلوم باشد، از روی اندازهٔ ظاهری آن تخمین زد. سحابی امرأة المُسلسله[۷۹] [بانوی بسته به زنجیر] پرتابترین سحابی برونکهکشانی است و قطر آن نزدیك به ۶۰٫۰۰۰ سال نوری است. حدس می‌زنند کهکشانی که خورشید ما متعلق به آن است، تا اندازه‌ای بزرگتر از سحابی امراة المسلسله باشد. اما بخشهای دوردستتر این کهکشان در پشت غبارها و ابرهای کیهانی پنهان است، به همین دلیل اندازه‌گیری دقیق این کهکشان به نظر ناممکن می‌رسد.

75. Magellanic Clouds 76. apparent brightness 77. absolute brightness
78. luminosity 79. Andromeda nebula

با تلسکوپهای نوین می‌توان میلیونها برونکهکشانه را رصد کرد. این کهکشانها به ظاهر از ما دور می‌شوند و هرچه فاصله‌شان دورتر می‌شود، بر سرعت حرکتشان نیز افزوده می‌گردد. دربارهٔ دلیل حرکت پسگردی[۸۰] بعداً بحث خواهیم کرد. پسگرد از موضوعهای مهم هندسهٔ آسمانی کنونی است.

تصور زمینی که در مرکز گیتی غنوده و اختران مهربان پروانه‌وار به گرد شمع وجودش می‌گردند، رنگ باخته است. این رنگباختگی نتیجهٔ مستقیم اندیشهٔ اصلی کوپرنیکی دربارهٔ گردش زمین است.

80. recessive motion

فصل ششم

انقلاب علمی

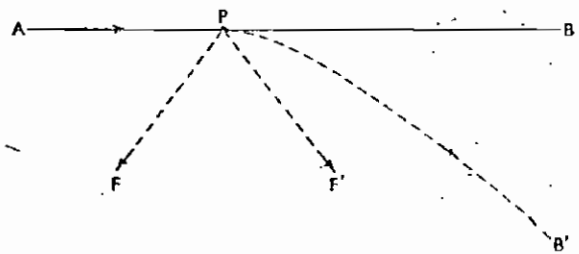
قسمت دوم: مکانیک آسمانی

۱ اندیشهٔ حرکت مکانیک قدیم و جدید قانون لختی

مسائل مکانیکی‌ای را که اخترشناسی نوین پیش کشیده بود با مکانیک ارسطویی پاسخ نمی‌شد گفت. ارسطوئیان در این باره به اخترشناسی نوین ایراد داشتند، اما گالیله و نیوتون با علمی نو و کافی، که همان مکانیک باشد، ایرادهای ارسطوئیان را باطل کردند. علم مکانیک برپایهٔ زنده ساختن اصولی که اتمیستهای یونانی پیش نهاده بودند، اما مدتی بس دراز از آن غفلت شده بود، بنیان گرفت. اتمیستهای یونانی گفته بودند که اتمها بدون هیچ کمکی به حرکت یکنواخت خود ادامه می‌دهند، مگر آنکه با اتمهای دیگری برخورد کنند. این اندیشه، به هیچ روی بدیهی نیست. پس، از اینکه نزدیک به ۲۰۰۰ سال به آن روی نکرده‌اند، نباید درشگفتی شد. تجربهٔ روزمره بیشتر پشتیبان این عقیده است که اجسام تا وقتی حرکت می‌کنند که چیزی آنها را به حرکت وادارد. این اندیشه که جسم متحرک می‌تواند به حرکت خود تا بی‌نهایت ادامه دهد، مگرآنکه عاملی آن را از حرکت بازدارد، اندیشه‌ای نیست که با فهم متعارف سازگار درآید و به عنوان فرضیه نیز برای کسانی مطرح است که دربارهٔ مسائل حرکت قدری تفکر کرده باشند. مکانیک ارسطویی برپایهٔ این اندیشهٔ طبیعی که اگر نیرویی نباشد، حرکتی هم نیست، قرار داشت و در سراسر قرون وسطا از پشتیبانی مشترک فهم متعارف و جزم و تعصب برخوردار شده بود. البته مکانیک ارسطویی در مجموع بی‌معارض نبود، زیرا به رغم ظاهر موجهی که داشت، باز هم ایرادهایی بران وارد می‌شد و پاسخ گفتن آن ایرادها هم ساده نبود. از جدّیترین این دسته ایرادها، این پرسش بود که «چرا تیر پس از پرتاب از کمان حرکت می‌کند؟» به گفتهٔ ارسطو، تیر هنگامی که نیروی محرکش از میان برود باید از حرکت بازایستد. ارسطوییان می‌گفتند تیر چون حرکت کند، هوا هم از پشت آن یورش می‌برد تا جای خالی آن را پرکند. جز این اگر باشد، جای تیر در هوا خالی می‌ماند. یورش هوا عامل تداوم حرکت تیر است، اما پای این پاسخ که چون تیر در هوا حرکت می‌کند، پس هوا هم یورش می‌برد؛ و تیر حرکت می‌کند، چون هوا یورش می‌برد، می‌لنگد. اگر این استدلال گرفتار دور هم نبود، فقط

دشواری تازه‌ای را به جای دشواریهای کهن می‌نشاند. برای اینکه معلوم نمی‌شد چرا تیر باید از حرکت می‌ایستاد و از آن گذشته، تیر نمی‌توانست در خلأ حرکت کند. اما دشواری دوم ارسطوئیان را نگران نمی‌ساخت، زیرا آنها منکر خلأ بودند. ولی در عین حال نمی‌توانستند دلیل انکار خود را اثبات کنند، بویژه پس از اختراع تلمبهٔ هوایی[1] در نیمهٔ سدهٔ ۱۷، یافشاری بران عقیده آسان نبود. با وصف این و به رغم این دشواریها، انکار این عقیده که بدون عامل حرکت، حرکت هم وجود ندارد، آسان نبود.

قانون لختی[2] که معمولاً قانون اول حرکت نیوتون نامیده می‌شود، پایهٔ مکانیک نوین است؛ گو اینکه گالیله و دکارت آن را از منشأ قرون وسطایی برگرفته و پرورانده بودند. قانون لختی می‌گوید هرجسمی حالت سکون یا حرکت یکنواخت خود را در خط مستقیم حفظ می‌کند، مگرآنکه نیرویی بران وارد شود. ازاین‌رو، فرمول «اگر نیرو نباشد، حرکت هم نیست.» جای خود را به فرمول «اگر نیرونباشد، تغییر حرکت هم نیست.» داد. همین یك کلمهٔ اضافی تفاوت بارزی ایجاد می‌کند. در واقع ارسطو نیرو را به عنوان علت حرکت تعریف کرده بود و نیوتون تعریف ارسطویی را به علت تغییرات حرکت تغییر داد. ممکن است تغییر حرکت، در شتاب[3]، شتابِ منفی[4] یا تغییر امتداد باشد. بنابر قانون نیوتون، ایجاد هریك از این تغییرات به نیرویی نیاز دارد. اما اگر مقاومتی نباشد، برای ادامهٔ حرکت یکنواخت در خط مستقیم نیازی به نیرو نیست.



شکل ۴۰

نیرویی که جسم را به پیش براند، به آن شتاب می‌دهد. نیرویی که جسم را به پس براند، به آن شتاب منفی می‌دهد. نیرویی که از پهلو بر جسم وارد شود، امتداد حرکت جسم را تغییر می‌دهد. اگر نیرو به طور مایل برامتداد حرکت جسم وارد شود، هم سرعت و هم امتداد حرکت جسم را تغییر می‌دهد. فرض کنید جسم P در راستای خط AB (شکل ۴۰) حرکت می‌کند و نیروی F، همان‌گونه که در شکل می‌بینید، بران تاثیر می‌گذارد. این نیرو جسم را قدری به پس و قدری به پهلو می‌راند. بنابراین، P با کاهش تندی، مسیر منحنی PB' را می‌پیماید. تحت اثر نیرویی چون

1. air pump 2. Law of Inertia 3. acceleration 4. retardation

F، P با تندی بیشتر مسیر منحنی را خواهد پیمود. چنانچه نیرویی در کار نباشد، P بدون تغییر سرعت در راستای AB به حرکت خود ادامه خواهد داد.

ببینیم این اندیشه ایرادهای بسیار واضحی را که بر حرکت زمین وارد می‌شد، چگونه پاسخ می‌گوید. اگر زمین حرکت می‌کند، پس چرا سنگ به طور عمودی فرومی‌افتد؟ تمثیلی که خود دانشمندان سدهٔ ۱۷ آورده‌اند، منظور را روشنتر بیان می‌کند. فرض کنید از فراز دکل کشتی در حال حرکتی تکه سنگی فروبیفتد. تکه سنگ به کجای عرشه می‌خورد؟ استدلال ارسطوییان از این قرار است:

> پاره‌سنگی که به فراز دکل کشتی برده می‌شود، از نظر طبیعی جزئی از کشتی است و کشتی نیروی محرکی ایجاد می‌کند که حرکت افقی پاره‌سنگ در راستای دریا ادامه می‌یابد. اگر سنگ از فراز دکل رها شود، آن نیرو از میان می‌رود و پاره سنگ هم حرکت افقی خود را یکباره از دست می‌دهد. پاره‌سنگ به سوی زمین فرو می‌آید، زیرا تمایل ذاتی سنگ به این است که به فلك خاص خود برسد. اما هنگامی که پاره‌سنگ فرومی‌افتد، کشتی به حرکت خود به سوی جلو ادامه می‌دهد. به همین سبب پاره‌سنگ به عرشهٔ پشت دکل اصابت می‌کند.

استدلالی که برقانون لختی استوار باشد، چنین است:

> پاره‌سنگ به همراه کشتی افقی حرکت می‌کند. هنگامی که از فراز دکل رها می‌شود، با شتابی که علت آن نیروی گرانشی است، فروکشیده می‌شود. پاره‌سنگ در حین فروافتادن، حرکت افقی خود را حفظ می‌کند؛ زیرا نیرویی افقی نیست تا بر این حرکت تاثیر بگذارد. بنابراین، پاره‌سنگ به هنگام فرود همپای حرکت افقی کشتی حرکت می‌کند و به همین دلیل در پای دکل فرومی‌افتد.

لزومی ندارد برای حصول اطمینان از درستی نتیجهٔ استدلال دوم، به سفر دریا برویم. اگر از پنجرهٔ قطار در حال حرکت چیزی را بارامی به زمین بیندازیم، می‌توانیم آن آزمایش را در مقیاس کوچکتری انجام دهیم. به همان دلیلی که حرکت کشتی مانع از فروافتادن پاره‌سنگ در پای دکل نیست، حرکت زمین مانع از برخورد سنگ به نقطه‌ای که درست زیرنقطهٔ سقوط قرار داشته باشد، نمی‌شود.

دومین پرسش دشوار این بود که چگونه زمین می‌تواند بدون یورش هوا حرکت کند. قانون لختی تنها به بخشی از این پرسش پاسخ می‌گوید. این پرسش به پرسش دیگری مبنی براینکه آیا خلأ ممکن هست یا نه، وابسته است. با فرض اینکه خلأ ممکن است و فضای میان سیارگان تهی است، دشواری بزرگی بروز نمی‌کند. زیرا می‌توان گفت جوّ زمین لایهٔ گازی شکلی است که تنها به ارتفاع چندکیلومتر سطح زمین را فراپوشانده است. اگر بنای فرض را براین بگذاریم که زمین و جوّ آن در اصل با هم به حرکت درآمده‌اند، پس زمین و جوّ آن پایه‌پای هم حرکت می‌کنند؛ همچنان که

پاره‌سنگ که از فراز دکل فرومی‌افتد، همراه حرکت کشتی حرکت می‌کند. هیچ دلیلی نیست که زمین حرکت کند و جوّ آن ساکن بماند؛ زیرا هیچ نیرویی نیست تا جو زمین را از حرکت بازدارد. اما اگر خلأ ممکن باشد و نتیجتاً نوعی جو سراسر فضا را پر کرده باشد، پس در واقع زمین چگونه می‌تواند حرکت کند و جریان هوای ناشی از حرکت آن احساس نشود؟ برای آنکه ایراد دوم به حرکت زمین را پاسخ دهیم، ناگزیریم اصل دوم ارسطویی را که می‌گوید طبیعت از قبول خلأ امتناع دارد، رد کنیم. همان‌گونه که پیشتر دیدیم، قانون لختی نیز در تبیین این پاسخ دخیل است. اما قانون لختی تنها هنگامی در تبیین موثر است که امکان فضای تهی میان سیارگان پذیرفته شود. خلأ موضوع علم خواص هواست که در جریان سدهٔ ۱۷ بیشتر اصول آن شناخته شد. در اینجا خواهیم دید علم خواص هوا، که اغلب موضوعی جدا می‌افتد، چگونه در جریان اصلی تفکر جای می‌گیرد و سهم خود را در واژگونی کامل علم ارسطویی که برای استقرار اخترشناسی نوین لازم بود، ادا می‌کند. پس بهتر است که بحث اصلی خود را قطع کنیم و کمی به کشفیات علم خواص هوا در سدهٔ ۱۷ بپردازیم.

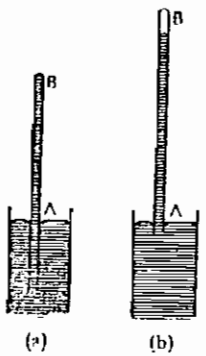
۲ توریچلی، علم خواص هوا، اتوفون گریکه

برای اندیشهٔ علمی عجیب نیست که ابتدا به ریشخند گرفته شود، سپس با تساهل و مدارا با آن رفتار شود و سرانجام هم بیش از اندازه مسلّم انگاشته شود. امپدوکلس نشان داده بود که هوا ماده است و فضا را اشغال و آب را خالی می‌کند. ظروفی که معمولاً خالی فرض می‌شوند در واقع خالی نیستند. هنگامی که این اندیشه برای بار نخست مطرح شد، حتماً چون اندیشه‌های خلاف آمد می‌نمود. اما چون اشنایی ذهنها با آن بیشتر شد، در میان یونانیان به لباس این عقیدهٔ جازم درآمد که چیزی بنام فضای تهی موجود نیست، خلأ ناممکن است و همه جا از ملأ[6] انباشته است. این اصل جازم بخشی از فیزیك ارسطویی بود که تا مدتی دراز میدان را در دست داشت تا اینکه هواداران اخترشناسی کوپرنیکی، در آن شك کردند.

گالیله با دقت در روشی که به مکش آب از بالا موسوم بود، در شگفتی مانده بود؛ زیرا آب از ارتفاع ۱۰ متر واندی بالاتر نمی‌آمد. در سال ۱۶۴۳ یکی از شاگردان او به نام توریچلی[7] دست به آزمایش مهمی زد. او لوله‌ای شیشه‌ای را که یك سرش بسته بود، با جیوه پر کرد. و انگاه سر باز لوله را بطور عمودی در ظرفی که از جیوه پربود فرو برد. او دریافت اگر فاصلهٔ AB کمتر از حدود

5. pneumatics 6. plenum 7. Torricelli

۷۶ سانتی‌متر باشد (شکل ۴۱ الف)، لوله همچنان از جیوه پر می‌ماند. و این را می‌شد با اصل ارسطویی تبیین کرد: جیوه باید در لوله بماند، زیرا طبیعت اجازه نمی‌دهد در بالای لوله خلأ ایجاد شود. امّا هنگامی که لوله از ظرف بیشتر بیرون بماند (شکل ۴۱ ب)، به نحوی که طول AB بیش



شکل ۴۱

از ۷۶ سانتی‌متر باشد، ارتفاع جیوه در لوله از ۷۶ سانتی‌متر تجاوز نمی‌کند و در بالای لوله نیز فضایی خالی پیدا می‌شود. هیچ چیز راهی برای ورود به این قسمت نداشته، پس می‌توان گفت که کاملاً تهی است. پس این فضای تهی می‌توانست خلئی باشد که طبیعت از پرکردنش ناتوان بود. برای توضیح اینکه چگونه جیوه درلوله می‌ماند، به علتی جز امتناع خلأ نیاز بود.

توریچلی نتیجه گرفت که جوّ بر سطح جیوهٔ درون تشتك فشار می‌آورد و نمی‌گذارد جیوه از لوله پایین بیاید. اگر جیوه بخواهد از لوله پایین بیاید، باید سطح جیوهٔ درون تشتك بالا برود و فشار هوا مانع از این کار است. اب هم تا ارتفاع ۱۰ متر واندی و پیش از انکه خلأ حاصل شود، بالا می‌اید. با نظریهٔ توریچلی این نتیجه نامنتظره نبود. چون سطح مقطع ستون ده متری آب و ۷۶ سانتی‌متری جیوه مساوی است، وزنشان به یك اندازه است و بنابراین، پشتیبانی برابری نیاز دارند.

این وسیلهٔ توریچلی همان فشارسنج[8] است. توریچلی دریافت که ارتفاع ستون جیوه تغییر می‌کند و از این رو به فایدهٔ عملی فشارسنج به صورت اوله‌های شیشه‌ای پی برده شد. اما واقعیتی که از نظر علمی فوق‌العاده جالب است، این است که هرچه ارتفاع از سطح دریا بیشتر باشد، فشارسنج به تدریج پایین‌تر می‌اید و این بدان معناست که جوّ تنها تا ارتفاع محدودی از سطح زمین را فراگرفته است. اگر فشارسنج بر روی نقطهٔ بلندی قرارگیرد، فشار کمتری به سطح جیوهٔ درون تشتك وارد می‌اید. یا به سخن دیگر، هوای کمتری هست تا در برابر فشار جیوهٔ درون لوله از سطح جیوهٔ درون تشتك پشتیبانی کند. به همین سبب ابداع توریچلی نتیجه‌ای بیش از ایجاد خلأ در درون اوله به بار

8. barometer

آورد. ابداع توریچلی مؤید این نظر شد که جو، بیش از لایهٔ نازکی که زمین را فراگرفته باشد نیست و فضای ماورای جو تهی است.

حوالی سال ۱۶۵٤ اتوفون گریکه[9] تلمبهٔ تخلیهٔ هوا را اختراع کرد. چندی نگذشت که بویل و هوک اختراع او را تکمیل کردند. با آشکار شدن هرچه بیشتر خلأ، زوال نظریات ارسطویی شدّت گرفت. گریکه با نیمکره‌های ماگده بورگ[10] فشار جو را به نمایش گذاشت. نیمکره‌های ماگده بورگ نیمکره‌هایی از جنس مس بود که لبه‌های آن کاملاً باهم جفت می‌شد. گریکه نیمکره‌ها را درهم جفت کرد، هوای درون آنها را بیرون کشید و آنها را به صورت گویهای میان تهی در آورد. تا هوا وارد گویها نمی‌گردند دو دسته اسب و هردسته مرکب از ۱۵ اسب نمی‌توانستند دونیمکره را از هم جداکنند. بویل نشان داد بدون هوا احتراق ممکن نیست و چندی پس از بویل، نیوتون فرو افتادن اجسام را در خلأ آزمایش کرد.

۳ رنه دکارت: نظریهٔ گردشارها

بنابراین لازم بود کوپرنیکیان پاسخ ایرادهای مکانیکی‌ای را که بر حرکت زمین وارد می‌شد، پیدا کنند. اما اخترشناسی نوین به صرف رد و ابطال دلیلهای علیه خود نمی‌توانست بنیان خود را استوار کند. اخترشناسی نوین به عامل موثرتری نیازداشت: یعنی به تبیینی مکانیکی در این باره که چرا سیّارگان می‌بایست حرکتهایی را که کوپرنیک و کپلر عنوان کرده بودند، داشته باشند. فلکهای شفاف ارسطویی جز با حرکت مستدیر ساده، با هیچ حرکت دیگری سازگار نبود. در هر حال رصدهای تیکو نشان داده بود ستارگان دنباله‌دار می‌توانند بدون هیچ اشکالی از مدارهای سیّارگان بگذرند. و این نکته اعتقاد به فلکهای شفاف را سست‌تر کرده بود. با توجه به نظامی که بی شک برآسمانها حاکم بود، به تبیین دقیقتری نیاز بود. چنین تبیینی که برپایهٔ نظریات مکانیکی استوار بود، در انگلستان نیمهٔ دوم سدهٔ ۱۷ و عمدتاً به دست نیوتون فراهم شد. اما پیش از آن، برای حل مشکل کوششی هم به روش ارسطوئیان از سوی دکارت به کار رفته بود. در اروپا چندگاهی آرای دکارت را در این باره از آرای نیوتون برتر شناختند. به هر حال آرای دکارت، گرچه کارامد نبود، امّا از لحاظ تاثیری که داشت در خور توجه است.

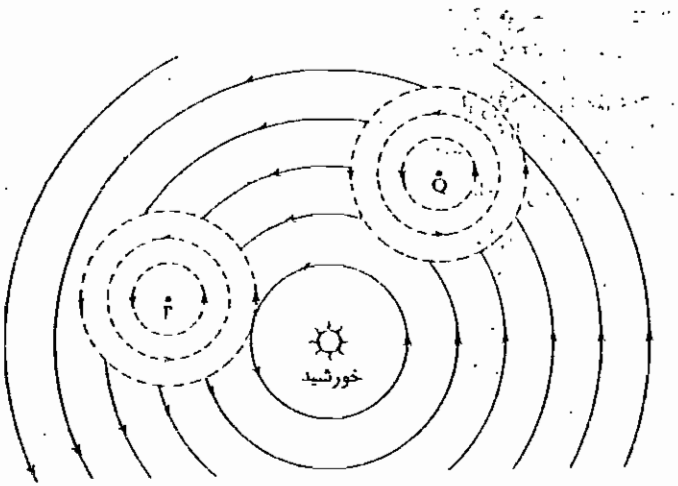
دکارت (۱۵۹٦ تا ۱٦۵۰) که از معاصران جوان گالیله و کپلر بشمار می‌رفت، از چهره‌های بسیار با اهمیت انقلاب علمی است. شهرت دکارت بیشتر در زمینهٔ ریاضیات و فلسفه است، ولی ما

9. O. V. Guericke 10. Magdeburg hemispheres

در اینجا به تبیین او از حرکتهای سیّارگان می‌پردازیم. او باطناً به پذیرش سکون خورشید و حرکت زمین متمایل بود، اما هنگامی که با شگفتی دریافت کلیسای کاتولیك اعتقاد به خورشیدمرکزی را کفر و الحاد قلمداد کرده است، برآن شد تا عقیدهٔ خود را رها کند. دکارت در لافلش[11] و در مدرسهٔ یسوعیون تحصیل کرده بود، امّا ایام تحصیل او پیش از زمانی بود که مقامات کلیسا سرانجام علیه اخترشناسی کوپرنیکی تصمیم گرفتند. تا ۱٦۱٦ که دکارت از مرز ۲۰ سالگی نگذشته بود، کتاب *گردش افلاك اسمانی* هنوز در لیست سیاه قرار نگرفته بود. او به روزگار جوانی که نظریهٔ اخترشناختی خود را می‌پرورانید، دیدگاه خورشیدمرکزی را اختیار کرده بود، بی‌آنکه احتمال مخالفت با آرای اهل کلیسا در آن بدهد. اما وقتی دانست ممکن است نظریه‌اش او را با کلیسا درگیر کند، از انتشار آن خودداری ورزید. با وصف این، پس از مرگش نظریهٔ او تاثیر خود را برجای گذاشت. دکارت مانند عده‌ای از متفکران باستان براین باور بود که به تنهایی و بدون کمك اندیشه‌های دیگر خواهد توانست از سراسر اسرار عالم نقاب برگیرد. به همین سبب نیازی نمی‌دید که خوب مطالعه کند. ظاهراً از جمله مطالبی که از آنها بی‌خبر بود، یکی هم قانونهای کپلر بود. نظریهٔ گردشارها[12]ی او کوشش بزرگی در راه آشتی دادن اخترشناسی جدید با مکانیك و فیزیك قدیم است.

قانون حرکت ارسطویی بنای فرض را براین نهاده که گذشته از عاملی که سیّارگان را هدایت می‌کند، می‌بایست علتی هم باشد تا آنها را به جلو برانند. این پندار به اساطیر یونانی بازمی‌گردد که از آپولون[13] و ارّابه و اسبان او اسطوره‌ای پدید آورده بود. اساطیر مسیحی[14] اسطورهٔ آپولون را برگرفته و نیروی محرّك فرشتگان را جایگزین نیروی محرّك اسبان ارّابهٔ آپولون ساخته بود. دکارت هم اسطورهٔ یونانی و دیدگاهی که هیچ نقطه‌ای از فضا را تهی نمی‌دانست برگرفت. آن دو را به هم آمیخت، اما اسبان و فرشتگان را از آن کنار گذاشت. او می‌گفت ماده‌ای سیّال گرداگرد همهٔ سیّارگان را در فضا فراگرفته و هر سیّاره در مرکز یك جریان سیّال یا گردشار قرار دارد. گردش جریان سیّال، که هرچه به مرکز جریان نزدیکتر باشد تندتر است، سیّاره را به چرخش در حول محور خودوامی‌دارد. بخشهای بیرونی‌تر جریان سیّال ماههای سیّاره را ـ البته اگر ماهی داشته باشد ـ به دَوَران وامی‌دارد. حرکت گردشاری سیّارگان، بخشی از حرکت گردشاری پهناورتری است که خورشید در مرکز آن قرار دارد و این دو جریان همواره یکایك سیّارگان را به دور خود و همه را به گرد خورشید به حرکت می‌آورد. چگونگی این گردشها در شکل ٤۲ نشان داده شده است. حرکت اصلی به دور خورشید با خطهای ممتد و حرکت سیارگان به دور خود با خط‌چینها ـ خطهایی که

11. La Fléche 12. Theory of Vortices (=نظریه گردبادی) 13. Apollo
14. Christian mythology



شکل ٤۲

کرداگرد دو نقطهٔ P و Q کشیده شده ــ نشان داده شده است.

این نظریه، هوشمندانه و در نگاه نخست جاذب است. چرخشها در گرد نقاطی است که فشار جریان در آن نقاط کمتر است. آشناترین و محسوسترین نوع این جریان را در حرکت پر چرخ آب به هنگام بیرون رفتن از آبراه حوضچه می‌توان دید. یا می‌توان به گردبادها توجه کرد که در حول نقطهٔ فرورفته‌ای می‌چرخند. حتی می‌توان دید که گردباها همواره در یك جهت می‌چرخند.[۱۵] هرچیزی به مرکز گردباد نزدیکتر باشد، آهنگ چرخش آن تندتر است. اگر حرکتهای گردبادی درفضای اکنده از سیّال دارای خصوصیات مشابه باشند، در این صورت، نظریهٔ دکارت نشان می‌دهد چرا سیّارگان در یك جهت به دور خورشید می‌گردند و چرا سیارگانی که به خورشید نزدیکترند، تندتر از سیّارگان دیگر می‌گردند. برپایهٔ همین نظریه، چرخش محوری سیّارگان و گردش ماههای سیّارگان به دور آنها، باید همه در یك جهت باشد. رصدهایی که تا عصر دکارت انجام شده بود، نشان می‌داد که چنین است، اما امروزه معلوم شده است که حرکت ماههای شناخته شدهٔ مشتری و زحل از قانون کلی او پیروی نمی‌کنند. نظریهٔ گردشباری دکارت دو نکتهٔ قابل توجه دیگر نیز داشت: نخست آنکه چون زمین برا ثر جریان گردشباری متعلق به خود به دوران آید، پس با حرکت زمین هوا یورش نمی‌آورد و اشوب ناشی از برخورد میان دو جریان، تنها در مرز بیرونی جریان سیّال زمین روی می‌دهد و ما از اسیب آن درامانیم. دوم آنکه می‌دانیم چیزهای خرد و کوچك به سوی مرکز جریان رانده می‌شوند.

۱۵. برپایهٔ قانون فِرِل Ferrel's Law این حرکت در نیمکرهٔ جنوبی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت و درنیمکرهٔ شمالی برخلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت است.

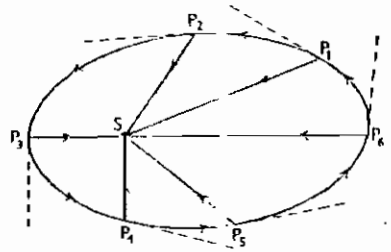
اگر زمین واقعاً در چنین مرکزی قرار داشته باشد، دست کم دست یافتن به تبیین سطحی از گرانش میسر می‌شود.

بر پایهٔ درستی پیش‌بینیهای هر فرضیه بایستی در باب آن داوری کرد. ناتوانی فرضیهٔ دکارت در این بود که از جهت ریاضی امکان گسترش نداشت و بنابراین امکان آزمایش ضروری آن نیز نبود. مسائل حرکت سیّال از گنجایش ریاضیات سدهٔ ۱۷ بیرون بود. برپایهٔ فرضیهٔ دکارت می‌شد پیش‌بینی کرد سیّارگان نزدیکتر به خورشید سریعتر حرکت می‌کنند، اما امکان نداشت رابطهٔ دقیقی را که می‌بایست میان فاصله‌ها و زمانهای گردش سیارگان باشد، از راه فرضیهٔ دکارت به دست اورد. امکان پیش‌بینی شکل مداری که سیّاره در نظام پیچیدهٔ گردشباری باید می‌پیمود، وجود نداشت. قانونهای حرکت سیّارگان با دقت ریاضی کپلر به دست آمد. حداقل چیزی که در آن وقت لازم بود، نظریهٔ مکانیکی قانع‌کننده‌ای بود تا قوانین کپلر از آن بیرون کند. به نظریاتی که تنها با مشخصات اصلی حرکت سیّارگان، آن هم به طور مبهم و کیفی توافق داشته باشد، دیگر نیازی نبود. زمان این گونه نظریات بسر رسیده بود و زمانه بی‌تاب نظریه‌ای بود که نتایج سنجش‌پذیر آن محاسبه پذیر باشد و تاب ازمون و رصدهای بسیار دقیق را بیاورد. اعتماد بیش از حد دکارت به تواناییهای خود و نتیجه‌هایی که بدون توجه به کارهای دیگران گرفته بود، تنها سبب شد او وقت زیادی بر سراین کار هدر دهد. او دست به تبیین افلاك زده بود، بی‌انکه بدرستی دانسته باشد چه چیزی می‌بایست تبیین می‌شد. با همهٔ اینها، نظریهٔ گردشباری دکارت جایگاه مهمی در تفکر سدهٔ ۱۷ دارد. مقایسهٔ میان دکارت و نیوتون کمك می‌کند تا به ماهیّت رشد روش نوین علمی که در استانهٔ پختگی و کمال بود، پی ببریم.

٤ مدار سیّارگان فرضیهٔ نیروی خورشید درآمدی براندیشهٔ نیوتون

اگر فرض کنیم سیّارگان در فضای تهی می‌گردند و از قانون لختی پیروی می‌کنند، برای تبیین حرکتهای آنها به نوع دیگری از نظریه نیاز هست. سیّاره‌ای که به حال خود گذاشته شود، به صورت یکنواخت و در خط مستقیم حرکت می‌کند. اما در واقع می‌دانیم مدار سیّاره به گرد خورشید بیضی است و خورشید در یکی از کانونهای بیضی واقع است. هرچه سیّاره به خورشید نزدیکتر شود، بر سرعتش افزوده می‌شود. در شکل ٤۲، S خورشید و P_1 تا P_6 مواضع پیاپی سیّاره‌اند. با مقایسهٔ این شکل با نمودار ٤۰، بسادگی می‌توان دید که با فرض نیرویی که همواره سیّاره را به سوی خورشید می‌کشد تا اندازه‌ای می‌توان این حرکت را تبیین کرد. اگر سیّاره در نقطهٔ P_1 یا P_2 باشد، بخشی از نیرو عمود بر مسیر حرکت سیاره وارد می‌شود و بخشی دیگر آن را به جلو می‌راند.

بنابراین، سیاره سرعت می‌گیرد و مسیرش به نسبت خورشید از حالت مستقیم خارج می‌شود. نیرویی که در نقطهٔ P_3 بر سیاره وارد می‌شود، برمسیر آن عمود است. در این نقطه سیاره سرعت نمی‌گیرد،



شکل ۴۳

اما مسیر آن همچنان به سمت خورشید خم می‌شود. چون در نقاط P_4 و P_5 بخشی از نیروی خورشید سیاره را به عقب می‌کشد، از سرعت آن کاسته می‌شود و هنگامی که سیاره به نقطهٔ P_6 می‌رسد، سرعتش به حداقل می‌رسد. ولی باز سیاره سرعت می‌گیرد. هر اینه نیروی وارد بر سیاره قطع شود، سیاره با همان بآرعتی که در لحظهٔ قطع نیرو داشته و در امتداد مماس بر مدار به حرکت خود ادامه می‌دهد.

این توضیحات، بدین‌صورت که هست، مبهم است و بنابراین همان عیب نظریهٔ گردشارها را دارد. در اینجا چند پرسش دشوار مطرح است. آیا نیرویی که خورشید وارد می‌کند، می‌تواند بتنهایی توجیهی برای حرکت برطبق قانون کپلر باشد؟ آیا این نیرو، نیروی ثابتی است؟ اگر نیست، پس نحوهٔ تغییر آن چگونه است؟ آیا فرضیهٔ چنین نیرویی، تنها فرضیهٔ پذیرفتنی است، یا فرضیه‌های دیگری هم هست که با واقعیتهای مشهود سازگار باشد؟ اگر چنین نیرویی وجود دارد، ماهیت آن چیست؟ نیوتون نخستین کسی بود که بدین پرسشها پاسخهای قانع کننده داد. مفهومهای بنیادی فیزیکی که پاسخهای نیوتون برآنها استوار شده، تراویدهٔ ذهن خود نیوتون نبود.[16] و اساساً این از ویژگیهای نوابغ بزرگ است. پیشرفتهای مهم در هر زمینه محصول کار کسانی است که کارهای پیشینیان خودرا مطالعه می‌کنند وارج می‌نهند. دستاوردهایی که نیوتون رابرای آنهابزرگ می‌دارند، اینهاست: او به اندیشه‌های پیشینیان دقت لازمی را که از آن برخوردار نبودند، بخشید؛ اندیشه‌هایی را که ناپیوسته انگاشته می‌شدند، به هم پیوند داد؛ بر دشواریهای ریاضی که دیگران را از میدان بدر رانده بود، با سهولتی چشمگیر غلبه کرد. دستاوردهای نیوتون شاهکار سترگ نظم و ارتباط و پیشرفت است. اگر او ۵۰ سال زودتر می‌زیست، بدشواری می‌توانست چنین شاهکاری بیافریند.

۱۶. دمورگان De Morgan با حروف نام نیوتون (Newton) بازی کرده و درباب او گفته است او با همان چیزهایی که نوابغ (not new) کار خود را پیش برد(went on).

۵ مفهومهای بنیادی نیوتونی قانونهای حرکت نیوتون اصول مکانیک و قانون لختی

مفهومهای بنیادی نیوتونی عبارتند از: مکان[17]، زمان[18] و جرم[19]. هر سه مفهوم قابل اندازه‌گیری و بررسی ریاضی‌اند. نیوتون مفهومهایی را که قابل اندازه‌گیری و بررسی ریاضی نبوده‌اند، از طبیعیات کنار گذاشته است. فیزیک نوین نیز به پیروی از نیوتون این مفهومها را از قلمرو خود بیرون رانده است. «تنفر» و «میل طبیعی» از جملهٔ مفهومهایی بودند که ارسطو به کمک آنها برای توصیف جهان مادّی کوشیده بود. در علوم دقیق[20] چنین مفهومهایی هیچ محلی از اعراب ندارد. البته این بدان معنی نیست که مردم احساساتی و رقیق احوال خیال کنند دانشمندان بیروحند و به عشق و نفرت یا زیبایی و عدالت اعتنا ندارند؛ بلکه معنایش این است دانشمند در تلاشی که برای فهمیدن رفتار اشیای بیجان می‌کند، این مفهومها را درکار خود دخالت نمی‌دهد.

می‌توان براساس مکان و زمان، حرکت را تعریف کرد. مثلاً سرعت، تغییر مکان در واحد زمان است و شتاب، تغییر سرعت در واحد زمان است.

ویژگیهای اصلی مادّه، امتداد[21] (در مکان) و استمرار[22] (در زمان) است. ویژگی سوم مادّه، جرم است که فهم آن به سادگی ممکن نیست. نیوتون از جرم تعریف رضایت‌بخشی به دست نداده است. برداشت او از مفهوم جرم، از چگونگی کاربرد آن آشکار می‌شود. او می‌گوید جرم هر جسم حاصلضرب حجم[23] و چگالی[24] آن است. اما این تعریف باز راهی به جایی نمی‌برد، مگر آنکه چگالی را بدون ارجاع به جرم تعریف کنیم. تعریف دیگری نیز هست که در پاره‌ای از کتابهای درسی بدون بحث و نقّادی آمده و از تعریفی که یاد شد، بهتر نیست. برپایهٔ این تعریف، جرم کمیّت مادّه در جسم است. این تعریف بطور ضمنی فرض را بر این می‌گذارد که همهٔ انواع مادّه، جدا از اختلافهای ظاهری در اصل همانندند. می‌شود این تعریف را پذیرفت، اما اگر هم بپذیریم، کاربرد چندانی نخواهد داشت. دلیلش این است که این تعریف به اینکه چگونه کمیّت مادّهٔ اصلی در هر جسمی را عملاً براورد کنیم، هیچ اشاره‌ای ندارد. اگر نظریهٔ نوین الکتریکی مادّه را اساس فرض خود بگذاریم، ممکن است این تعریف را به صورتی تغییر دهیم که بظاهر دقیق باشد. مثلاً بگوییم کمیّت مادّهٔ هر جسم را شمارهٔ اجزای اصلی تشکیل دهندهٔ آن ــ پروتون، الکترون و جز آنها ــ تعیین می‌کند. ناسودمندی عملی این مفهوم، خوب پیداست. اگر فرزندان آدم را از آغاز تاکنون یك به یك نام ببریم، به مراتب ساده‌تر از آن است که ذرات اصلی تشکیل دهندهٔ پاره سنگی را بشماریم.

17. space 18. time 19. mass 20. exact science 21. extention
22. duration 23. volume 24. density

با آنکه مفهوم جرم به فراوانی در آثار نیوتون به کار رفته، اما او برداشت خود را از آن مفهوم توضیح نداده است. جیمز کارك مکسول[۲۵] که در میان فیزیك ـ ریاضیدانان کیمبریجی تراز اول عصر ویکتوریا اصیلترین اندیشه‌ها را دارد، مفهوم نیوتونی جرم را بروشنی بیان کرده است. مکسول می‌گوید: اگر در شرایط یکسان و در زمان مفروض، اجسام دارای تغییرات حرکت برابر باشند، جرمشان برابر است. به سخن دیگر، شرایط مشابه به جرمهای برابر شتابهای برابر می‌دهد. چنانچه شتابها متفاوت باشند، جسمی که شتاب بیشتر داشته باشد جرم کمتری دارد. نسبت جرمها به عکس نسبت شتابهاست. فرض کنید که در شرایط مشابه دوجسم A و Á که دارای جرمهای m و ḿ هستند، شتابهای f و f́ پیدا کنند. در این صورت، $m/ḿ=f́/f$. می‌توان با این رابطه دربارهٔ نسبت جرم دو جسم، در نظر و در عمل، حکم کرد. دلیلش این است که می‌توان تغییرات حرکت آن دو جسم را دید و اندازه گرفت. احتمال شك هم باید داد، زیرا ممکن است در داوری نسبت به همانندی شرایط دچار لغزش شویم. مکسول برای بیان مقصود خود، فرض می‌کند که اجسام با مادهٔ کشسانی[۲۶] که تا اندازهٔ معینی از هم بازشده است، به نوبت کشیده شوند. او تأکید می‌کند فرض را براین بنیاد بگذاریم که جسم کشسان حالت اصلی خود را از دست نمی‌دهد.[۲۷] امکان این هست که برخی از تغییرات شرایط از دیدهٔ ما پنهان بماند. امّا علم که همیشه در جایی از کار بر داوری انسانی تکیه می‌کند، هیچ‌گاه یقین نمی‌آورد. با وصف این، اگر در مقایسهٔ جرمها دریابیم که چند کوشش جدا از هم به نتیجهٔ یکسانی می‌انجامد، منطقاً برای نتیجهٔ بدست آمده اهمیت خاصی قایل می‌شویم.

اندازه‌گیری هر جرم عبارت از سنجش آن با جرم استانده[۲۸] است.[۲۹] اگر جرم الف بر مبنای استانهٔ وزن ۲۰ کیلو وزن داشته باشد، شتاب آن ۱/۲۰ شتاب جرم استانده در همان شرایط است. واحدی که هم‌اکنون برای مقاصد علمی به کار می‌رود، گرم است.

[۳۰]باید میان جرم و وزن[۳۰] به دقت فرق گذاشت. وزن جسم نیرویی است که زمین جسم را با آن نیرو به سوی خود می‌کشد؛ و از جایی به جای دیگر فرق می‌کند. بنابراین، اگر جسمی را به فاصله‌ای چند از زمین دور کنیم، وزنش از مقداری که پیشتر داشته کمتر می‌شود، حال آنکه جرم آن

25. J. C. Maxwell 26. elastic

۲۷. از کتاب *Matter and motion* [ماده و حرکت] بخش ٤٥.

28. standard

۲۹. واحد اندازه‌گیری جرم در نظام استانهٔ انگلیسی براساس قطعه‌ای از طلای سفید به وزن یك پاوند است که از سال ۱۸٤٤ مبنای اندازه‌گیری وزن و جرم قرار گرفته است.

30. weight

با جابه‌جایی تغییر نمی‌کند. یعنی بلند کردن آن آسانتر می‌شود، ولی شتاب دادن بدان به هیچ وجه آسانتر نمی‌شود. اجسامی که وزن برابر دارند، دو کفهٔ ترازو را در یك تراز قرار می‌دهند. با هیچ دلیل منطقی معلوم نمی‌شود چرا اجسامی که جرم برابر دارند، باید وزن برابر نیز داشته باشند. همچنان که هیچ دلیل منطقی معلوم نمی‌دارد چرا چیزهای همرنگ، بویی همانند هم دارند. با این همه، آزمایشهای دقیق نشان داده جرمهایی که با معیار مکسول برابر شناخته شده‌اند، در واقع کفه‌های ترازو را هم در یك تراز قرار می‌دهند. روش سنجش جرمها که امروزه میان ما متداول است، بر بنیان همین واقعیت آزموده استوار است. این نکتهٔ مهم را از یاد نبریم که ما تنها از راه تجربه به این واقعیت پی برده‌ایم؛ همچنانکه به تجربه دریافته‌ایم بشر با خوردن گوشت پخته بیشتر عمر می‌کند تا با خوردن سیانور. خلاصه کنیم. فرض را براین بگذاریم جرم هر جسم معیار سنجش مقاومتی است که آن جسم در برابر هرگونه تغییر در سرعت یا جهت حرکت از خود نشان می‌دهد. اصطلاحهای «جبر یا لختی»[۳۱] و «جرم» که دانشمندان به کار می‌برند، مترادفند.

قانونهای حرکت، به مفهوم نیرو دقت بخشیده است. قانون اول حرکت که همان قانون لختی باشد، از نیرو تعریف کیفی می‌کند و آن را علت تغییر حرکت می‌داند. قانون دوم حرکت به تعریف کمّی می‌پردازد و چگونگی اندازه‌گیری نیرو را توضیح می‌دهد. بهتر است نخست اندازهٔ حرکت[۳۲] جسم را به حاصل ضرب جرم در سرعت آن تعریف کنیم. قانون دوم حرکت را می‌توان این طور بیان کرد:

نیرویی که بریك جسم وارد می‌شود، با تغییر اندازهٔ حرکت آن جسم در واحد زمان متناسب است؛ و جهت نیرو همان جهت تغییر اندازهٔ حرکت جسم است.

بنابراین، از تاثیر مشهود نیرویی که بر جسم وارد شده، می‌توان جهت و مقدار نیرویی را که به کار رفته برآورد کرد. نیروی مفروضی که در زمان مفروض وارد می‌شود، همواره تغییر اندازهٔ حرکت یکسانی به بار می‌آورد. تغییر اندازهٔ حرکت به صورت تغییر سرعت اندك در جرم زیاد یا تغییر سرعت زیاد در جرم کم است.

قانون سوم حرکت می‌گوید که عمل[۳۳] و عکس‌العمل[۳٤] همیشه برابر هم و خلاف جهت همند. معنی این قانون این است که هرگاه الف نیرویی بر ب وارد کند، ب هم به خودی خود نیرویی برابر و در خلاف جهت بر الف وارد می‌کند. چنانچه بر اثر عامل الف، براندازهٔ حرکت ب افزوده شود، به همان نسبت بر اثر عامل ب از اندازهٔ حرکت الف کاسته می‌شود. اگر الف اندازهٔ حرکت معیّنی و در جهت معیّنی به ب بدهد، ب نیز باید اندازهٔ حرکتی برابر با اندازهٔ حرکت الف، اما در جهت مخالف آن، به الف منتقل کند.

31. inertia 32. momentum 33. action 34. reaction

برای مثال، تصوّر کنید ماشین بارکش الف به جرم ۲ تن، به هنگام سبقت گرفتن از ماشین بارکش ب به جرم ٤ تن، با آن برخورد کند. فرض کنید از نتیجهٔ این برخورد، به سرعت ب دو کیلومتر در ساعت افزوده شود. براثر نیروی الف که ب را به پیش رانده است، اندازهٔ حرکت ب ۸ واحد افزایش یافته است. پس بر پایهٔ قانون سوم حرکت، نیرویی که خود به‌خود و متقابلاً از ب بر الف وارد می‌آید، اندازهٔ حرکت الف را ۸ واحد کاهش می‌دهد. چون جرم الف دو تن است، پس می‌بایست از سرعت آن ٤ کیلومتر در ساعت کم شود.

در کوششی که برای فهمیدن مفهوم نیوتونی نیرو به کار می‌بندیم، باید به آنچه این قانون تلویحاً به آن اشاره دارد همان‌قدر توجه کنیم که به آنچه این قانون تصریحاً بیان می‌کند. قانون سوم حرکت تلویحاً می‌گوید نیرو تا وقتی می‌تواند وجود داشته باشد که جسمی آن را وارد کند و جسم دیگری نسبت به آن عکس‌العمل نشان دهد. اساساً نیرو تاثیر جسمی بر جسم دیگر است، نه چیزی که وجود مستقل داشته باشد و بتواند در تماس با اشیاء برآنها تاثیر بگذارد. قانون سوم حرکت به این نکته اشاره دارد که نیروی عمل و عکس‌العمل همیشه همراه همند. اگر آهن به سوی آهنربا کشیده نشود، آهنربا نمی‌تواند آهن را به سوی خود بکشد. اگر پاره سنگ زمین را بالا نکشد، زمین نمی‌تواند پاره‌سنگ را به پایین بکشد. البته اگر اختلاف دو جرم خیلی زیاد باشد، تغییر سرعت در جرمهای بزرگتر آن قدر کم است که محسوس نخواهد بود.

اگرچه قانون سوم حرکت مربوط به عکس‌العمل اجسام مادّی است، اما به این عقیدهٔ ارسطویی که هر جسم، تنها در تماس با جسم دیگر می‌تواند برآن تاثیر بگذارد، ناظر نیست. در واقع مکانیک نوین با مکانیسمهایی که (درصورت وجود) اجسام از طریق آنها بر حرکت یکدیگر تاثیر می‌گذارند، کار ندارد. بلکه به پذیرش این واقعیت بسنده می‌کند که اجسام بریکدیگر تاثیر می‌گذارند و راههای پیش‌بینی میزان تاثیر در هر مورد معین را نیز فراهم می‌آورد. بررسی پیوندهای مشترک و توصیف دقیق پدیده‌های طبیعی خاص ــ نه تبیین غایی آنها ــ که موضوع مکانیک نوین است، اساساً موضوعی تازه و نشانهٔ گامی در جهت جدایی علم از مابعدالطبیعه است. این جدایی از اهمیت بسیاری برخوردار است، زیرا دانشمندان در یافتن وظیفهٔ خاص خود و نپرداختن به غیرآن، مطمئناً دستاوردهای بیشتری به چنگ آورده‌اند. این جدایی اگر رویداد خوشایندی نباشد، واقعیت پراهمیتی که هست.

اصول مکانیکی کلی که از آنها یاد کردیم، بیان آرایی هستند که پس از تأمل کافی بر بنیاد تجربه استوار شده‌اند. با وصف این، نمی‌توان این آراء را با آزمایش مستقیم به ثبوت رساند. قانون اول حرکت مشکلی حل نشدنی پیش روی ما می‌نهد. اگر بخواهیم درستی این قانون را بیازماییم، باید جسمی در اختیار داشته باشیم که نیرویی برآن وارد نشده باشد؛ یعنی جسم از دایرهٔ تاثیر اجسام دیگر به دور باشد. و این کار شدنی نیست، کما اینکه خود ما باید حاضر باشیم تا آنچه را روی

می‌دهد، به چشم ببینیم.[۳۵]

هر نظامی می‌بایست همچون کل مستقر شود یا فروبپاشد. نظام مکانیکی مانند نظامهای دیگری که از اصول طبیعی تشکیل یافته‌اند، از پشتیبانی غیرمستقیم تجربه برخوردار است. ما به جای آنکه درستی اصول را بیازماییم، می‌توانیم درستی نتایج منطقی آن اصول را در بوتهٔ آزمایش بگذاریم. ما به آن اصول اعتقاد داریم، زیرا مشاهده گواه استنتاجهایی است که از آن اصول می‌کنیم. با وجود این، نباید اصول را در معنای مطلق کلمه «درست» شمرد. آنها به سان نقطه آغازی هستند که محاسبهٔ حرکت اجسام مادّی از آنجا آغاز می‌شود. ما را هیچ حقی نیست، که دربارهٔ آن اصول، ادعایی بیش از این داشته باشیم.

٦ نیوتون و حرکت سیّارگان

اعتبار علمی نتایج ریاضی **قانون گرانش عمومی** **انتشار کتاب *اصول* نیوتون**

نیوتون و قانونهای کپلر

بدین سان بود که نیوتون مجهز به برداشت دقیقی از سرعت، شتاب، اندازهٔ حرکت و نیرو که از مفهومهای بنیادی مکان، زمان و جرم قابل اندازه‌گیری فراهم آمده بود، به بررسی مسائل حرکت سیّارگان پرداخت. نیوتون تنها کسی نبود که چنین مفهومهای فیزیکی کلی‌ای در ذهن داشت، بلکه شاید در میان همگنانش نسبت به این مسائل احساسی تیزتر داشت. امّا او از یک جهت در میان معاصرانش بی‌همتا بود. توانایی ریاضی او به توانایی ریاضی ارشمیدس شباهت داشت و دلیل اصلی پیروزی او و شکست دیگران در همین بود. معاصران نیوتون که جملگی از چهره‌های مهم تاریخ ریاضیات بشمار می‌روند، با تردید و اکراه کمی به برتری ریاضی او اذعان داشته‌اند؛ حال آنکه این گونه اظهارات غالباً میان این گونه اشخاص مرسوم نیست. آیزاک بَرُو[۳۶] از استادی کرسی ریاضیات لوکاس[۳۷] استعفا داد تا نیوتون ۲٦ ساله بتواند برآن مسند بنشیند. حتی هنگامی که نیوتون در سنین پیری ریاست ضرّابخانه را برعهده گرفت و دیگر اوقات خود را به جدّ صرف ریاضیات نمی‌کرد، مسئلهٔ حرکت در کوتاهترین زمان[۳۸] را ظرف چندساعت حل کرد؛ حال آنکه آن مسئله ذهن

---

۳۵. هرچند قانون لختی را از راه تجربه *نمی‌توان اثبات کرد*، اما گالیله با مشاهده به آن پی برده بود. اگر جسمی پس از فروغلتیدن از سطح شیبدار بتواند به حرکت خود در سطح مستوی ادامه دهد، سرعتش دیگر افزایش نمی‌یابد و پس از آن تقریباً بصورت یکنواخت حرکت می‌کند.

36. Isaac Barrow 37. Lucas

۳۸. مسئلهٔ brachistochrone. محاسبهٔ مسیری که جسم براثر نیروی گرانش با بیشترین سرعت از نقطهٔ مفروضی تا نقطهٔ مفروض دیگر فرود می‌آید و از سطحی به سطح پایین‌تری می‌رسد.

لایبنیتز[39] ــ رقیب اصلی نیوتون در قارهٔ اروپا ــ را برای شش ماه به خود مشغول داشته بود.

اگرچه نظریهٔ نیوتونی حرکات سیارگان تا سال ۱۶۸۷ که کتاب *اصول* انتشار یافت اعلام نشده بود، نیوتون از ۱۶۶۶ با جدیت روی آن نظریه کار کرده بود. پرسشهایی را که او می‌بایست پاسخ می‌گفت، اینها بود: (۱) آیا نیرویی که سیّارگان را به سوی خورشید می‌کشد، می‌تواند بتنهایی علت حرکت آنها بر طبق قوانین کپلر باشد؟ (۲) آیا این نیرو ثابت است؟ اگر نیست، پس چگونه تغییر می‌کند؟ (۳) آیا فرضیهٔ چنین نیرویی تنها فرضیهٔ معقول است؟ (٤) اگر چنین نیرویی هست، ماهیت آن چیست؟ بهتر است نخست پاسخهای نیوتون را به ترتیب منطقی، و نه به ترتیب تاریخی، بررسی کنیم.

نیوتون قانونهای حرکت را مقدمات فرض خود قرار داد و با نتیجه‌گیری ریاضی محض و بدون آنکه به مفروض فیزیکی دیگری بیاویزد، ثابت کرد اگر، و *فقط اگر*، نیرویی که بر سیّاره وارد می‌شود به سوی خورشید متوجه باشد، حرکت سیّاره تابع قانون دوم کپلر است. بنابراین، لازمهٔ قانون سطوح برابر، وجود نیرویی به سوی خورشید است؛ و لازمهٔ وجود چنان نیرویی، وجود قانون سطوح برابر است.

نیوتون پس از آن ثابت کرد اگر سیّاره از قانون اول کپلر پیروی کند، پس نیروی F که از خورشید وارد می‌شود، می‌بایست به نسبت عکس مجذور فاصلهٔ سیاره (r) از خورشید تغییر کند. یعنی اگر k رقم ثابت باشد، $F=k/r^2$. بنابراین، حرکت در مدار بیضی که خورشید در یکی از کانونهای آن قرار داشته باشد، لازمه‌اش قانون نیروی عکس مجذور است؛ هرچند این قانون لزوماً ناظر به حرکت بیضوی نیست، بلکه همان طور که نیوتون نشان داده، مستلزم حرکت روی یك مقطع مخروطی است. اگرچه مدار سیّارگان عملاً بیضی است، اما ممکن است جسمی براثر نیروی خورشید روی یك مقطع مخروطی دیگر حرکت کند ــ نوع مقطع مخروطی‌بستگی به این دارد که جسم در اصل چگونه و از کجا حرکت خود را آغاز کرده است.

تا حرکت یك سیّاره با سیّاره دیگر سنجیده نشود، قانون سوم کپلر هم وارد کار نمی‌شود. بنابراین، اکنون می‌توان حرکت سیّاره‌ای واحد (پرسشهای ۱ تا ۳) را به این شرح پاسخ داد: با فرض اینکه قانونهای حرکت راستند ــ چون هیچ دلیل خاصی نیست تا در این باب تردید کنیم ــ نیرویی که به سوی خورشید متوجه باشد و به نسبت عکس مجذور فاصلهٔ سیّاره تا خورشید تغییر کند، به تنهایی کافی است تا حرکتهای مشهود سیّارگان را بر پایهٔ قانون اول و دوم کپلر توضیح دهد. نوع دیگری از نیرو نمی‌تواند سبب پیدایش چنین حرکتی باشد.

اینك بجاست آنچه را در فصل یکم پیرامون اعتبار علمی نتیجه‌های ریاضی آوردیم، به یادآریم.

39 Leibnitz

بی‌شبهه نتیجه‌های ریاضی از مقدمات ریاضی پیروی می‌کنند، اما همین نتیجه‌های ریاضی، به عنوان حُکمهای واقعیت خارجی، قابل اعتمادتر از مقدمات خود نیستند. نیوتون وجود نیرویی که سیارگان را برپایهٔ قانون عکس مجذور به سوی خورشید بکشد، *ثابت نمی‌کند*. آنچه او ثابت می‌کند، این است: مادام که ما قانونهای حرکت و حکمهای تجربی کپلر را قبول داشته باشیم، منطقاً ناگزیریم به وجود چنان نیرویی معتقد باشیم. عقیده، معرفت یقینی نیست. عقیده به چیزی داشتن، تنها بدین معنی است که به چیزی اطمینان کافی داریم، و طوری عمل می‌کنیم که گویی در واقع نیز چنین است. در این معنی، ممکن است به حکمهای کلی در باب جهان فیزیکی معتقد باشیم. اما چنین عقیده‌ای، هرچند هم استوار، هرگز تزلزل‌ناپذیر نتواند بود. غالباً شاهدهای اعتقاد علمی تا اندازه‌ای ریاضی است. بنابراین، حلقه‌های ریاضی زنجیرهٔ اعتقاد ما از قطعیتی برخوردار است که حلقه‌های دیگر از آن برخوردار نیستند. و این حلقه‌ها ممکن است جوّ قطعیّت دروغینی پیرامون کل شاهدهایی که در دست داریم، به وجود آورد. این خطر آنگاه به منتهای درجهٔ خود می‌رسد که بررسی ریاضی، چون نظریهٔ نیوتون درباب حرکات سیارگان، این همه گیرا و درخشنده باشد. چه بسا ممکن است اصالت و نیرومندی استدلال قیاسی، ما را از راه دور کند و عیب و ایرادهای فرضیه را از دیده پنهان دارد.

گرچه پرسش (٤) منطقاً آخرین پرسش است، اما نیوتون نخست بدان پرداخت. پاسخ نیوتون به سالهای ۶-۱۶۶۵ و زمانی که او هنوز دانشجوی دورهٔ لیسانس بود، بازمی‌گردد. چند فقره از مهمترین کشفیات او مربوط به همین سالهاست و این همان ایامی بود که او از ترس طاعون به ولایت لینکُن شیر[40] گریخته و درخانه‌ای واقع در ناحیهٔ وولسْتُورپ[41] سکونت گزیده بود. نیوتون در آن وقت به محاسبهٔ نیروی جاذب خورشید که به نسبت عکس مجذور فاصله تغییر می‌کند، نپرداخته بود؛ اما پیش از آن، درباب وجود چنان نیرویی که حرکات مشهود سیّارگان را از هرحیث تعلیل می‌کرد، گمانهایی زده بود. او با کار بر روی آن گمانها به بررسی نوع ماهیت آن نیرو پرداخت. نیوتون به این نتیجه رسید که نیروی جاذب خورشید همان نیرویی است که علت فروافتادن اجسام به زمین است.

در همان شرایطی که نیوتون به صرافت پاسخگویی به آن پرسشها افتاد، پاسخهای ساده و قانع‌کنندهٔ او نیز یافته شد. همین که کوشش برای پیوندزدن اخترشناسی نوین یا مکانیك نوین آغاز گردید، نیاز به نیرویی که به سوی خورشید متوجه باشد نیز آشکار شد. آن دو موضوع همچون دو قوس طاق فراز آمدند. وبرای اینکه دو قوس یکدیگر را نگاه دارند، پیوند گاهی لازم است، تا آن دو را به هم نگاهدارد. در این مورد پیوندگاه نیرویی است که سیّارگان را به سوی خورشید و ماهها را به

40. Lincolnshire 41. Woolsthorpe

سوی سیّارگان جذب می‌کند. همین که چنین نیرویی یافت می‌شد، ساخت نوین مفهومهای علمی بیدرنگ می‌توانست پابرجا شود. گرانش به گونه‌ای که منظور ارسطو بود، نمی‌توانست مقصود را تامین کند. برداشت نویز از گرانش، یعنی برداشت کسانی که دیدگاه خورشید ـ مرکزی داشتند، همان برداشت لازم بود. تا وقتی برای زمین جایگاهی بی‌همتا و در مرکز عالم قائل بودند، طبیعی بود که گرانش را تنها ویژهٔ زمین پندارند. به عقیدهٔ آنها، همهٔ اجسام سنگین میل به برگشت به مرکز زمین داشتند، زیرا آنرا طرح جهان هستی جایگاه این اجسام در مرکز زمین مقرر شده بود و اگر اجسام از مرکز زمین دور می‌شدند، میل طبیعیشان آنها را به بازگشت به آن مرکز برمی‌انگیخت. در منظومهٔ کوپرنیکی، این عقیدهٔ جازم ارسطویی بکلی فروریخت؛ زیرا در نظام کوپرنیکی زمین مقامی ممتاز نداشت و تنها یکی از چند جرم فلکی بود که همانند بودند و بر یکدیگر برتری نداشتند. از آنجا که اجسام نزدیک زمین به زمین جذب می‌شدند، پس با عقل سازگار می‌بود اگر اجسام نزدیک مشتری جذب مشتری و اجسام مجاور خورشید، جذب خورشید شوند و به همین نحو. بنابراین، نیروی گرانش نه به عنوان نیروی ویژهٔ مرکز فرضی جهان، بلکه به عنوان نیرویی متعلق به هر جسم مادّی بزرگ قلمداد شد.

نیوتون این مفهوم نو را در کلی‌ترین حالتش اخذ کرد و فرض را بر آن نهاد که هر جزء مادّه، هر ذرهٔ مادی دیگری را به خود جذب می‌کند. از این رو نیروی جاذبه را نه تنها به اجسام بزرگ، بلکه به همهٔ اجسام و قطع نظر از اینکه چه اندازه‌ای داشته باشند، نسبت داد. در عین حال فرض کرد نیروی جاذبهٔ اجسام با هر فاصله‌ای که نسبت به یکدیگر داشته باشند، برهم تاثیر می‌گذارند و البته هرچه فاصله بیشتر باشد، از نیروی جاذبه بیشتر کاسته می‌شود. نیروی جاذبه‌ای که از سوی جسم بزرگی وارد می‌آید و حاصل جمع نیروی جاذبهٔ ذرات آن جسم است، طبعاً بیشتر از نیروی جسم کوچکی است که از ذرات کمتری تشکیل شده است.

نیوتون برای آنکه صورت ریاضی دقیقی به این مفهوم ببخشد، به دو فرض قائل شد: اول آنکه جاذبهٔ میان دو جسم، متناسب با حاصل‌ضرب جرم آن دواست. این واقعیت که وزن اجسام نزدیک زمین متناسب با جرم آنهاست و به تجربه معلوم شده، آن فرض را قویاً تایید می‌کند. دوم آنکه جاذبه، متناسب با عکس مجذور فاصلهٔ اجسام است. با این همه، نیوتون نشان نداده بود که این قانون با مدارهای بیضوی سیارگان هست یا نه، بلکه آن را فرضی عادی به شمار آورده بود. و البته او تنها کسی نبود که در زمان خود به آن فرضیه رسیده بود. این فرضیه دربارهٔ هر تاثیری که از یک نقطه در همهٔ جهتها صادر شود، خردپذیر می‌نماید. به فاصلهٔ یک واحد از آن نقطه، نیرو روی کره‌ای فرضی به شعاع یک واحد گسترده می‌شود. درفاصلهٔ دو واحد این نیرو در کره‌ای به شعاع دو واحد، یعنی چهار برابر مساحت پیشی گسترده می‌شود. پس در این حالت، آن نیرو باید ¼ شدت پیشی خود را داشته باشد. با توجه به این استدلال هندسی، در موردهایی که از پدیده‌هایی چون گرانش، جاذبهٔ

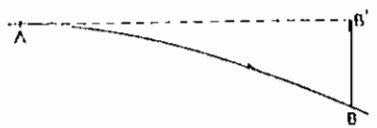
الکتریکی و انتشار نور بحث در میان باشد، قانون عکس مجذور بی‌درنگ به ذهن می‌خلد؛ و هرچند برقرار بودن آن این سان محتمل می‌نماید، اما پاسخ هرمورد را تنها با ازمایش و مشاهده می‌توان یافت.

نیوتون از راه گمان به قانونی دست یافت که بعدها به قانون گرانش عمومی[42] شهرت یافت. این قانون می‌گوید:

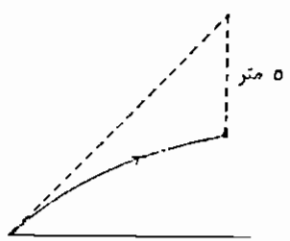
هر دو ذرهٔ مادّی، مثلاً P و P' که دارای جرم m و m' باشند، یکدیگر را با نیروی F جذب می‌کنند که از فرمول $F=Gmm'/d^2$ به دست می‌آید و دران d فاصلهٔ میان دوجسم است. که در همه جا و برای همهٔ انواع ماده ثابت است، ثابت گرانش[43] نامیده می‌شود. G بسیارکوچک است، بنابراین جاذبه هنگامی محسوس است که دست کم یکی از دو جرم بزرگ باشد. نخستین بار هنری کاوندیش[44] مقدار G را در سال ۱۷۹۷-۸ به دقت اندازه گرفت. نیوتون توانست ثابت کند قانون سوم کپلر نتیجهٔ هندسی ثابت بودن G در سراسر منظومهٔ خورشیدی است.

مطمئناً گرانش عمومی نیروهای لازم را وارد می‌کند و سیّارگان و ماههای آنها را در مدارهای خود نگاه می‌دارد. اما کار نیروی گرانش منحصر به این نیست. ما با مسئلهٔ پیچیدهٔ منظومهٔ خورشیدی روبه‌رو هستیم که هر ذره‌ای در این منظومه هر ذرهٔ دیگر را جذب می‌کند. تنها در اساس نیرویی که خورشید بر مریخ وارد می‌کند، نمی‌توان رفتار مریخ را بدقت پیش‌بینی کرد. در رفتار مریخ، لاجرم نیروهای سیّارگان دیگر و اقمار را باید موثر دانست. با این حال، چنانکه نیوتن خود گفته است، نیروی *غالب* بر مسیر حرکت هرسیّاره، نیروی خورشید است؛ زیرا جرم خورشید به مراتب بیشتر از جرم سایر اجسام منظومهٔ خورشیدی است. به این لحاظ تنها با بررسی نیروی جاذبهٔ خورشید می‌توان حرکت سیّاره را با تقریب خوبی محاسبه کرد.

نیوتون بر پایهٔ این فرض که جاذبهٔ زمین تا ماه امتداد دارد، ازمایش فرضیهٔ گرانش عمومی را نخست در سال ۱۶۶۶ اغاز کرد. خط ممتد AB (در شکل ٤٤) نشانهٔ بخشی از مدار ماه است که



شکل ٤٤



شکل ٤٥

42. Law of Universal Gravitation 43. constant of gravitation

در یك ثانیه طی می‌شود. خط نقطه‌چین، خط مماس برمدار در نقطهٔ A است. اگر بر ماه نیرویی وارد نشود، یك ثانیهٔ بعد در امتداد مماس به نقطهٔ B می‌رسد. بنابراین ظرف یك ثانیه، مدار ماه به اندازهٔ فاصلهٔ BB انحراف پیدا می‌کند. از زمان گردش ماه و اندازهٔ مدار آن بسادگی می‌توان فاصلهٔ BB را محاسبه کرد. شاید بد نباشد که در اینجا حرکت ماه را با حرکت سنگی در نزدیکی سطح زمین مقایسه کنیم. فاصلهٔ ماه از مرکز زمین فرضاً حدود ۶۰ برابر فاصلهٔ سنگ تا مرکز زمین است. بنابراین، اگر شدّت گرانش زمین به نسبت عکس مجذور فاصله تغییر کند، تأثیر گرانش بر سنگ نزدیك به ۳۶۰۰ برابر تأثیر آن بر ماه است. سنگی که در نزدیکی سطح زمین از بالا به پایین پرتاب شود، در ثانیهٔ اول در حدود ۵ متر از مسیر اصلی حرکت خود پایین‌تر می‌افتد (شکل ۴۵). بنابراین، اگر BB حدود $\frac{1}{3600}$ از ۵ متر باشد، پس دلیل محکمی در دست ماست تا براساس آن، نیرویی که ماه را در مدار خود نگاه می‌دارد، همان نیرویی بدانیم که سنگ را فرو می‌کشد.

زمین و ماه چنان نزدیك به همند (البته با معیارهای اخترشناختی) که عملاً فاصلهٔ آنها از خورشید به یك اندازه است. به همین سبب تأثیر خورشید بر آن دو عملاً برابر است. هرتغییری که خورشید در حرکت زمین بدهد، تغییر حرکت برابری را در ماه به همراه دارد. حرکت نظام زمین ـ ماه در مجموع و به نسبت سایر سیارگان منظومهٔ تابع تأثیر خورشید است، اما حرکت ماه به اندازه‌ای به حرکت زمین وابسته است که گویی اصلاً خورشیدی در میان نیست. ماه و زمین به دو همرقص می‌مانند که در تالار رقص کشتی با هم می‌رقصند و حرکتهایشان به نسبت یکدیگر و با نیرویی که برهم وارد می‌کنند، تعیین می‌شود. حال آنکه حرکتشان نسبت به دریا تابع حرکت کشتی است. به همین دلیل نیوتون در این محاسبهٔ خاص مجاز بوده تأثیر نیروی خورشید را نادیده بگیرد.

مطابقت نظریه و واقعیت در باب حرکت ماه مطابقت چنان نزدیکی نبود که تضمینی برای نتیجه‌گیری دقیق باشد. از این رو نیوتون محاسباتی را که در ۱۶۶۶ کرده بود کنار گذاشت، اما این نومیدی گذرا اعتقاد او را به تأثیر عمومی گرانش واژگون نساخت. برای توجیه اختلاف حرکت سه احتمال می‌رفت: (۱) ممکن بود گذشته از گرانش، نیروی دیگری در کار باشد ــ مانند تأثیر نیروهای کِرِدشارها که دکارت پنداشته بود. نیوتون نخست طرفدار این توجیه بود. (۲) او در محاسباتش فرض را براین نهاد که حرکت جسم بزرگی مانند زمین (ازنظر گرانش) به گونه‌ای است که گویی همهٔ جرم آن در مرکزش جمع شده است. در واقع این فرض برای اجسام کروی درست است، اما در سال ۱۶۶۶ راستی آن هنوز مورد تردید بود. (۳) ممکن بود اندازه‌ای که برای فاصلهٔ ماه و شعاع زمین درنظر می‌گرفتند، نادرست باشد. بعدها معلوم شد که توجیه درست قضیه همین بوده است، اما ظاهراً در آن وقت، مورد توجه او قرار نگرفته بود.

بنابراین، گرچه ماه دقیقاً دارای همان حرکتی که فرضیه پیشنهاد می‌کرد نبود، در عین حال دلیل کافی به دست نیامده بود تا مفهوم گرانش عمومی بیدرنگ کنار گذاشته شود. اما نیوتون تا سال ۱۶۷۹ به این نکته کمتر توجه کرد، تا اینکه در آن سال نامه‌ای از رابرت هوك رسید و این نامه دوباره او را به فکر واداشت. نامهٔ هوك علاوه براینکه نیوتون را آگاه ساخت که در آن راه تنها نیست، به محاسبهٔ تازه‌ای که از شعاع زمین شده بود، اشاره کرده بود. این محاسبه را ژان پیکار[۴۵]، اخترشناس فرانسوی در سال ۱۶۷۲ انجام داده بود و نیوتون هیچ اطلاعی از آن نداشت. با این دادهٔ جدید، نیوتون محاسبات را از سر گرفت. اینك مطابقت نظریه و واقعیت بقدری نزدیك بود که جای هیچ تردیدی باقی نمی‌گذاشت. نیوتون یکباره دریافت کلید حل تبیین مکانیکی حرکات سیّارگان در دست اوست.

به همین دلیل او روی نتایج ریاضی اصل گرانش عمومی به تفصیل کار کرد و به کشف امکان نتیجه‌گیری قانونهای کپلر از این راه نایل آمد. او با آنکه شمه‌ای از این کشفیات خود را در سخنرانیهای دانشگاه کیمبریج باز می‌گفت، اما نتیجهٔ کشفیات خود را انتشار نمی‌داد. خبر پیروزیهای او جسته و گریخته به گوش رابرت هوك، کریستوفر رن[۴۶]، ادموند هالی و دیگر اعضای انجمن سلطنتی که آنها نیز در همین زمینه‌ها کار می‌کردند اما چیره‌دستی ریاضی نیوتون را نداشتند، رسید. آنها تصمیم گرفتند با نیوتون تماس بگیرند. هَیْلی در ۱۶۸۴ راهی کیمبریج شد تا از او استمزاج کند. او با خبرهای تازه‌ای از نزد نیوتون بازگشت. نیوتون تأثیر نیروی خورشید را که به نسبت عکس مجذور فاصله تغییر می‌کند، پیش از آن محاسبه کرده بود. هَیْلی از نیوتون قول گرفت به شرطی که انجمن هزینهٔ چاپ اثر او را تأمین کند، او نیز کار خود را تکمیل کند و انتشار دهد. نیوتون از بحث و جدل نفرتی بیمارگونه داشت. این خلق و خوی او نخستین بار در مناقشهٔ تندی که میان او وهوك درگرفته بود، ظاهر شده بود. چندسال پیش از آن، هوك جسارت ورزیده و نخستین اکتشافات نوری نیوتون را نقّادی کرده بود. انجمن به هیلی سفارش کرده بود کاری کند که «اقای نیوتون سرقول و قرارش بماند.» اما اگر دوشیدن گاو نر حاصلی می‌داشت، نیوتون هم اندیشه‌های خود را بروز می‌داد. انتشار کتاب *اصول*[۴۷] (۱۶۸۵-۷) بیشتر مرهون کیسهٔ فتوت هیلی بود. او به لطائف الحیل نیوتون کج خلق را ترغیب به انتشار کتاب کرد و چون انجمن از عهدهٔ چاپ کتاب برنیامد، هزینهٔ چاپ را شخصاً پرداخت.

---

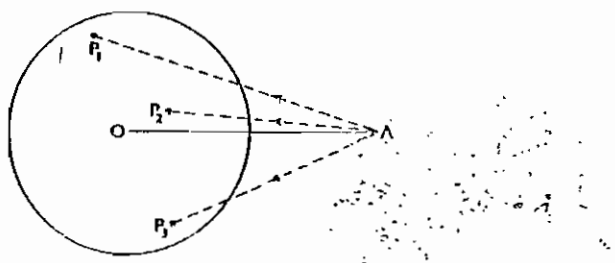
44. Henry Cavendish 45. Jean Picard 46. Ch. Wren

۴۷. عنوان کامل کتاب، *اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی* است: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*

۷ اصول نیوتون تأثیر نیوتون در ریاضیات

کتاب *اصول* قانونهای حرکت و گرانش عمومی را با نظم و دقت بیان می‌دارد و نشان می‌دهد که با کاربرد این قوانین چگونه می‌توان حرکتهای اجسام را پیش‌بینی کرد و سپس نتیجه‌های به دست آمده را برای مقایسهٔ خورشیدی به کار بست. در کتاب نشان داده شده اگر از نیروهای کوچکی که سیارگان بریکدیگر وارد می‌آورند و باعث اغتشاش در حرکت آنها می‌شود چشم‌پوشی شود، قوانین کپلر دو به دو نافذ خواهد بود. حتی فهم این نکته فراتر از توانایی معاصران نیوتون بود. اگر نیوتون از این حد پیشتر نمی‌رفت، باز چهره‌ای تابناک بود. اما او با استعداد شگفتی‌انگیزش به کار ادامه داد و بسیاری از اختلافهای جزئی را که نسبت به قوانین دقیق کپلر وجود داشت، محاسبه کرد. از این گذشته ، نشان داد گرانش خورشید و ماه، کشندها (جزرومد) و حرکت تقدیمی محور زمین را از هر حیث توجیه می‌کند.

مشکلی که ذهن نیوتون را چندگاهی به خود مشغول داشت، از شکل ٤٦ فهمیده می‌شود. O مرکز سیاره و A جسم کوچکی در نزدیکی سیاره است. برپایهٔ قانون گرانش عمومی، ذرات گوناگون P_1 و P_2 و P_3 و مانند آنها) که ذرات تشکیل دهندهٔ سیاره بشمار می‌آیند، A را با نیروهای متفاوت و درجهتهای گوناگون به سوی خود می‌کشند. حاصل جمع تأثیر کششهای بیشمار پراکنده چیست؟ این پرسش، چندان ساده نیست. می‌توان پنداشت (و بی‌آنکه از واقعیت زیاد دور شد) که سیاره کروی است و چگالی آن در همهٔ نقاط و تا ژرفای معینی از سطح آن به یك اندازه است.



شکل ٤٦

نیوتون به همین فرض قائل شد و سپس ثابت کرد اگر همهٔ جرم سیاره در نقطهٔ O متمرکز باشد، نیروی موثر بر A تغییری نمی‌کند. پیداست که این قضیه هنگامی که فاصلهٔ OA آنقدر زیاد باشد که قطر سیاره در قیاس با آن فاصله، ناچیز بنماید، تقریباً درست است؛ زیرا خطوط AP_1 و AP_2 و AP_3 و جز آنها تقریباً موازی همند و اختلاف طولشان نسبتاً کم است. اما نکته‌ای که بیشتر دارای اهمیت است، این است که حتی اگر A عملاً هم در سطح سیاره باشد، قضیه عیناً به قوت سابق خود باقی است.

این نتیجه‌گیری آنقدر ساده و زیباست که همان سادگی و زیبایی در راستی آن ایجاد تردید می‌کند. به سخن دیگر، نتیجه‌گیریهای نیوتون از قانون گرانش، تنها تقریب و تخمین بجا نبود، بلکه برداشتهایی تقریباً دقیق بود. نیوتون در محاسباتش خورشید و سیارگان را ضرورتاً چون جرمهای نقطه‌ای در نظر گرفته بود، امّا اکنون می‌دانست با این کار مرتکب خطای بزرگی نشده است. بویژه مقایسهٔ اصلی او از گردش ماه و فروافتادن سنگ از هر حیث قانع‌کننده می‌نمود. چون حرکت سنگ در مجاورت سطح زمین است، اگر او درباب این حرکت خطا می‌کرد، ممکن بود خطای او از فرض تمرکز جرم در مرکز زمین ناشی شود، و در این صورت، این اشتباه بسیار فاحش بود.

سراسر کتاب *اصول* در ۱۸ ماه (۱۶۸۵-۶) نوشته شد. منتقدین با صلاحیت همرایند که این کتاب از حیث اصالت و استحکام از مرز همهٔ کارهای علمی فراگذشته است. در هیچ زمینه‌ای بسادگی نمی‌توان آفریده‌ای انسانی را نشان داد که با کتاب *اصول* برابری کند. پیش از آنکه نیوتون کار نوشتن کتاب را آغاز کند، بیشتر مطالب بخش نخستین کتاب را که دربارهٔ نظریهٔ مکانیك و گرانش عمومی است، در ذهن خود پرورانیده بود؛ اما با وصف این، ناگزیر بود همان مطالب رابازبینی و تکمیل کند و با ساختی منطقی بپردازد. در بخش بعدی کتاب، با استنتاج از اصول کلی، حرکتهای منظومهٔ خورشیدی به تفصیل بررسی شده است. از رخسار این بخش گمان می‌زنند که بیشتر اندیشه‌های آفرینشگر نیوتون همزمان با نوشتن پدیدار شده باشد.

نیوتون برای آنکه ناسازگاری نظریهٔ گردشارهای دکارت با قوانین کپلر را نشان داده باشد، در کتاب *اصول* به بررسی حرکت سیالات نیز پرداخته است. لازم بود در این باره سابقهٔ موضوع روشن می‌شد، زیرا نظریهٔ بدیع و خوش ظاهر دکارت از احترام بسیار برخوردار بود.

بر ۱۸ ماه تلاش طاقتفرسا، دشواری فهم‌پذیر ساختن کتاب نیز افزون شده بود. بیشتر نتیجه‌هایی که نیوتون گرفته بود، از مجرای روش نوین فلوکسیون[48] های او بود که اینك حساب دیفرانسیل وانتگرال خوانده می‌شود. معاصران نیوتون ــ جز لایبنیتز که کشفیاتی مستقل و تقریباً همانند با کشفیات نیوتون داشت ــ با این روش توانمند که هنوز انتشار نیافته بود، آشنا نبودند. نیوتون برای آنکه کتاب *اصول* را به فهم همگان نزدیك سازد، ناگزیر برهانهای خود را از نو در قالب صورتهای هندسی کلاسیك که ذهن خوانندگان آثار اقلیدس یا ارشمیدس با آن آشنا بود، ریخت. قریحهٔ نیوتون در این کار، شگفتی‌آور است . قدیمی‌ترین خوانندگانی که با روشهای تحلیلی نیوتون آشنا نبودند، با دیدن همان روشهایی که دربار نخست به چنان نتیجه‌هایی انجامیده بود، حتماً دچار تحیّر شده‌اند و نمی‌دانستند با ریاضیدان روبه‌رو هستند یا با افسونکار. با این همه، تأثیر کار نیوتون

48. fluxion

بر ریاضیات انگلیس اسفبار بود؛ چون حس قهرمان‌پرستی، که می‌توان دلایل آن را دریافت، به احترام بیش از اندازه به روشهای هندسی، که در آثار منتشر شدهٔ او به کار رفته بود، انجامید. در سراسر سدهٔ ۱۸ ریاضیدانان انگلیسی دو دستی به روشهای باستانی هندسی چسبیدند، حال آنکه ریاضیدانان کشورهای دیگر اروپا که از لایبنیتز تاثیر گرفته بودند، حساب دیفرانسیل جدید را با موفقیت بسیار به کار بردند. کار پیشتازانهٔ نیوتون زمینهٔ گسترده‌ای را فراروی پژوهش در فیزیک ریاضی گشود. در آن هنگام که هم‌میهنان نیوتون با خوی جزیره‌نشین و محافظه‌کار خود از قافله جا مانده بودند، در آلمان، سویس و از همه مهمتر در فرانسه، فرصتها را غنیمت شمردند. در این میان دولت با حسن‌نیّت، اما کوته‌بین انگلیس به خیال خود برای پاداش دادن به نیوتون، منصب ریاست ضرابخانهٔ شاهی را به او بخشید و با این انتصاب علم را از تواناییهای نیوتون محروم ساخت. حال آنکه در آن وقت، نیوتون هنوز در اوج تواناییهای علمی خود بود.

واپسین ریاضیدانان برجستهٔ سدهٔ ۱۸ انگلیس، کالین مَک لُورین[۴۹] (۱۶۹۸ تا ۱۷۴۶) و تامس سیمپسن[۵۰] (۱۷۱۰ تا ۱۷۶۱) بودند. آن دورهٔ سترون از پی این دو ریاضیدان هم دوام یافت، تا آنکه انجمن تحلیلی کیمبریج[۵۱] در اوایل سدهٔ ۱۹ روشهایی را که در کشورهای دیگر اروپا رایج بود اخذ و اقتباس کرد. کیمبریجیان عصر ویکتوریا، کسانی چون لرد کِلوین[۵۲]، جورج گیبریل ستوکس[۵۳]، جیمز کِلرك مَکسْوِل، جان ویلیام ریلی[۵۴] و جُوزف جان تامسن[۵۵] سلسله‌ای از فیزیك ـ ریاضیدانانی را تشکیل دادند که با همتایان خود در اروپا کوس برابری می‌زدند.

۸ دین نیوتون به پیشروان گرانش در آرای دیگران
هویگنس، هوك، بورلی، روبروال

در ارزیابی نبوغ نیوتون، نباید دین او را به دیگران نادیده گرفت. آوازهٔ نیوتون بیشتر به سبب راه‌حلهای دقیقی است که برای مسائل بزرگ آسمانی یافته است. اگر پیروزیهای پرمشقت کوپرنیك، تیکو، کپلر، گالیله و برونو در ترویج اخترشناسی خورشید ـ مرکزی نمی‌بود، مسائل میرمی که نیوتون به حل آنها توفیق یافت، به حال خود باقی می‌ماند و گمان او نیز بدانها نمی‌رفت. این مردان عرصهٔ فراخ پژوهش را به روی نیوتون گشودند، تا او توانست خود را چهرهٔ تابناك آن عرصه سازد. سهم دیگران در کار او تنها در طرح مسائل نبود، بلکه پیش از آنکه او کار خود را آغاز

49. C. Maclaurin 50. T. Simpson 51. Cambridge Analytical Society
52. Kelvin 53. G. G. Stokes 54. J. W. Rayleigh 55. J. J. Thompson

کند، همهٔ اندیشه‌های اصلی راه‌حلهای او، دست کم از بعضی جهات، تکامل یافته بود. او اصول کلی مکانیك را از گالیله گرفته بود. کریستیان هویگنس[۵۶] بود که برای نخستین بار به حل مسائلِ دشوار ریاضی حرکت منحنی‌الخط دست زد؛ هرچند که او تنها به حرکت سادهٔ مستدیر توجه داشت. نتایج کار هویگنس تا سال ۱۶۷۳ انتشار نیافت، اما احتمالاً در ۱۶۶۰ به این نتایج دست یافته بود. این امکان نیز هست که نیوتون پیش از آنکه محاسبات مقدماتی خود را درسال ۱۶۶۶ آغاز کند ــ همان محاسباتی که حرکت ماه را مستدیر فرض کرد ــ از نتایج کار هویگنس باخبر بوده است. یادآوری این نکته سودمند است که هویگنس از انگلیس دیداری داشت و در سال ۱۶۶۳ به عضویت انجمن سلطنتی برگزیده شد.

مفهوم گرانش عمومی به صورتهای گوناگون از مدتها پیش به ذهن دانشمندان بسیاری راه یافته بود، و این امر دلایل محکمی داشت. دلیل اوّل آنکه، اعتقاد به مرکزیت زمین از میان رفته و زمین جایگاه ممتاز خود را از دست داده بود. حالا زمین سیّاره‌ای در میان سیّارگان بود و دیگر به عقل جور نمی‌آمد که گرانش منحصر به زمین باشد. دلیل دوّم آنکه، با کارهای گیلبرت در زمینهٔ الکتریسیته و مغناطیس[۵۷] نظرها به «تاثیر از راه دور» جلب شده بود. این علم تا سدهٔ ۱۹ گسترش کامل نیافت، اما مقدمات و مبادی آن مانند مبادی علم خواص هوا، تاثیر اندك و درعین حال مهم خود را درجریان اصلی تفکر و در انقلاب علمی به جا گذاشت. ارسطوئیان براین عقیده بودند (وطبیعی اعتقادانشان بود) که هر جسم تنها براثر تماس با جسم دیگر می‌تواند برآن نیرو وارد کند. آنها گرانش را نیروی کشش زمین نمی‌دانستند، بلکه به میل طبیعی اجسام سنگین به *بازگشت خود به‌خودی* به جایگاه اصلی خود تعبیر می‌کردند. تصوّر اینکه جسمی بدون دخالت سازوکار آشکاری بتواند جسم دیگری را از دور حرکت دهد، به نظرشان محال می‌نمود. اما توجه به کار اهنرباها که بدون تماس با هم یکدیگر را جذب یا دفع می‌کنند، به این پیشداوری که اجسام نمی‌توانند از راه دور برهم تاثیر بگذارند، تا اندازهٔ زیادی پایان داد. چنین تاثیری می‌توانست پراز رمز و راز باشد، اما به هر حال در وجود چنین نیرویی دیگر تردیدی باقی نمانده بود. پس این پرسش مطرح می‌شد که چرا چنین کششی نتواند میان زمین و سنگ فروافتان، یا میان خورشید و سیّارگان برقرار باشد؟

کوپرنیك می‌پنداشت همهٔ اختران از نیروی گرانشی برخوردارند، اما به ذهنش نگذشته بود که اختران بتوانند به کمك این نیرو بر حرکت یکدیگر تاثیر بگذارند. گیلبرت و کپلر گرانش را جاذبهٔ مغناطیسی می‌انگاشتند. کپلر عقیده داشت گرانش خورشید یکی از نیروهای مهارکنندهٔ سیّارگان است، اما او با مکانیك نوین آشنایی نداشت و به همین دلیل، هرچند نیروی کشش خورشید را سبب

56. Ch. Huygens

۵۷. اثر گیلبرت با عنوان *De Magnete* [اهنربا] در ۱۶۰۰ منتشر شده است.

خمیدگی مدار سیّارگان می‌پنداشت، این عقیدهٔ ارسطویی که می‌بایست نیروی مماسی باشد تا حرکت سیاره را دوام بخشد، باقی ماند. کپلر ماه را علت پدیدآمدن امواج دریا می‌دانست. گالیله به خطا کپلر را برای این عقیده‌اش سرزنش کرده و گفته بود که او به قصه‌هایی قدیمی که پیرزنان می‌گویند، گوش فراداده است. آلفونسو بُورلی[58] (۱۶۰۸ تا ۱۶۷۹) در اینکه جاذبهٔ خورشید سیّارگان را در مدار خود نگاه می‌دارد، با کپلر همرای بود. بورلی گفته است اگر نیروی جاذبهٔ خورشید قطع شود، سیّارگان در خط مستقیم حرکت می‌کنند و از منظومهٔ خورشیدی خارج می‌شوند؛ درست مانند تکه سنگی که از فلاخن رها شود. اما این اندیشه که گرانش نه تنها مختص اجسام بزرگی مانند خورشید، بلکه خاصیت همهٔ ذرات مادّی است، در اصل از آن ژیل پرسون روُبِروال[59] (۱۶۰۲ تا ۱۶۷۵) است.

هویگنس، رن، هوک و هالی که از راه عضویت در انجمن سلطنتی انگلیس با عقاید یکدیگر آشنایی داشتند، به این نتیجه رسیده بودند که نیروی خورشید متناسب با عکس مجذور فاصله تغییر می‌کند. با فرض مدار مستدیر برای حرکت سیّارگان (به منظور محاسبهٔ تقریبی) آنها نشان دادند قانون سوم کپلر مستلزم چنین جاذبه‌ای است. اما آنها نه توانستند ثابت کنند که قانون اول و دوم کپلر با جاذبهٔ خورشید رابطه دارد، و نه هیچ دلیلی برای این فرض خود در دست داشتند که جاذبهٔ خورشید با همان جاذبه‌ای که سنگ را فرومی‌کشد همسرشت است. در واقع هوک خطوط اصلی نتیجه‌گیریهای نیوتونی را پیش‌بینی کرده بود، اما پیش‌بینی او تنها کیفی بود، نه کمّی. هوک اطمینان داشت گرانش خورشید می‌تواند عامل پیدایش حرکتهای سازگار با قوانین کپلر باشد و می‌دانست با نیروهای کوچکی که سیّارگان بریکدیگر وارد می‌کنند و باعث آشفتگی حرکتشان می‌شود، حل کامل مسئله را دشوار می‌کند. اما او نمی‌توانست محاسبات ریاضی لازم را انجام دهد. هوک طبعی حسود داشت و هنگامی که نیوتون به نوشتن کتاب *اصول* سرگرم بود، او مدعی شد برخی از کشفیات نیوتون از آن او بوده و برنیوتون فضل تقدّم داشته است. دعوی هوک نیوتون را برآشفته ساخت، اما با پادرمیانی هَیْلی قضیه فیصله یافت. با این همه، دانشمندان دیگر هیچ گاه مدّعای هوک را جدّی نگرفتند. هوک تیزهوش بود و می‌دانست چه کاری باید انجام بگیرد، اما انجام آن کار تنها از نیوتون ساخته بود.

58. A. Borelli 59. J. P. Roberval

۹ هَیلی، اویلر، کلرو، لاپلاس و لاگرانژ: کتاب *مکانیک آسمانی*، بسل، ادمز، لووریه، ایری، چلیس، گاله: کشف سیارهٔ نپتون. اختلال حرکت سیّارگان

از فشار کار نوشتن کتاب *اصول* تندرستی نیوتون آسیب دید. پس از آنکه تندرستی خود را بازیافت، بیشتر اوقاتش را به گشاد و بست کارهای اداری در مجلس انگلیس و سپس در ضرابخانه می‌گذراند. در هر حال، او هیچ‌گاه علم را همچون حرفه‌ای اصلی که سراسر عمر را وقف آن کند، نینگاشته بود، بلکه هرگاه کار مهمتری نمی‌داشت، بیشتر برای بهجت خاطر به علم می‌پرداخت. میل خاطر نیوتون بیشتر به الاهیات بود. از جزئیات کار او، مانند جزئیات محاسبهٔ حداقل زمان پیداست که تواناییهایش رو به افول نبوده است. اگر او بازماندهٔ روزگار عمر را به علم می‌پرداخت، شاید علم به اندازهٔ ۵۰ سال پیشرفت می‌کرد. با این همه، اخترشناسی گرانشی را کسان دیگری پیش بردند و آن را به مرتبه‌ای فراتر از آنچه در کتاب *اصول* آمده بود، رسانیدند.

هالی مدعی شد حتی گردش ستارگان دنباله‌دار سرگردان هم تابع قانون و قاعده است و این نکته‌ای بود که بر اوهام خرافی ضربهٔ کوبنده‌ای زد. اولین[60] منشی انجمن سلطنتی که مطمئناً نظریات پیشرفته‌ترین دانشمندان عصر خود را می‌شنیده، در یادداشتهای روزانه‌اش مطالبی آورده که گویی نمی‌خواهد از باورهای خرافیش دست بردارد:

> بتازگی چند ستارهٔ دنباله‌دار در اسمان دیده شده است. گرچه من فکر می‌کنم علتهایی طبیعی دارند و بی‌سبب پیدا نشده‌اند، نمی‌توانم نسبت به آنها بی‌اعتناء باشم. اینها می‌توانند هشدارهایی از جانب پروردگار باشند، همچنانکه همواره نشانه‌های خشم و قهر او بوده‌اند.[61]

پیش‌بینی حرکت ماه مسئله‌ای دشوار و برای دریانوردی دارای اهمیت بود. نیوتون حل آن را آغاز کرد ولی به پایان نرساند. لئونهارت اُویلر[62] سویسی که در فرهنگستانهای سن پطرز بورگ و برلین کار می‌کرد و آلکسی کلود کِلرو[63] (۱۷۱۳ تا ۱۷۶۵) پی این کار نیوتون را گرفتند. کارو اخیرین ریاضیدان برجستهٔ اروپایی بود که روشهای نیوتون را به کار گرفت. روشهای نیوتونی به مرزی رسیده بود که هرکاری با آنها ساخته می‌بود، انجام داده بودند. پیشرفت بیشتر به روشهای تحلیلی تازه‌ای نیازمند بود؛ مانند روشهایی که با لایبنیتز آغاز شده بود و اویلر و معاصرانش دفتر عظیم به آن بخشیده بودند. لاگرانژ[64] و لاپلاس[65] که تواناترین ریاضیدانان سدهٔ ۱۸ بودند، این روشها را

60. Evelyn

۶۱. *یادداشتهای روزانه*، ۱۲ دسامبر ۱۶۸۰.

62. L. Euler 63. A. C. Clairau 64. Lagrange 65. Laplace

بطرزی درخشان به کار گرفتند و راه محاسبهٔ دقیق انحراف حرکت سیارگان را ــ به سبب تاثیر سیارگان بر هم ــ پیدا کردند. لاپلاس در کتاب *منظومهٔ جهان*[۶۶] خلاصه‌ای از نتایج کار خود و لاگرانژ را آورد و سپس به تفصیل تمام شرح آن را در کتاب *مکانیک آسمانی*[۶۷] بیان داشت. انحراف یا اختلال در حرکت سیاره، به تدریج تغییراتی در خروج از مرکز و مدار سیارگان به بار می‌آورد. نیوتون که از این تغییرات آگاه بود، اما به بررسی کامل آنها نپرداخته بود، می‌پنداشت روزگاری این تغییرات چنان نظم عالم را مختل خواهد نمود که اصلاح آن منوط به مداخلهٔ خداوند خواهد بود. اما لاگرانژ و لاپلاس اثبات کردند چون منظومهٔ خورشیدی مجموعهٔ اجسام صلبی[۶۸] است که تنها براثر گرانش متقابل بر هم تاثیر می‌گذارند، پس تغییرات باید متناوب باشد و هیچ گاه از حد معینی فراتر نرود. هریک از منظومه در محدودهٔ معینی حول یك مقدار متوسط نوسان منظم دارد و در مرزهای آن محدوده از یك سو به سوی دیگر حرکت می‌کند؛ اما هیچ گاه از این مرزها فرانمی‌گذرد. بنابراین، هر افزایشی در خروج از مرکز مدار، پیش از آنکه به نتیجهٔ فاجعه‌آمیزی بینجامد، کاهشی به دنبال خواهد داشت و سیاره به وضع عادی خود بازخواهد گشت. و مقصود از اینکه می‌گویند منظومهٔ خورشیدی پایداری دینامیك[۶۹] دارد همین است. از این رو، احتمال مداخلهٔ خداوند برای پیشگیری از بروز آشوب در منظومه، اکنون کمتر از آن است که نیوتون می‌پنداشت. آن گاه که ناپلئون از لاپلاس پرسید چرا در کتاب *مکانیك آسمانی* نامی از خداوند نبرده است، شاید لاپلاس به همین نکته توجه داشت که در پاسخ مشهورش گفت: «من نیازی به آن فرضیه نداشتم.» و البته مقصودش اصلاً این نبود که به خداوند به عنوان *آفرینشگر* نیازی نیست. ممکن است به علتی، مثلاً براثر کشش کشندآور[۷۰]، کنشی که در سدهٔ ۱۸ به نیروی آن پی نبرده بودند، ثبات منظومهٔ خورشیدی به هم بخورد. اما ریاضیاتی که لاگرانژ و لاپلاس برای حل این مسئله پدید آوردند، ارزشی پایدار خواهد داشت.

مطالعه در انحرافها و اختلالهای حرکت سیارگان به کشف سیارهٔ نپتون انجامید. حتی پس از آنکه اختلالهای ناشی از مشتری و زحل را در محاسبه وارد کردند، باز هم اختلافی میان مواضع رصدشده و مواضع محاسبه شدهٔ اورانوس دیده می‌شد. اورانوس گاه از آنچه حساب شده بود عقبتر می‌ماند و گاه از حد معین جلوتر می‌رفت. این اختلالها را، هرچند هم که ناچیز باشند، نمی‌شد نادیده گرفت. پس فرض را براین گذاشتند یا قانون گرانش در فاصله‌های دور از خورشید فاقد دقت است، یا آنکه سیارهٔ ناشناخته‌ای بر اورانوس تاثیر می‌گذارد. احتمال درستی فرض دوم بیشتر بود. پس به این فکر افتاد تا با بررسی تاثیرات مشهود بر اورانوس، جای چنین سیارهٔ مفروضی را حدس بزنند.

66. *Systeme du Monde* 67. *Méchanique Céleste* 68. rigid bodies
69. dynamical stability 70. tidal action

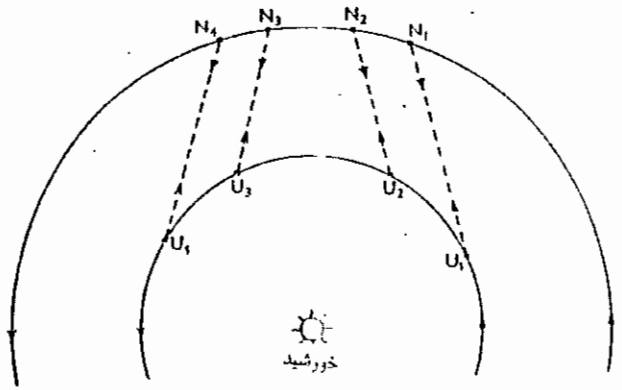
اما پیش از آنکه محاسبات خود را آغاز کند، برگذشت. جان کاوچ آدمز[۷۱] انگلیسی و ژان ژوزف لوویریه[۷۲] فرانسوی جدا از هم موفق به کشف نپتون شدند. ادمز در ۲۱ اکتبر ۱۸۴۵ نتایج کار خود را برای سر جی. بی. ایری[۷۳] فرستاد و محل نپتون را تنها با اختلاف چند درجه نسبت به محلی که هم اینك ما می‌شناسیم، تعیین کرد. ایری که مانند همهٔ دانشمندان برجسته گرفتار شکاکیت و وسواس سمج بود، از ادمز اطلاعات دقیقتری خواست. ادمز پاسخ به ایری را پشت گوش انداخت، و پژوهش در باب نپتون تا ۲۹ ژوئیهٔ ۱۸۴۶ که استاد چلیس[۷۴] در کیمبریج آن را از سر گرفت، به تعویق افتاد. لووریه که از آنچه در انگلستان می‌گذشت خبر نداشت، به نتایج همانندی رسیده بود. او در ۲۳ سپتامبر ۱۸۴۶ نتایج کار خود را برای یوهان گوتفرید گاله[۷۵] ی برلینی فرستاد.

ردیابی سیارهٔ کمسوی دوردست، لازمه‌اش بررسی حرکت آن در میان ستارگان همسایه است. به امید آنکه جسمی را پیداکنند که نسبت به سایر اجسام حرکت کرده است، مناطق کوچکی از آسمان را که درست در همسایگی یکدیگر قرار گرفته باشند درنظر می‌گیرند و شبهای پی‌درپی نقشهٔ آن را برمی‌دارند. اگر نقشهٔ ستارگان هرمنطقه در دست باشد، کار پرزحمت نقشه‌کشی از دوش برداشته می‌شود. معلوم می‌شود وقتی کار نقشه‌برداری ستارگان انجام می‌شده است، احتمالاً سیاره در جای دیگری بوده است. پس تنها کافی است نقطه‌ای را یافت که در نقشه نباشد. چلیس چنین نقشه‌ای دراختیار نداشت، اما گاله داشت و یك شب پس از آنکه نامهٔ لووریه را بخواند، نپتون را یافت.

لووریه که پیش‌بینی‌های خود را برای رصدخانهٔ آلمانی می‌فرستاد، از کار خود آگاه بود. همان دقت آلمانی که نقشه‌های ستارگان را فراهم کرده بود، پاداش چشمگیری به او پرداخت. کشف دورهٔ ساروس توسط بابلیان و تقدیم اعتدالین از سوی هیپارخوس، نمونهٔ همانندی از پاداشهای نامنتظری هستند که نصیب کارهای صبورانهٔ پیگیر می‌شود. روشهای نوین عکاسی کار ردیابی سیارگان را به نسبت آسان کرده است. دوربینهایی که بر روی چشمی تلسکوپ سوار می‌شود طوری با ساعت کار می‌کنند که ردّ اختران را در سراسر آسمان دنبال می‌گیرند. پس از چند ساعت باز بودن دریچهٔ دوربین، فیلم را ظاهر می‌کنند. در تصویر، ستارگان با نقطه نشان داده می‌شوند، حال آنکه مسیر سیارگان که به نسبت ستارگان تغییر کرده است، با خطی روشن تصویر می‌شود.

شکل ۴۷ نشان می‌دهد نپتون چگونه حرکت اورانوس را گاه تند و گاه کند می‌کند. اختلالهای سایر سیارگان نیز همین گونه است. هنگامی که اورانوس که تندتر حرکت می‌کند در مواضع U_1 تا U_4 قرار می‌گیرد، نپتون در نقاط N_1 تا N_4 که متناظر با مواضع اورانوس است، قرار می‌گیرد. نخست اورانوس به جلو و نپتون به عقب کشیده می‌شود؛ اما پس از آنکه اورانوس از نپتون پیش

71. J. C. Adams 72. J. J. Levrrier 73. G. B. Airy 74. Challis
75. J. G. Galle



شکل ۴۷

می‌افتد، عکس آن حالت روی می‌دهد. نیز روشن است که جاذبهٔ متقابل سبب افزایش شعاع مدار اورانوس و کاهش شعاع مدار نپتون است.

کشف سیّاره نپتون، بی‌آنکه به همهٔ جنبه‌های آن توجه شده باشد، گاهگاه با ستایش همراه بوده است. کشف نپتون رویدادی درخشان بود، اما اهمیت علمی آن با اکتشافات کوپرنیك، گالیله، نیوتون و حتی کشفیات لاگرانژ و لاپلاس قابل مقایسه نیست. این کشف تنها منحصر به خود بود و زمینهٔ تازه و مهمّی را نگشود. در اینجا از آن رو شرح اکتشاف نپتون را با تفصیل بیشتری آوردیم، تا حالت عمومی اختلال حرکت سیّارگان را نشان داده باشیم. کشف نپتون علاقهٔ بسیاری در مردم برانگیخت و شاید بیش از هر رویداد دیگری آوازه‌گر پیروزیهای مکانیکی قرار گرفت و در تحکیم اطمینان به نفس مادّی گرایی سدهٔ ۱۹ نقشی بزرگ ایفا کرد. بنابراین، ناگزیریم در بررسی *تأثیر* علم به این رویداد، بیش از آنچه جز در این حالت سزاوار می‌بود، توجه کنیم.

فصل هفتم

انقلاب در نگرشها و روشها

۱ چشم‌اندازی نو دانش همگونگیهای طبیعی رهیافت نو به جهان

اهمیت دانش سطحی

این سخن از رابرت بویل[1] است: تا پیش از آنکه کوپرنیك اندازهٔ عالم مرئی را کشف کند، انسان به عنکبوت درون قلعه‌ای شبیه بود که تنها به تارهای تنیدهٔ خود توجه داشت. سخن بویل درباب اسکندرانیها راست نیست، اما دربارهٔ قرون وسطا راست است. نخستین نتیجهٔ فراعلمی و مهم اخترشناسی نوین این بود که نگاه عنکبوت را از تارها به قلعه متوجه ساخت. آدمیان از بزرگی جهان هستی تصوّری دوباره یافتند و خود را در برابر آن کوچك و ناچیز دیدند. بر حسب سرشت و گرایشهایی که داشتند، این تصور تأثیرات متفاوتی بر ایشان نهاد.

نمایندگان فلسفهٔ سنتی و کلام با لجاجت و عناد در برابر اندیشه‌های نو مقاومت می‌کردند و حتی گاه حاضر نبودند دلیلها و شاهدهای چنین اندیشه‌هایی را بررسی کنند. اینان برای نگاهداری قدرت و نفوذ خود، گاه از توسّل به استدلالهای ناجوانمردانه یا تعقیب و آزار رویگردان نبودند. مردان اندکشماری چون برونو و گالیله فرصت را برای اکتشافهای بدیع و پرماجرا مناسب یافتند. اینها به آسمان کشف نشده با همان حالتی روی آوردند که یونانیان نخستین به زمین ناگشوده روی کرده بودند. اما تأثیر روانی و عمومی کشفیات بیشتر نوعی بهتزدگی بود تا خشم یا هیجان. مردم از شنیدن این خبر که نه تنها در مرکز عالم بسر نمی‌برند و همه چیز برای راحت جانشان آفریده نشده، بلکه ساکنان قایق کوچکی هستند که بر پهنهٔ اقیانوس بظاهر بیکران فضا سرگردان است، پریشان خاطر شده بودند. اطمینان و آسودگی خیال کم کم جای خود را به بی‌اعتمادی و بی‌پناهی داد. گمان می‌کردند اعتقاد کهن به انسان ـ مرکزی بر منبع دیگری تکیه داشته است، امّا آیا ممکن نبود چنین اعتقادی تنها از خیالپردازی[2] سرچشمه گرفته باشد؟ اوضاع و احوالی که چنین پرسشی بتواند در آن طرح شود، اکنده از بی‌اطمینانی و بی‌تصمیمی بود. همین اوضاع و احوال از اعتماد به نفسی که با

1. Robert Boyle 2. wishful thinking

آغاز رنسانس بازگشته بود، کاست و اعتقادی را که از نو در انسان پدیدار گشته بود تا بر خویشتن تکیه کند، متزلزل کرد.

به همین سبب، هندسهٔ آسمانی نوین احساس جداافتادگی مبهودی به انسان داد و چون از اهمیت نقش او در قیاس با جهان پیرامونش کاست، تأثیری نومیدکننده به جا گذاشت. اما تأثیر پیروزی مکانیك آسمانی، به عکس تأثیر هندسه آسمانی بود. مکانیك آسمانی جهان نوگشوده را بیشتر پهنهٔ چالش عمل می‌دید تا عرصهٔ نومیدی. مکانیك آسمانی نشان داد انسان به رغم از دست دادن اهمیتش، چگونه می‌تواند جهان پیرامون خود را با همهٔ پیچیدگی و پهناوری سحرانگیزش بشناسد و پیش‌بینی کند. نیروی پیش‌بینی می‌تواند نیروی سودمند ــ ولو محدود ــ مهارساختن طبیعت را با خود به همراه آورد. حتی اگر چنان نیرویی به بار نیاید، قدرت پیش‌بینی انسان را توانا می‌سازد تا با برنامه‌ریزی برای آینده از هر شرایطی بهتر بهره برگیرد، یا در برابر گزند رویدادهای ناگوار خود را بهتر نگاه دارد. آدمی کم‌کم دریافت که با بکار بستن خرد خود می‌تواند سروش غیبی بس داناتر از سروش پرستشگاه دلفی، و نه به سیکسری او، فراراه خود داشته باشد و بیش از همیشه بر سرنوشت خویشتن به کمال حکم راند. از این رو، احساس ناتوانی و درماندگیی که با نخستین مراحل انقلاب علمی پیداشده بود، جای خود را به احساس نیرومندتر برتری‌جویی و غرور سپرد. باوری که نخست از بیکرانگی جهان هستی رواج یافته بود، با این دریافت رو به گسترش که نظام جهان بر بنیان قانونهایی تغییر ناپذیر استوار است، و کشف این قانونها لاجرم به مهارشدن آن خواهد انجامید، بیش از پیش تعدیل شد. نوع اندیشه‌ای که به پیروزیهای نیوتون انجامید، فضایی آکنده از خوش‌بینی علمی پدید آورد؛ فضایی که با ایرادهای معتدل کننده بر سراسر سدهٔ ۱۸ و ۱۹ حکمروا بود.

نیروی پیش‌بینی که کمك می‌کند تا جهان خارج مهار شود، به نوع خاصی از دانش وابسته است که دانش همگونگیهای طبیعت[3] نامیده می‌شود. پاره‌ای از همگونگیهای طبیعی چنان آشکارند که بدون تردید به چشم می‌خورند. نمی‌توان غرش تندر را که همیشه از پی برق آذرخش به گوش می‌رسد، نشنید؛ یا گرمای ناشی از به هم ساییدن دو جسم را احساس نکرد؛ یا متوجه فرونشستن تشنگی با نوشیدن آب نشد. همگونگیهای دیگر دیریابترانند. شاید نتوان با هیچ تجربهٔ روزمره به این واقعیت پی برد که جرمهای برابر (در شرایط مشابه) همیشه وزنی برابر دارند؛ یا مدار سیارگان همواره بیضی شکل است. اعتماد به پیش‌بینیها با افزایش دقت دانش از همگونگیهای طبیعی افزون می‌شود. بابابیها از راه همگونگی ظاهری، دورهٔ ساروس را کشف کردند. همین کشف تصادفاً آنها را توانا ساخت تا گرفتهای خورشید و ماه را با اختلاف چندروز پیشگویی کنند. اکنون می‌توان با

3. uniformities of nature

دقت واقعی گرفتهای سالهای آینده را تنها با اختلاف چندثانیه پیشگویی کرد. و این بدان سبب است که ما اکنون همگونگی کلیتری را که با کشف قانون گرانش آشکار شده، پذیرفته‌ایم.

دانش همگونگیهای طبیعی، بیشتر نوعی دانش سطحی است. این دانش، فیلسوفان مابعدالطبیعه را خرسند نمی‌کند، چرا که حامل هیچ اشاره‌ای به ماهیت اصلی یا علت غایی جهان هستی نیست. اما بدون شك به سبب همین سطحی بودن است که تواناییهای انسان با کاربرد و اکتشاف این نوع دانش تناسب بیشتر دارد. شاید که فیلسوفان بلندپرواز این دانش را خوار بشمارند، اما بدون تردید دانشمندان در جستجوی همین دانش سطحی به پیروزیهایی دست یافته‌اند. به حکم اختلاف نظری که همهٔ فیلسوفان با هم دارند، موفقیت فیلسوفان در تفحصات وتاملات عالیه، ظاهراً جای چند و چون بسیار دارد. در موارد بسیار، جستجوی معرفت مابعدالطبیعی مطلق به ناکامیهای قهرمانانه منجر شده است. آیا خردمندانه‌تر نیست که آدمی با تواناییهایش به کاوش در زمینه‌های فروتنانه‌تری بپردازد؟ همان زمینه‌هایی که بخت پیروزی را بیشتر نشان داده است؟ البته ارزوی آدمی بایستی از تواناییهای او فراتر برود، اما بعضی از ارزوها خیال محال است.

شیوهٔ برخورد اندیشمندان با این پرسش، عمیقاً متاثر از علم اواخر سدهٔ ۱۷ بود. بویژه تاثیری که نیوتون گذاشت، در دگرگونی روند کلی کار و تلاش فکری موثر واقع شد. با آنکه اکتشافات نیوتون بخودی خود *اهمیت داشتند*، اما بتنهایی *دورانساز* نبودند. اهمیت واقعی اکتشافات نیوتون ــ بدون هیچ مبالغه ــ در این بود که امکانات گستردهٔ عرصهٔ فکری کاملاً بیسابقه‌ای را نشان می‌داد. اندیشمندان تراز اول وقتی به ماهیت کارهای نیوتون پی بردند و دلیلهای موفقیت او را خوب شناختند، بیش از پیش از نمونهٔ کار او پیروی کردند، و هر چه بیشتر جستجو در شناختن زمینه‌های مناسب استعدادهای خود را برای کشف همگونگیهای طبیعی و به کمك روشهایی علمی که نیوتون به کمال رسانیده بود، آغاز کردند. رهیافت نوینی که با نیوتون پیدا شده بود، همان سان دنیای علم را برای اندیشه‌های توانمند مردم اروپای غربی پرجاذبه ساخت که رهیافت تازهٔ ارسطو علم رابرای اسکندرانیها دلپسند ساخته بود. بازار بحث و کاوش نظری از رونق افتاد و رشد شتابناك دانشهای مربوط به کنشها و حرکتهای منظم ــ در مقابل علت غایی و ماهیت اصلی ــ جهان خارج آغاز گردید. تغییر جهت جریان اصلی تفکر و حال و هوای فکری تازه‌ای که پدید آورد، به خودی خود و به اندازهٔ کافی مهم بود. اما موضوع به همین جا پایان نمی‌گیرد. دانش موثق و حتی کم و بیش اندکی که بسرعت برهم انباشته می‌شد، به گونه‌ای بود که می‌توانست برای مقاصد عملی بکار رود. شیوه‌های اهل عمل همان قدر دستخوش تغییرات بزرگ شد که شیوه‌های اهل نظر.

شاید که در نگاه نخستین جایگزینی هدفهای بلندتر با هدفهای کوتاهتر، گامی به پس جلوه کند، اما این کار مزایای بسیاری هم دارد. انسان در پی معرفت به حقیقت غایی اندر با ناکامیابی روبرو شده که ما تردید داریم، در این مرحله از پیشرفت، اصولاً توانایی و استعداد رسیدن به چنین معرفتی

را داشته باشد. البته این کوشش، به عنوان ابزار کشف همگونگیهای طبیعی، درخور سرزنش نیست، بنابراین بریدنش از فلسفهٔ نظری و روی آوردنش به علم طبیعی، به کنار گذاشتن ابزار نامناسب و برداشتن ابزار مناسب می‌ماند. شاید بتوان این گسیختن را نشانه‌ای از پیشرفت دانست.

نگرش فکری نوین از جهتی کم اغراق بود. در انسان بی‌پروواییهای خاصی هست که او را وامی‌دارد تا دربارهٔ رازهای جهان هستی آرای قاطعی ابراز دارد، بی‌آنکه نخست برای بررسی ظاهر وسطح جهان کوششی بکار بسته باشد. کسانی که با فروتنی بیشتری به پژوهش علمی در ظاهر جهان پرداخته‌اند، هنوز چندان به عمق آن راه نبرده‌اند؛ با این همه، در همین بررسیهای سطحی بس نکته‌ها یافته‌اند که در آنها شگفتی برانگیزد و عطش کاوش و جستجوشان را فروبنشاند. حتی بررسی سطحی طبیعت به کمك روشهای علمی آنقدر با پیچیدگی و دشواری روبروست که هرگونه تلاش برای کاوش بیشتر و عمقی‌تر را نابجا و بیموقع می‌نمایاند. قامرو نادانسته‌ها بیش از پیش اشکار می‌شود. آنها که علم را برای خود علم دنبال می‌کنند، عموماً با احترام عمیقی به افریدگار جهان می‌نگرند و همواره اماده‌اند تا به غفلت و نادانی خود اقرار کنند. نیوتون گفته است «نمی‌دانم از نظر جهانیان چه هستم. از دریچهٔ چشم خودم به کودکی می‌مانم که در ساحل دریا گرم بازی است و خود را به جستن سنگریزه‌هایی خوش‌تراش‌تر از سنگدانه‌های دیگر و صدفهایی خوش نقشتر از صدفهای دیگر مشغول می‌کند، اما در این میان اقیانوس ناگشودهٔ حقیقت از بیکران تابیکران فراروی او همه جا گسترده است.» اگر سوداهای خوش بینانه و بلندپروازانهٔ نظام سازان بلندنظر بزرگی چون افلاطون، ارسطو و دکارت را نادیده بگیریم، سخن نیوتون دعوی فروتنانه‌ای جلوه می‌کند. پس از نیوتون کوششهای کسانی که می‌خواستند همه چیز را تنها به نیروی اندیشهٔ خود توضیح دهند کاملاً متوقف نشد، اما این گرایش پیدا شد که از این گونه کوششها دوری کنند. و کسانی که هنوز از روشهای گذشته دست برنداشته بودند، دانستند که دنیای فرهیخته رغبت چندانی به پذیرش چنین روشهایی ندارد. شاید که روزگاری اندیشهٔ بشر به حقایق غایی پی ببرد، اما اگر چنین موسمی فرارسد، به احتمال زیاد از راه چنگ زدن در حبل‌المتین علم است نه از راه آویختن به ریسمان تخیّل.

فروتنی فکری که محصول پژوهش علم محض بود، با غرور و نخوتی که از دستاوردهای علوم عملی به بار آمد، ابدیده شد. مردم امروزه به دانایی خود کمتر می‌بالند و از توانایی خود بیشتر می‌لافند. انها می‌توانند از فرسنگها راه چهرهٔ یکدیگر را ببینند و با هم حرف بزنند؛ صبحانه را در لندن و ناهار را در نیویورك بخورند؛ ظرف چند ثانیه شهرها را با خاك یکسان کنند؛ بدون کوچکترین احساس دردی اعضای بدن را بردارند و ترمیم یا تعویض کنند. اینها همه از نتایج عملی عرصهٔ تازه‌ای از تفکر است که خطوط کلی آن در سدهٔ ۱۷ ترسیم شده است. شاید تردید داشته باشیم که چنین تدابیری زندگی را شادمانتر و مغتنم‌تر کند، و از دیدگاه اخلاقی و استحسانی می‌توان تا به ابد

در موافقت یا مخالفت با این نظر بحث کرد. ولی فعلاً ما با واقعیتها روبروییم. بی‌شبهه راه و رسم فکری در سدهٔ ۱۷ از بنیاد دگرگون شد و با این دگرگونی، ناگزیر تغییر ژرفی در همهٔ شئون زندگی پدید آمد. پس شایسته است به بررسی ویژگی و نتایج روش علمی نوینی بپردازیم که نخست از هر جهت برای مقاصد اخترشناختی گسترش یافت و نتیجهٔ کاربرد *عمومی آن*، دگرگونیهای چنین عمیقی به بار آورد.

۲ نیوتون و گرانش تبیین علمی روش علمی نیوتون

نیوتون و نگرش علمی

غالباً می‌گویند نیوتون حرکت سیارگان را تبیین کرده است. این گفته تنها وقتی راست است که «تبیین» در معنای منحصراً علمی کلمه به کار رود. آنچه براستی نیوتون انجام داد، این بود که دو پرسش دشوار و رازناك را به یك پرسش تبدیل کرد و ما را با همان یك پرسش روبه‌رو ساخت. نیوتون کشف نکرد *چرا* سنگ فرو می‌افتد یا *چرا* سیّارگان از قوانین کپلر پیروی می‌کنند. او تنها *نشان داد* فروافتادن سنگ و حرکت بیضی شکل سیّارگان پدیده‌هایی همانندند. با محاسباتی که برپایهٔ مجموعهٔ خاصی از فرضیات ــ مانند قانونهای حرکت و گرانش عمومی ــ انجام می‌گیرد می‌توان هر دو پدیده را به یك سان پیش‌بینی کرد. هراینه بدانیم چه عاملی سنگ را فرومی‌کشد، پس خواهیم دانست عامل حرکت سیّارگان، به همین نحوی که هست، چیست.

هنگامی که تصوّر افلاك شفّاف بلورگون را رها کردند و به حرکت سیّارگان درفضای تهی و بدون تکیه‌گاه قائل شدند، حرکت منظم سیّارگان احساس شگفتی عظیمی برانگیخت. سیارگان اشکارا از قاعده‌ای پیروی می‌کردند؛ اما اگر افلاکی نمی‌بود که حرکت سیّارگان را در مهار خود داشته باشد، چگونه سیّارگان به پیروی از آن قاعده ناگزیر می‌شدند؟ اگرچه سنگ فروافتان نیز مانند سیّارگان از محیط پیرامون خود جداست و در حرکت آن به همان اندازهٔ سیّارگان ثبات و یکسانی هست، امّا فروافتادن آن، جز در کسانی که با تعمق شایسته در این مسئله می‌اندیشند، احساس شگفتی برنمی‌انگیزد. نیوتون نشان داد حرکت سیّارگان همان قدر سزاوار اظهار شگفتی است که فروافتادن سنگ، *و نه بیشتر*. هر دو حرکت، جلوه‌های واقعیت طبیعی یکتایی هستند؛ واقعیتی که هنوز میل ثابت (گرانش) دو جزء مادّی است که با شتابی که توسط جرمها و فاصله‌هایشان تعیین می‌شود، برای رسیدن به هم حرکت می‌کنند. نیوتون برای وجود چنین میلی هیچ دلیلی ارائه نکرد. او از بی‌اطلاعی خود نسبت به سازوکاری که به هرحال چنین میلی را ایجاد می‌کرد، آگاه بود. او فقط این واقعیت را می‌دانست که فرو افتادن سنگ و گردش سیّاره *نمودهای پدیده‌ای یکتا* هستند.

وقتی گردش سیاره و فروافتادن سنگ در پدیدهٔ جدا از هم انگاشته شوند، اولی چون ناشناخته است، پدیده‌ای شگفتی‌انگیز و دومی چون مشهود و پیش پا افتاده است، پدیده‌ای عادی جلوه می‌کند. اما اگر دانسته شد حرکتهای سیاره و سنگ را با قاعده‌های همانندی می‌توان محاسبه کرد، حرکت سیاره دیگر خلاف عادت به نظر نمی‌آید، و *فقط از این حیث* تبیین می‌شود.

تبیین علمی همواره از این نوع است. تبیین علمی، پیوند میان رویدادهای شگفتی‌انگیز یا ترس‌آور را با رویدادهایی روشن می‌کند که به دلیل آشنا بودنشان هیچ شگفتی یا حیرتی برنمی‌انگیزند. تبیین علمی دیدن همگونگیهایی است که پیش از آن از دیده‌ها پنهان بوده است. شاید این تبیین نشان دهد رویدادهای به ظاهر مخالف براستی از یك نوعند. ممکن است ما را به پیش‌بینی یا مهارکردن رویدادهایی از یك نوع، به سبب همانندیشان با رویدادهایی از نوع آشناتر، توانا سازد. اما تبیین علمی هیچ‌گاه مدعی نیست که علت غایی هر چیزی را به دست می‌دهد. اگر دریابیم که طبیعت رنگین کمان همان طبیعت طیفی است که می‌توان با منشور ایجاد کرد، می‌گوییم رنگین کمان را «تبیین» کرده‌ایم. بنابراین، چون می‌دانیم اگر چند عامل هواشناختی با هم جمع شود حتماً رنگین کمان ساخته می‌شود، دیگر آن را تمثیلی فراطبیعی از بشارت عالم غیب نمی‌انگاریم. می‌گوییم بنجمین فرانکلین[4] با مقایسهٔ تخلیهٔ الکتریکی بطری لیدن[5] با آذرخش، پدیدهٔ آذرخش را «تبیین» کرد. دیگر آذرخش را به خشم زئوس یا برخورد چکش و سندان خدای تندر و آذرخش نسبت نمی‌دهیم. می‌گوییم حرکت مریخ «تبیین» شده، زیرا همانندی آن با فروافتادن سنگ به ثبوت رسیده است. دیگر هیچ نیازی به افلاك باورگون که محرّك اول آنها را به حرکت انداخته باشد، نداریم. اما با وجود آنکه از نور، برق و گرانش بقدر کافی دانش سطحی داریم تا بتوانیم برخی از رویدادهای وابسته به آنها را پیش‌بینی یا مهار کنیم، باز هم از ماهیت حقیقی این پدیده‌ها تقریباً بکلی بی‌اطلاعیم. تبیینهایی که برپایهٔ این پدیده‌ها می‌کنیم، دشواریهای ما را تنها چندگام به پس می‌راند. این کار، تبیین پدیده‌های شگرف به کمك پدیده‌های آشناست، اما همین پدیده‌های آشنا، خود از پدیده‌های شگرفند؛ منتهی ما چنان بدانها معتاد شده‌ایم که متوجه شگرفیشان نیستیم.

بنابراین، علم با پیوند دادن پدیده‌ها به یکدیگر می‌تواند توصیف[6]های ما را از جهان منسجم‌تر و موجزتر بسازد. علم با نشان دادن چگونگی پیوند برخی رویدادها به برخی دیگر، ما را در مهارکردن رویدادها یاری می‌رساند. اما علم هیچ چیزی را به معنای عمیق کلمه *تبیین* نمی‌کند. آنچه علم به عنوان تبیین بیان می‌دارد، دال بر این است که مجهول تنها جنبهٔ دیگری از معلوم است. پس ممکن است گمان کنیم مجهول را به لحاظ پیوندی که با معلوم دارد، می‌شناسیم، اما اگر به بررسی نقّادانهٔ

4. B. Franklin 5. Lyden jar 6. description

مبانی مُدرکات خود از پدیده‌های معلوم برآییم، انگاه گمان ما از میان می‌رود.

مخالفتهایی که با اندیشه‌های نیوتونی می‌کردند، بیشتر ناشی از ناتوانی در تمیز اختلاف میان هدفهای علم نوین و مقاصد مابعدالطبیعهٔ سنتی بود. ایراد کردند که تصوّر نیروی جاذبه میان اجسامی که پیوند مادّی با هم ندارند، محال است؛ یا مادام که سازوکار عمل جاذبه روشن نشود، تصور نیروی جاذبه باطل است. در واقع ناتوانی نیوتون در طرح چنین سازوکاری برای جاذبه، نظریه‌اش را به منزلهٔ مرجع تبیین مابعدالطبیعی مخدوش می‌ساخت. اما نیوتون قصد تبیین مابعدالطبیعی نداشت. مقصود او این بود که ثابت کند گردش سیارگان را با همان قاعده‌هایی که فروافتادن اجسام زمینی را محاسبه می‌کنند، می‌توان محاسبه کرد، و در این کار توفیق کامل یافت. آنها که دستاورد نیوتون را کم ارج جلوه می‌دهند، هنوز سودای رسیدن به ادراك کامل باطنی را در سر می‌پرورانند که فلسفهٔ نظری با خوش باوری وعده داده، اما هرگز دلیل قانع‌کننده‌ای دربارهٔ آن نیاورده است. با آنکه ثابت شده بود نظریهٔ گردشهای دکارت نمی‌تواند مبنای استدلالهای ریاضی دقیق قرار گیرد و هیچ دلیل موثقی هم از حدس و گمان دکارت پشتیبانی نمی‌کرد، باز جاذبه‌ای نهانی داشت. اعتقاد به مادّهٔ سیّال چرخنده‌ای که ضمن تماس با سیارگان حرکت آنها را در مهار خود داشته باشد، مناسب ذهنهای معتاد به مابعدالطبیعه است؛ زیرا هدف از این عقیده این است تا علتی را که ورای نمودهاست آشکار سازد. مردمی که به این گمان معتاد بودند، هنوز می‌پنداشتند هدف علم کشف علتهای ذاتی امور است. آنها به بررسی دقیق جزئیات توجه چندانی نمی‌کردند و مدعای مبهم و کلی دکارت را بیشتر از استنتاجهای کاملاً محدود نیوتون، که جزء به جزء آن با استدلال توأم بود، می‌پسندیدند. نیوتون آنها را نومید می‌ساخت، زیرا کار او تنها این بود که پدیده‌ای را به پدیده‌ای دیگر ارجاع دهد، بی‌آنکه هیچ چیزی را به علت غایی آن منسوب کند.

خویشتن‌داری بزرگ نیوتون دران بود که خود را از درگیرشدن در اینکه علت گرانش چه می‌تواند باشد، بازمی‌داشت. نیوتون تا از زمینهٔ کار خود اطمینان کامل نمی‌یافت، نتیجهٔ بررسیهای خود در هیچ یك از موضوعات فلسفی را ابراز نمی‌داشت. عبارت مشهور «من فرضیه نمی‌سازم»[7] نشان می‌دهد او در جایی حدس را در کار می‌آورده که توانایی اثباتش را می‌داشته است. اشارهٔ او در این جمله به فرضیه‌های نظری است؛ یعنی حدس و گمانهایی که راستی آزمایی[8] تجربی مستقیم یا غیرمستقیم را برنمی‌تابند. نیوتون در معنای منطقی کامه مخالف فرضیه نبود. قانون گرانش، خود فرضیه‌ای در همین معنا بود. فرضیه، نقطهٔ آغاز نظام قیاسی ریاضی است و به نظریه‌هایی منجر می‌شود که با واقعیت محسوس یا هماهنگی دارند یا ندارند. هرچه تضمّنات فرضیه بیشتر به ثبوت برسد، با اطمینان بیشتری (البته نه به معنای مطلق کامه) پذیرفته می‌شود. اما اگر حتی یك دلیل

7. hypotheses non fingo 8. verification

باشد که یکی از نتایج منطقی آن را انکار کند، فرضیه مردود می‌شود. در میان معاصران نیوتون، بیش از چند تن به این مرتبه از پاکیزگی فکری[9] نرسیده بودند. اما شیوهٔ برخورد جدّی و امین او هم اینك عادت دانشمندان شده است و از این طریق به طور کلی بر عادتهای تفکر تاثیر گذاشته و تفکّر را به دقت و پرهیز از شلختگی سوق داده است.

طبیعتاً احترامی که اروپا برای دکارت قائل بود، بیش از احترامی که انگلستان به او می‌گذاشت، دوام آورد.[10] اما دیدگاه نیوتون توانست حتی در اروپا بسرعت گل کند، و این امر بویژه مرهون نفوذ لاك و ولتر بود. کم‌کم دریافتند هرچند هدف علم محدود و سطحی است، اما هدفی حصول‌پذیر و سودمند است؛ حال آنکه هدفهای فلسفهٔ نظری حتی اگر عمیقتر و مطلوبتر هم باشد، فعلاً حصول‌ناپذیر است.

نمی‌توانیم حکم نهایی بکنیم که نتیجهٔ تغییر در نگرشها خوب بود یا بد. تردیدی نیست که این تغییر بیشتر ناشی از پیروزیهای مکانیك آسمانی نوین بود و بر اوضاع و احوال فکری، دینی، مادی و اجتماعی تاثیر عمیق گذاشت. کاوش علمی در همگونگیهای طبیعی و تفحّص نظری در حقیقت غایی، زاییدهٔ کنجکاوی فکری بود (گو اینکه اکنون جزاین نیست). کاوش علمی با هیچ گونه میل آگاهانه‌ای به پیشرفت فنی آغاز نشده بود، اما این پیشرفت جبراً به دنبال آن آمد.

۳ فرانسیس بیکن روش علمی فرضیهٔ علمی

قانون گرانش و روش علمی

روش نوینی در خلال سدهٔ ۱۷ تحول یافت، با نیوتون به کمال رسید، در خدمت هدف تازه‌ای قرار گرفت و با آن هدف، از علم به تفکّر سرایت کرد. این روش علمی را هیچ کس بتنهایی نیافریده بود. در انتساب این روش به فرانسیس بیکن[11] (۱۵۶۱ تا ۱۶۲۶) گاهی اغراق شده است. بی‌گمان او از این دیدگاه که معرفت به جهان خارج تنها از راه تجربه ــ که باید بر مشاهدهٔ منظم مبتنی باشد ــ فراچنگ می‌آید، با همهٔ توان و نیروی مرجعیت خود پشتیبانی می‌کرد. بدون شكّ در آن عصر تاکید او لازم بود. بیکن با تاکید خود در کتاب *ارغنون نو*[12] (۱۶۲۰) خدمت بزرگی به علم کرد. اما تاکید

9. intellectual asceticism

۱۰. سر ت. ویتاکر Sir E. Whittaker در کتاب *History of the Theories of Aether and Electricity* [تاریخ نظریات اتر و الکتریسیته] گفته است: «تعجب در این است حرکت ماریپیچی سحابیها که می‌توانست بحثهای نظری بسیاری براه اندازد، بیش از واژگونی نظریهٔ گردشارهای دکارت کشف شده بود.

11. Francis Bacon 12. *Novum Organum*

بر تجربه، اندیشهٔ تازه از راه رسیده‌ای نبود. ارسطو تجربه را بنیان روش خود در زیست‌شناسی قرار داده بود. اسکندرانیها آن را در اخترشناسی و فیزیك بکار بسته بودند. در سدهٔ ۱۳ راجر بیکن در برابر مخالفان، با شهامت از تجربه دفاع کرده بود. پیش از آنکه *ارغنون نو* منتشر شود، کوپرنیك، کپلر، تیکو، گیلبرت، گالیله و هاروی از تجربه استفاده‌های گسترده کرده و بر بنیاد آن دست به اکتشاف زده بودند. با این حال، بی‌شك نکتهٔ مهمی بود که شخصیت معروف جهانی و عالی جناب ریاست کل خزانه‌داری انگلیس، آشکارا مشاهده را به منزلهٔ راه حصول معرفت دربارهٔ طبیعت، از سایر راهها برتر شمرده بود.[13] در بیرون از مجامع علمی غالباً (به پیروی از افلاطون) مشاهده را خوار می‌شمردند و آن را جز در شان کیمیاگران، شایستهٔ مقام اشخاص شخیصی که به امور شریف عقلی می‌پرداختند، نمی‌دیدند. فرانسیس بیکن بود که به مشاهده رنگ و جلا داد.

روش علمی، منحصر به توسل به مشاهده نیست. ترتیب دادن فرضیه‌های راهنما و استفادهٔ بجا و بموقع از ریاضیات، از اصول روش علمی است. بیکن به اهمیت این دو جنبه پی نبرده بود. او گمان می‌کرد گردآوری و انباشتن داده‌های تجربی[14]، در فرصت مناسب خود به خود به کشف همگونگیهای طبیعی که علم در جستجوی آنهاست، خواهد انجامید. بر این اساس، وظیفهٔ دانشمندان باید آزمایش از پس آزمایش و ثبت نتایج آنها باشد. نظریه‌پردازی[15]، دست کم در مراحل آغاز کار، تباه کردن وقت است. اگر واقعیتهای جزئی به اندازهٔ کافی گردآید، حقایق کلی هم به خودی خود پیدا می‌شود. اما همگونگیهای مهمتر و نااشکارتر طبیعی عموماً از این راه آشکار نشدند و بیکن نیز جزئیات دقیق روشی را که علم به خودی خود با آن پیدا می‌شد، پیش‌بینی نکرد. از اشارهٔ ژان ژاك روسو می‌توان به میزان شهرت فرانسیس بیکن به عنوان پیشاهنگ علم ــ بویژه در اروپا ــ پی برد: «بزرگترین خطیب جهان کنسول روم[16] بود. شاید بزرگترین فیلسوفان رئیس کل خزانه‌داری انگلیس باشد.»[17] هرچند روسو جسارت ورزیده ومقام بیکن را همتراز دکارت ونیوتون قرار داده، اما خود او برای آوازهٔ بیش از اندازهٔ سیسرون و بیکن دلیلی آورده است: «آیا شما سخن مرا قبول ندارید که اگر سیسرون تنها استاد یکی از دانشگاهها بود و بیکن هم مستعمره‌ای بگیر یکی از مراکز علمی، آنارشان از اوضاع و احوال زندگیشان آسیب نمی‌دید؟»[18]

۱۳. یکی از منصبهای عالی دولتی فرانسیس بیکن منصب خزانه‌دار Lord Chancellor ای بود. در همین منصب بود که بیکن با دردسرهایی روبرو گردید و از صحنهٔ سیاست بیرون رانده شد. اشارهٔ طنزآمیز نویسنده به همین منصب اوست. ــ م.

14. empirical data 15. theorising

۱۶. اشارهٔ روسو به سیسرون cicero رومی است. سیسرون، فیلسوف، خطیب و دولتمرد بود و به مقام کنسولی هم رسید. ــ م.

۱۷. نقل از ترجمهٔ انگلیسی *گفتار دربارهٔ تاثیرات اخلاقی هنرها و علوم*. ۱۸. همان ماخذ

کاربرد بجا و بموقع روش علمی همواره نیازمند بهره‌ای از ذوق و قریحه است. بیکن در این سودای باطل بود که هرکس آزمایشگر قابلی باشد، روش علمی هم در دست او سلاحی مؤثر است. در استقرار قانون گرانش عمومی، ویژگیهای روش علمی بخوبی نشان داده شده است. رمز پیروزی قانون گرانش عمومی بیشتر در فرضیهٔ موثری بود که از همان آغاز کار وجود داشت و نیز وجود فرضیه‌ای که موردهای مشاهده را کاملاً به هم مرتبط سازد، تاکثرت دفعات مشاهده را.

معمولاً کشفیات علمی از تجزیه و تحلیل انبوه عظیم داده‌های واقعی ناشی نمی‌شوند. نخستین مرحلهٔ اکتشاف تقریباً همیشه محصول عاملی اندیشه برانگیز است که از تاثیر *شعارهٔ اندکی از داده‌های واقعی اندیشه برانگیز* به ذهنی نیرومند راه می‌یابد. این مرحله به تشکیل فرضیه ــ گمان اصیل هوشمندانه ــ ای دربارهٔ همگونگی (البته اگر همگونگی‌ای در کار باشد) موجود در واقعیتهای معدود مورد بحث می‌انجامد. سپس لازم است نتایج منطقی فرضیه کاملاً تعیین شود. در این مرحله از کار معمولاً ریاضیات نقش مهمی بازی می‌کند. آن چند واقعیت اصلی *باید* جزء نتایج منطقی فرضیه باشند، زیرا فرضیه تعمداً طوری ساخته شده است که این واقعیتها جزء نتایج آن *باشند*. واقعیتهای شناخته شدهٔ دیگری هست که با واقعیتهای فرضیه تجانس دارند، اما هنگامی که مشاهده‌گر فرضیه را ترتیب می‌داده، به ذهن او نگذشته است. باید ثابت شود که این گونه امور واقع منطقاً از آن فرضیه پیروی می‌کنند. اما اگر داده‌ای یافت شد که از منطق فرضیه پیروی نکرد، باید فرضیه را کنار گذاشت. اگر ثابت شد فرضیه همهٔ امور واقع مرتبط به هم را فرامی‌گیرد، آن فرضیه به مرتبهٔ نظریه ارتقاء می‌یابد. اما هنوز آزمایش دشوارتری در پیش است. بدون شك محاسبهٔ منظم نتایج فرضیه، موردهایی را که اصلاً مشاهده نشده، معلوم خواهد داشت. ریاضیدانانی که آنها را به عنوان فرضیه به کار می‌گیرند، می‌توانند نتایج آزمایشهایی را که پیش از آن درباره‌شان نیندیشیده‌اند، محاسبه کنند. این آزمایشها انجام خواهند گرفت و پیش‌بینی‌ها نیز آزموده خواهند شد. با هر پیش‌بینی موفقیت‌آمیزی، نظریه قوام و استحکام بیشتری خواهد یافت. در این حال دانشمندان، دانش تجربی پیرامون پدیده‌ها را، دانشی که جز در این صورت از نظرها پنهان می‌ماند، فراهم می‌آورند.

بنابراین، دو هدف تأمین می‌شود: نخست، احتمال اینکه واقعیتهای مهمتر از راه جستجوی آزمایشی مورد به مورد دانش تجربی و یا راهنمایی نظریه آشکار شود بیشتر است، تا آنکه آزمایشها تصادفی صورت بگیرد یا به دلخواه آزمایشگر باشد. دوم آنکه احتمال اینکه در آن نظریه بهره‌ای از حقیقت کلی باشد، به تدریج و درجریان کار تقویت می‌شود. نظریه، ناظر به نوعی همگونگی در میان پدیده‌های جزئی بسیار است. اگر درستی این همگونگی در موردهای بسیاری آزموده شود، عقیده به درستی نسبی ــ نه مطلق ــ این فرض نیز مبنای مطمئن‌تری خواهد یافت. چنین اطمینان منطقی به درستی نسبی مفروضات نظری کلی، می‌تواند جانشین ناقصی برای معرفت یقینی نسبت به حقایق

کلی باشد. امّا این اطمینان حصولپذیر است و همهٔ آن چیزی است که علم از تامین آن ناگزیر است.

در «روش علمی»، ترکیب دقیق مشاهده، فرضیه، ریاضیات و آزمایش برنامه‌ریزی شده موثرتر از آنین کار[19]ی است که فرانسیس بیکن پیشنهاد می‌کند و ما را وامی‌دارد *پیش از* آنکه نظریه‌ای بپردازیم، داده‌های واقعی را به فراوانی گرداوریم. مشکل بتوان از میان انبوه درهم و برهم امور واقع که جملگی با هم و یکجا به نظر آیند، جز بدیهی‌ترین همگونگیها را انتزاع کرد. اگر از همان مراحل آغاز کار فرضیه‌ای را به کار بندیم، امکان موفقیت بیشتر است. و در این صورت تفحص ما محدود به جستجوی آن گونه معرفت تجربی می‌شود که با اعتبار آن فرضیه ربطی دارد. بنابراین، به جای آنکه امید مبهمی به ما بدهد، سازمان یافته و هدفمند است. ممکن است فرضیهٔ نادرستی بکار بسته شود. اما نادرستی آن بزودی آشکار خواهد شد. پس می‌توان ناراستی فرضیه را رابست کرد یا آن را به قالبی نو ریخت. در هر حال از تاریخ علم بخوبی پیداست آزمایشهایی که حتی با فرضیه‌ای نادرست هدایت شده‌اند، نتیجه‌بخش‌تر از آزمایشهایی بوده‌اند که فرضیهٔ هدایت کننده‌ای نداشته‌اند. فرضیه برای آنکه سودمند باشد، لازم نیست که حتماً درست باشد.

کسانی که روش علمی را به کار می‌برند، با فرانسیس بیکن همعقیده‌اند که مبنای اعتقاد علمی نهایتاً بایستی تجربی باشد. تنها ضامن موثق و قابل قبول در نزد دانشمندان این است که نتایج آزمایش با چنان دقت و تفصیلی منتشر شود که آنها بتوانند با تکرار آزمایش ثبوت آن را تایید کنند. آثار فرانسیس بیکن دیدگاه تجربی را درمیان دانشمندان ترویج داد، اما او نه پایه‌گذار اصلی دیدگاه تجربی است و نه تنها مسبّب گسترش آن.

شرایطی که برای کاربرد موفقیت‌آمیز روش علمی لازم است، به اندازه‌ای متنوع است که به سختی ممکن است در یك شخص جمع باشد. این شرایط عبارت است از: (۱) درك عمیق علم گذشته و امتیازها و کاستیهای آن.[20] (۲) داشتن هوشیاری، دقت مشاهده، قوهٔ تیز تشخیص در برقرار کردن پیوند میان امور واقعی که بظاهر نامرتبط می‌نمایند. (۳) داشتن قوهٔ تخیل در ترتیب دادن فرضیه‌ها، و به حس و غریزه دریافتن که کدامیك از فرضیه‌ها می‌تواند نتیجه‌بخش‌تر باشد. (٤) داشتن توانایی ریاضی در بسط و گسترش فرضیه (۵) داشتن چیره دستی در کار آزمایش و مهارت مکانیکی در تهیهٔ وسایل آن. ارشمیدس و نیوتون از این مواهب به فراوانی برخوردار بودند. فاراده (مایکل فَرَدَی)[21] عالم الکتریسیته، جز شرط چهارم، همهٔ شرایط را داشت. مکسول که

---

19. procedure

۲۰. بیکن و دکارت نمونهٔ کسانی هستند که به سبب نداشتن آگاهی کافی از گذشته، آثارشان عیبناك است.

21. M. Faraday

اندیشه‌های فاراده را به طریق ریاضی شرح وبسط داد، شرط پنجم را نداشت. اما مردانی که در استعداد به پای اینها برسند، کمیابند. به ندرت ممکن است نظریهٔ علمی با کار و کوشش یك تن به نتیجه برسد؛ تقریباً همیشه توانایی‌های گوناگون افراد بسیاری لازم است.

کشف گرانش عمومی، همهٔ مشخصات طرح نوین تفکّر علمی را که از آن پس با آن آشنایی داریم در خود داشت. کشف این قانون با پیوندی که در ذهن هوشمند نیوتون میان گردش ماه و فروافتادن سنگ برقرار شد، آغاز گردید. امّا نیوتون صبر نکرد تا، به روش بیکنی، توده‌ای از داده‌های واقعی فراهم آید. فرضیهٔ اولیه دربارهٔ اینکه جاذبهٔ زمین تا ماه امتداد دارد و از قانون عکس مجذور پیروی می‌کند، بیدرنگ ترتیب داده شد. تنها بنیادهای این فرضیه، یکی شهود هندسی و دیگر مشابهتی بود که ذهن نابغه‌ای میان پدیده‌های بظاهر نامرتبط به هم تشخیص داده بود. نیوتون به این نکته توجّه کرده که مدار ماه ممکن است به همان دلیلی به سوی زمین خمیده باشد که مسیر فروافتادن سنگ به سوی زمین چنین است. به سخن دیگر، گردش ماه نیز در اثر جاذبهٔ زمین است. قانون عکس مجذور را هندسه پیش می‌نهد. سپس نیوتون نخستین فرضیهٔ محدود خود را با محاسبه‌ای که آن فرضیه را کاملاً تأیید نکرد، آزمود. اما همین دلیل مختصر آن قدر نویدبخش بود تا سرانجام به این فرضیهٔ بسیار کلی بینجامد که: هر ذرهٔ مادّی نیروی جاذبهٔ قابل محاسبه‌ای بر ذرات دیگر وارد می‌آورد. یك کار عظیم ریاضی، که حتی ذهن نیوتون را چندسالی به خود مشغول داشت، او را توانا ساخت تا تمام حرکتهای آسمانی شناخته شده را که در دایرهٔ شمول فرضیهٔ او قرار می‌گرفتند، توضیح دهد. گرانش عمومی به نظریهٔ استواری تبدیل شد. پیروزیهای نهایی نظریهٔ او ــ که همانا پیش‌بینی باشد ــ با بازگشت ستارهٔ دنبالهدار ادموند هیلی و کشف نپتون از راه رسید. با پایان گرفتن سدهٔ ۱۹ که نظریهٔ گرانش از ۲۰۰ سال آزمایشهای گوناگون سرفراز بیرون آمد، بیش از هر نظریهٔ علمی دیگر درباره‌اش اتفاق نظر حاصل شد. شاهدهایی که آن نظریه را تأیید می‌کرد مقاومت ناپذیر بود، اما این نظریه در آغاز سدهٔ بیستم از بیخ و بن دستخوش تغییر شد. اصول ابدی هیچ جایی در علم ندارند.

٤ کش‌مکش عقل و تجربه روشهای پیشینی و پسینی دکارت و اسپینوزا تجربه‌گرایی: سنت فلسفی انگلیس

گذشته از فرانسیس بیکن، جان لاك (۱۶۳۲ تا ۱۷۰٤) و ولتر (۱۶۹٤ تا ۱۷۷۸) دانشورانی بودند که عمیقترین تاثیرها را در انقلاب علمی برجای گذاردند. تاثیر لاك در این میان، بیشتر تاثیری خلاّق بود. او دریافت که فلسفه را دیگر یارای آن نیست تا علم را نادیده بگیرد. پس کوشید تا فلسفه

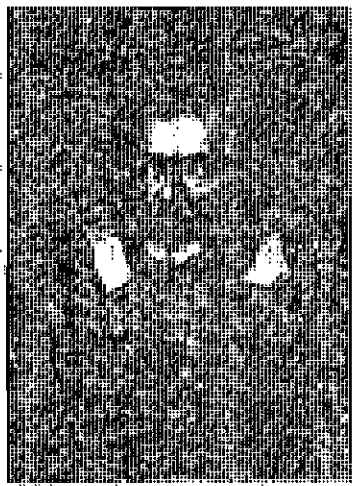
را در طریق علمی اصلاح کند. ولتر که استعدادهایش برای چنین مقصودی بسیار مناسب بود، بیشتر کوشش خود را متوجه بی‌اعتبار ساختن مخالفان ساخت. باید کمی به عقب بازگردیم تا بهتر دریابیم چگونه لاك و ولتر در زمینهٔ کلی بحث ما جای می‌گیرند.

کش‌مکش میان عقل و تعصّب در سده‌های ٤ و ٥ م به سود تعصب پایان گرفت، اما در سده‌های ۱٦ و ۱۷ م کفهٔ ترازوی عقل سنگینتر شد. جدا از این کش‌مکش، در همان وقت کشاکش دیگری در صف هواداران عقل و میان تجربه‌گرایان و پیروان روشهای پیشینی درگرفت. تجربه‌گرایان می‌گفتند معرفت نسبت به عالم خارج تنها از راه تجربه بدست می‌آید و پیروان روشهای پیشینی براین عقیده بودند معرفت به عالم خارج از راه تفکّر محض و مبتنی بر اصول کلی شناخته شده‌ای است که به شهود دانسته می‌شود. باید به این کش‌مکش فرعی که در فصل چهارم با آن آشنا شدیم، بازگردیم. این کش‌مکش پیش از آن نیز در میان یونانیان دیده شده است. سنت اسکندرانی که هیپارخوس و ارشمیدس نمایندهٔ آنند، سنتی تجربی بود. سنت آتنی که افلاطون نمایندهٔ آن است (با تحقیری که نسبت به رصّادان و اخترشناسان روا می‌داشت) مخالف تجربه بود. ارسطو در موضوعی مانند جانورشناسی، که براستی مورد علاقهٔ او بود، تجربه‌گرا بود و در اخترشناسی و مکانیك که از نظر او موضوعاتی کمتر جدّی بودند، به بحث نظری و پیشینی اکتفا می‌کرد. این دو دیدگاه مخالف با دو نظر متفاوت راجع به ریاضیات پیوند داشت. آنها که از پیروزیهای ریاضیات به شگفت آمده بودند اما به ماهیت حقیقی آن پی نبرده بودند، به روشهای پیشینی گراییدند. و پنداشتند اگر در هندسه معرفت به مکان را می‌توان از راه تفکّر محض به دست آورد، پس با روشهای قیاسی هندسی می‌توان سایر انواع دانشهای طبیعی را نیز فراهم آورد. آنها از یاد بردند یا نفهمیدند که اصول موضوع هندسه، هرچند که بدیهی بنماید، در واقع باز تعمیم حاصل از تجربه است. تجربه‌گرایی، در میان کسانی که اطلاع زیادی از ریاضیات نداشتند (مانند ارسطو) و یا در بین کسانی که ریاضیات را چنان عمیق می‌شناختند که به محدودیتهای آن پی برده بودند (مانند ارشمیدس) رایج شد.

پس از رنسانس، با ژرفتر شدن کش‌مکش میان عقل و تعصّب، کشاکش محدودتری برسر روشها درگرفت. گرایش به امور پیشینی از پشتیبانی تنی چند از فیلسوفان متنفذ برخوردار گردید. شاخصترین این دسته از فیلسوفان، دکارت، لایبنیتز واسپینوزا بودند. این سه به شاهدهای حسی[2] کمتر اعتنا می‌کردند و درون بینی و شهود، و درپی آن استنتاج قیاسی را بنیادهای موثقتری برای معرفت می‌انگاشتند. در میان اینها، همچنانکه در بین اقران باستانیشان، افلاطون بیش از حدّ ساده‌دلانه‌ای به روشهای ریاضی به چشم می‌خورد. دکارت و لایبنیتز خود از ریاضیدانان برجسته بودند، حال آنکه اسپینوزا ریاضیدان متبحّری نبود. هرسهٔ آنها ریاضیات را آشکارا ارج می‌نهادند

2. evidence of the sense

(الف) کپلر

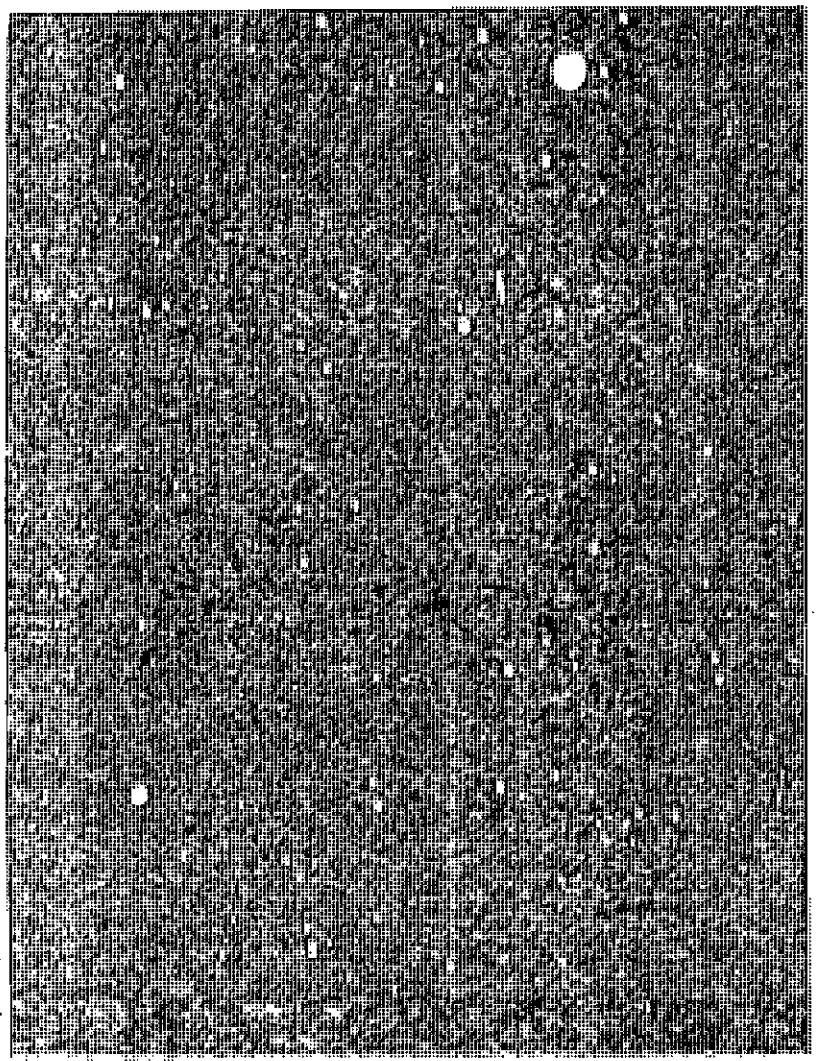


(ب) گالیله

(پ) دکارت

(ت) نیوتون

تصویر نه



تصویر ده: رديابی سيّارگان خرد.

مانند افلاطون که به ریاضیات ارج می‌گذاشت، اما نتیجهٔ این ارج نهادن مانند نتیجهٔ کار افلاطون بود. دکارت که بران شده بود تا انچه را از پیش اموخته به دور افکند و دانستن را از نو اغاز کند، در رسالهٔ *گفتار در روش راه بردن عقل* روش کار خود را به این شرح وصف کرده است:

> تسلسل دراز دلایل ساده و اسان که علمای هندسه انها را برحسب عادت برای رسیدن به دشوارترین براهین خود بکار می‌برند، مرا به خیال انداخته بود که جمیع چیزهایی که معرفت انسان بران تعلق می‌گیرد به همان قسم نسبت به یکدیگر مترتب می‌باشند.[۲۳]

اسپینوزا به همین اندازه به تعمیم کاربست روشهای هندسی علاقه داشت. کتاب *اخلاق* او به سبک کتاب *اصول* اقلیدس تدوین شده است. *اخلاق* اسپینوزا با فهرستی از تعاریف و اصول موضوعی که از نظر او بدیهی است اغاز می‌شود و به دنبال ان مجموعه‌ای از قضایای شماره‌بندی شده می‌اید. هر قضیه با ارجاع به قضایای قبل، که با انها ارتباط دارد، ثابت می‌شود و در پایان هر برهان، عبارت «فهوالمطلوب»[۲۴] تکرار می‌گردد. در قلمرو اندیشهٔ سیاسی، تامس هابز به همین نسبت به روش هندسی علاقه نشان داده است.

با اتکاء به نوشته‌های بیکن، لاک و ولتر، دانشمندان بزرگ در همان زمان به ترویج تجربه‌گرایی پرداختند. تجربه‌گرایی با روحیهٔ انگلیسیان اواخر سدهٔ ۱۷ و اوایل سدهٔ هجده سازگار درامد، اما مدت بیشتری گذشت تا نشو و نمای خود را در اروپا اغاز نمود. سرایت تجربه‌گرایی از قلمرو علوم طبیعی به قلمروهای دیگر، که لاک بیشتر از دیگران دران دخیل بود، یکی از دامنه‌دارترین نتایج فکری انقلاب علمی است و اهمیت ان هرگز کمتر از پیروزی عقل بر حجیّت نیست.

۵ جان لاک تحقیق دربارهٔ *فاهمهٔ انسانی* تفکر و استنتاج اصول فطری و تصورات و ادراکات

لاک اثار نافذی در زمینهٔ حکومت و تعلیم و تربیت تالیف کرده است. اما مهمترین اثر او دربارهٔ فلسفهٔ عمومی، کتاب *تحقیقی دربارهٔ فاهمهٔ انسانی*[۲۵] (۱۶۹۰) است. این کتاب به معرفی نوعی از

۲۳. ترجمه به نقل از: رنه دکارت. *گفتار در روش راه بردن عقل* (ضمیمهٔ ج ۱ *سیر حکمت در اروپا*). ترجمهٔ محمدعلی فروغی. تهران، کتابهای جیبی، ۱۳۴۰، ۲ ج، ج ۱، بخش ۲، ص ۳۷۰. ــم.

24. Q. E. D.

۲۵. *An Essay Concerning Human Understanding*. ترجمه‌ای از این کتاب، البته از روی متن ملخص پتیسن نه براساس متن کامل اثر، به فارسی منتشر شده است. اطلاعات کتابشناسی این ترجمه به این شرح است: جان لاک. *تحقیق در فهم بشر*. ترجمهٔ صادق رضازادهٔ شفق. دانشگاه تهران، ۱۳۳۹. در مواردی که

فلسفه می‌پردازد که هدف از ان ان‌قدر که تحلیل و پیونددادن روشها و نتایج علوم خاص است، جست‌وجوی دانش نیست. فراهم اوری دانش کار فیزیک، کالبدشناسی، اخترشناسی، الهیات، تاریخ و سایر علوم است. وظیفهٔ فلسفه نظارت و سرپرستی، محدود و مقید ساختن، بررسی مبانی و درستی دعاوی، ارزیابی و اشتی دادن نتایج انهاست. بنابراین، ضرورت عاجل فلسفه تشخیص تواناییها و محدودیتهای ذهن انسان است، زیرا که همهٔ علوم بدان وابسته‌اند. به همین دلیل لاک به روانشناسی و نظریهٔ شناخت علاقه‌مند بود. از *اندرزنامه به خواننده*[۲۶] که کتاب با ان اغاز می‌شود، پیداست که ارای لاک دربارهٔ روشها و هدفهای شایستهٔ تفکر، متاثر از احساس ستایش‌امیز او نسبت به علم سدهٔ ۱۷ است:

> کاخ دانش در این ایام بی‌استادکار نیست... اما بویل یا سیدنم[۲۷] شدن کار هرکس نیست. در عصری که استادانی به ارجمندی هویگنس و بی‌همتایی اقای نیوتون پرورده می‌شوند... زیبنده است که همچون کارگر ساده برای زمین‌شویی به خدمت درامد.

لاک به مرتبه‌ای بیش از کارگری ساده رسید. او نه تنها از جهت فکری با اقای نیوتون بی‌همتا برابر نبود، اما *تاثیرش* در تاریخ تفکر هرگز کم اهمیت‌تر از تاثیر نیوتون نیست.

او در کتاب *تحقیقی دربارهٔ فاهمهٔ انسانی* بوضوح گفته که هر نوع معرفت در نهایت مبتنی بر تجربه است: تنها معرفتی که داریم، معرفت نسبت به تصوراتی[۲۸] است که در ذهن[۲۹] ماست. یا حواس ما این معرفتها را مستقیماً عرضه می‌دارد؛ یا ترکیب تصورات ساده‌تری هستند که از گذشته در ذهن بوده‌اند و در مخیلهٔ ما قوام می‌یابند. مثلاً، شیرینی و سرخی تصوراتی هستند که ما مستقیماً از حواسمان اخذ می‌کنیم، اما تصوراتی مانند تصوّر قنطورس[۳۰] را از راه تجربهٔ مستقیم اخذ نمی‌کنیم؛ حتی اگر وجود چنین تصوری منوط به تجربه باشد. تصور قنطورس را از ترکیب دو تصوّر ساده‌تر «تنهٔ اسب» و «سرانسان» که قبلاً از طریق حسی اخذ کرده‌ایم، تشکیل می‌دهیم. تصوّرات انتزاعی، مانند تصوّر زیبایی، نیز متکی به حس است، زیرا نمی‌توان بدون *داشتن تجربه* از چیزهای زیبا زیبایی را تصوّر کرد.

نویسنده از اصل کتاب نقل قول اورده، با ترجمهٔ حاضر مطابقت داده‌ام، اما در هیچ موردی از این ترجمه نقل نکرده‌ام. ــم.

26. *The Epistle to the Reader* 27. T. Sydenham

۲۸. idea (=تصوّر). این اصطلاح در فلسفهٔ افلاطون به «مثال»، در فلسفهٔ لاک به «تصور» و در موارد دیگری به «مفهوم» و حتی گاه به حسب اقتضاء به «اندیشه» ترجمه شده است. ــم.

29. mind

۳۰. Centuar، در اساطیر یونانی به نژادی از جانوران می‌گفتند که از سینه به پایین، اسب و از سینه به بالا، انسان بودند. ــم.

تفکر عبارت است از: تأمل[۳۱] در تصورات، رده‌بندی، به یادآوردن، ترکیب کردن آنها برای پدیدآوردن تصورات پیچیده‌تر، تحلیل به تصورات ساده‌تر و توجه کردن به روابط میان آنها. بدون تفکر، معرفت نمی‌تواند باشد؛ بدون تصورات، تفکر نمی‌تواند باشد؛ و بدون حواس تصور نمی‌تواند باشد. بدون کمك حواس، حتی اصول منطقی مجهول خواهد بود. لاك می‌گوید: غالباً تصور می‌کنند ما با اصول منطقی که بر ذهنمان نقش بسته است زاده شده‌ایم؛ حال آنکه این طور نیست. استنتاج[۳۲] عبارت است از کشف پیوندهای میان مفاهیم گوناگون. ممکن است پیوند میان تصور *الف* و *ی* را بیدرنگ تشخیص دهیم، یا برای کشف آن ناگزیر از توسّل به تصورات میانجی[۳۳] باشیم. ما پیوند میان *الف* و *س*، پیوند میان *ش* و *ل* و سپس پیوند میان *م* و *ی* را مستقیماً درك می‌کنیم. بنابراین، به صورت غیرمستقیم پیوند میان *الف* و *ی* را بازمی‌شناسیم.

هرکس برای عمل استنتاج به دو قوهٔ ذهنی[۳۴] نیاز دارد و در بعضی از موارد باید پیوند میان یك تصور با تصور دیگر را مستقیماً ادراك کند. اگر از عهدهٔ این کار برنیاید، او باید توانایی یافتن آن دسته از تصورات میانجی را که به کمك آنها بتوان زنجیرهٔ لازم برای چنین ادراکات مستقیمی ترتیب داد، داشته باشد. هرکس که این قوای ذهنی را دارا باشد، می‌تواند استنتاج منطقی کند و نیازی نیست که با قواعد صوری منطق آشنا باشد؛ مثلاً قیاس منطقی[۳۵] را بداند که می‌گوید «اگر هر *الفی* بی است، و هیچ بی‌ای جیم نیست، پس هیچ *الفی* جیم نیست.» در واقع عبارتهای منطقی‌ای از این دست بیان مجدد نیستند که پیش از آنکه استنتاج منطقی را *اغاز* کنیم، حتماً می‌بایست اصول فطری (قضایا)[۳۶] را در ذهن داشته باشیم. قاعده‌های منطقی فقط پیشینیه‌های سودمند صورتهای منطقی‌ای هستند که تجربه نشان آنها را در استنتاجهای عملی موفق در گذشته نشان داده است. بنابراین، استنتاج موفق لزوماً مقدم بر ترتیب و تنظیم اصول منطقی است، زیرا اصول منطقی از بررسی استنتاجهای موفق نتیجه می‌شود. عقیده به اینکه استنتاج موفق به پیش‌انگاشت[۳۷] اصول منطقی بستگی دارد، عقیده‌ای نادرست است.

ممکن است دلیل بیاورند که اصول منطقی تنها به سبب معناهایی که ما به واژه‌های خاصی نسبت می‌دهیم، درستند. اصول منطقی نتایج راهی است که ما برحسب توافق زبان را در آن راه به کار می‌بریم. اما اصول منطقی تنها در صورتی درست است که ما واژه‌هایی چون «اگر»، «هر»، «هست»، «نیست»، «نه» را با معانی خاصی درك کنیم. این نظر نه تنها دربارهٔ اصول منطق، بلکه دربارهٔ قضایای ریاضی هم مقبول می‌نماید. با این وصف، آنها را ازوابستگی به تجربه رها نمی‌کند ما با توجه به اینکه واژه را در کدام اوضاع و احوال می‌شنویم، یا به کمك معانی فرهنگ لغت، که

31. contemplating 32. inference 33. interventing ideas 34. faculty
35. syllogism 36. innate principle 37. pre-conception

خود با واژه‌های دیگری بیان شده و ما به همین طریق به معانی آنها پی برده‌ایم، معنی واژه را درمی‌یابیم.

عقیده به اینکه انسان با اصول فطری زاده می‌شود همان قدر غیر قابل قبول است که عقیده به اینکه انسان با تصورات فطری[۳۸] به دنیا می‌اید. ذهن انسان دراغاز چون لوح سفید است، اما تاثیرات بتدریج از راه حواس بران نقش می‌بندد.

لاك در کتاب اوّل تحقیق...، نخست ویران کردن همهٔ استدلالهای متداولی را که در دفاع از اصول و تصورات فطری آمده‌اند وجههٔ همت خود قرار داده است. نقّادی او از این استدلالها در مجموع موفق است. خود او یقیناً به آنچه گفته اعتقاد داشته است. پس از ویران کردن استدلالها، لاك استدلالهای خود را علیه اصول و تصورات فطری طرح کرده است. احتجاج اصلی او در برون اورد (مستخرج) زیر (کتاب اول، فصل دوم) پیداست:

> در میان عدّه‌ای از مردم این یقین حاصل شده است که در ادراك، اصول فطری خاصی هست... اگر تنها بتوانم ثابت کنم که چگونه انسان به صرف استفاده از قوای ذهنی طبیعی خود و بدون توسّل به هیچ صورت انطباعی فطری می‌تواند به کل معرفت نائل شود، کافی است تا خوانندگان غیر متعصّب را به بطلان چنان تصوری قانع سازم... زیرا به تصوّر من هر کس بسادگی بطلان این سخن را تصدیق خواهد نمود که خداوند به مخلوقش قوهٔ بینایی عطا کرده باشد، اما تصوّر رنگ را هم فطری ذهن او قرار داده باشد.

لُبّ کلام و جان استدلال لاك این است که چون خداوند به ما قوایی ذهنی بخشیده تا به کمك آنها خود تحصیل معرفت کنیم، پس تصور اینکه خداوند متحمّل زحمت مضاعفی شده و همان معرفت را به صورت تصورات فطری به ما عطا کرده باشد، تصوّری باطل است. خداوند از ذات خود نیز تصوّری فطری به ما نبخشیده، بلکه ما را ازاد گذاشته تا از ماهیّت خود و جهانی که در آن بسر می‌بریم به ذات و صفات او، پی ببریم.

گویی لاك خداوند را مانند خود به صرفه‌جویی در ابزار و وسایل علاقه‌مند دیده است. اگر او به اسراف و تبذیرهای طبیعت دربارهای از موارد[۳۹] توجه می‌کرد، شاید با شكّ و تردید در مفروض خود می‌نگریست. حتی اگر لاك موفق‌می‌شد ثابت کند (همچنانکه خود می‌خواست) که عقل با کار روی آنچه حس فراآورده و بدوعرضه داشته، *می‌تواند* به همهٔ معارف نائل شود، دلیلی نداردخوانندگان‌نا‌ل متعصب متقاعد شوند معرفت در عمل نیز تنها از راهی که او نشان می‌داد، *قابل حصول* است.

با وصف این، و برغم ضعف استدلال اولیّهٔ لاك، او در پایان دلیل محکمی در پشتیبانی از

38. innate ideas

۳۹- برای مثال، ماهی باید چه قدر تخم بگذارد، تا یکی از آن میان بزرگ شود و چندگاهی عمر کند؟

تجربه‌گرایی خود می‌آورد. استحکام دلیل او بیشتر در محکم کاری و خوش ذوقی است که در راه بسط نظر خود در آثار اخیرش به کار برده، نه مرهون منطق ابطال ناپذیر او. جا به جا مواردی از حکمهای ناهمساز و پرسش انگیز در کتاب *تحقیق*... به چشم می‌خورد؛ اما اگر کسی سراسر کتاب را با اندك تبار مساعدی بخواند، ممکن نیست اعتقادش به اصول و تصورات فطری متزلزل نشود و همچنان بر رأی سابقش باقی بماند. کتاب در مجموع قطعاً در بیشتر خوانندگان میل شدیدی به تجربه‌گرایی برانگیخته است.

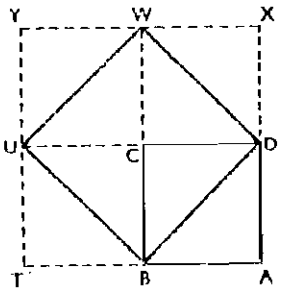
٦ لاك و افلاطون منون افلاطون روش گفت‌وگوهای سقراطی (افلاطونی)

در همهٔ مواردی که گذشت، لاك با افلاطون کاملاً مخالف است. تقریباً از خلال تمام نوشته‌های افلاطون می‌توان اعتقاد او را به اینکه هر انسانی با اصول و تصورات ذهنی خاصی که از پیش در ذهن اوست زاده می‌شود، به چشم دید. صریحترین احکام افلاطون در این باب که بیشتر جلب نظر می‌کند، شاید در گفتگوهای کتاب *منون* (قابلیّت) باشد که یکی از دلکشترین آثار فکری است. هدف آشکار این گفت‌وگو معلوم داشتن این است که آیا قابلیّت آموختنی است یا نه. اما همان طور که عادت محاورات افلاطون است، او انقدر به حاشیه رفته که اصل پرسش تحت‌الشعاع قرار گرفته است. مهمترین بخش کتاب *منون* آن قسمت است که افلاطون می‌کوشد (البته افلاطون از زبان سقراط سخن می‌گوید) ما را متقاعد سازد «پژوهیدن و آموختن در حقیقت جز به یادآوردن نیست.»[٤٠] نفس انسان پیش از آنکه وارد بدن شود و پیش از زادن او به همهٔ معارف وقوف داشته است. آنچه در این جهان لازم است، تنها به یادآوردن معرفتی است که موقتاً فراموش شده است. فرایندی که ما پژوهیدن و آموختن می‌نامیم، در واقع چیزی بیش از کوشش منظم یادآوری نیست.

سقراط برای اثبات منظور خود؛ غلامی را که منون به او اطمینان داده هرگز هندسه نخوانده است، فرامی‌خواند. سقراط از غلام می‌پرسد چگونه می‌توان مربعی کشید که مساحت آن دوبرابر مربع مفروض باشد. غلام در آغاز دوبار اشتباه می‌کند. سقراط با پرسش و پاسخ او را به اشتباه خود آگاه می‌گرداند و غلام نیز اشتباه خود را می‌پذیرد. سپس سقراط نموداری را که در شکل ٤٨ می‌بینید، رسم می‌کند و دربارهٔ آن از غلام چند پرسش می‌کند. غلام در پاسخ سقراط می‌گوید که:

٤٠. نویسنده این عبارت را از ترجمهٔ انگلیسی فلایر سیدنم Floyer Sydenham (۱۷۳۳) نقل کرده است. خوانندگان فارسی نگاه کنند به: افلاطون. *دورهٔ آثار افلاطون*. ترجمهٔ محمدحسن لطفی و رضا کاویانی، ج ۲: کتاب *منون*، ص ۳۸۸. ـ م.

(۱) مربع AXYT چهار برابر مربع ABCD است؛ (۲) هر پاره خط ضخیم، یکی از مربعهای چهارگانه را به دو نیم می‌کند؛ (۳) مربع BUWD که با خط ضخیم رسم شده، نصف مربع AXYT است؛ (٤) مربع BUWD دو برابر مربع ABCD است. بنابراین مربع مساحت حاصل از قطر هر مربع مفروض، دو برابر مساحت همان مربع است.



شکل ٤٨

سقراط یادآوری می‌کند هیچ نکته‌ای به غلام نیاموخته و تنها از او چند پرسش کرده است. بنابراین، با پرسش، دانشی که از پیش از زاده شدن در روح نهاده شده، از نهان به عیان می‌آید؛ زیرا روح غلام گرچه هم‌اکنون در جسم او اشیان دارد، پیش از او هم وجود داشته است. از این سخن دو نتیجه گرفته می‌شود: (۱) روح جاودانی است؛ (۲) معرفت را باید از راه درون‌بینی در خود سراغ گرفت، نه در عالم خارج.

بنابراین اگر حقیقت همه چیز در روح باشد، روح باید جاودان بماند. پس اگر اکنون چیزهایی هست که تو نمی‌دانی، همان است که تو نمی‌توانی به یاداوری، مطمئناً تو بایستی در درون خود آنها را بجویی...

این برون آورد نکتهٔ اصلی نظریهٔ شناخت افلاطون را کاملاً آشکار می‌سازد و چگونگی اختلاف بنیادی آن را با نظریهٔ لاك نشان می‌دهد. افلاطون مشابه این سخن را بارها و بارها تکرار کرده است. اجازه بدهید تنها به نقل قول دیگری از گفت‌وگویی که در آن اعتبار حواس را منکر شده و تفکّر درون‌بین را ستوده است، بسنده کنیم:

چنین می‌نماید که روح آدمی هنگامی می‌تواند به نیکوترین وجه اندیشه و تعقّل کند که حس بینایی و شنوایی و خوشی و ناخوشی او را مشوّش نسازد بلکه از گرفتاری تن آزاد باشد و تا آنجا که میسّر است دور از تن به جستجوی حقیقت بپردازد.[٤١]

٤١. نویسنده این قسمت را به نقل از ترجمهٔ انگلیسی هنری کری Henry Cary (۱۸٤۸) آورده است. خوانندگان فارسی نگاه کنند به *همان مأخذ*، ص ٤۹۳. ـ م.

استدلالی که افلاطون در کتاب منون آورده، هرچند زیرکانه و بسیار ظریف پرداخته شده، اما حاوی دو مغالطه است. اگر کسی که پاسخ پرسش را از پیش نمی‌دانست *از غلام پرسش می‌کرد*، بعید بود غلام بتواند مسئله را حل کند. سقراط شکل را درست کشیده و همهٔ پرسشهایی که از غلام کرده بجا و مربوط بوده است. این صحنه‌سازی در صورتی قانع کننده می‌بود که تنها دو غلام هندسه نخوانده رو در رو می‌نشستند و یکی از دیگری پرسش می‌کرد. اما اگر از این هم بگذریم، باز هم ایراد جدّیتری باقی است. اگر دانشی که از آن سخن رفته ریاضی یا منطقی نمی‌بود، ترفند افلاطون هرگز کارگر نمی‌افتاد. هزاران هزار پرسش به یاد غلام نمی‌آورد که جمعیت اتن چه قدر، یا نام فرماندهٔ ایرانی در جنگهای ماراتون چه بود؛ مگر آنکه غلام اینها را عملاً از کسان دیگر و در طول زندگیش فراگرفته بود. سقراط منظور خود را (البته به نحو بسیار مشکوک) با مورد خاص دانش ریاضی ثابت کرده و آنگاه به طور ضمنی و با ظرافت، درستی آن را تعمیم بخشیده است. منون هم مانند بزاخه‌ی گفته‌های او را تأیید کرده است. مانند بیشتر محاوره‌های افلاطون، راه سقراط در همهٔ گفت‌وگوها راهی بسیار انسان است: چه خوب بود اگر گاهی وقتها هماورد سنگین رزمتری به میدان بیاید و او مجبور شود این کاشتی در همهٔ گفت‌وگوهایی که وسیلهٔ آرای فلسفی قرار می‌گیرند، مشترک است. شخصیتی که اندیشه‌های نویسنده را بازمی‌گوید به قدری نافذتر از شخصیت طرف دیگر است که هیچ گاه مجال نمی‌دهد طرف مقابل گل کند. نه سیمپلیکوس گالیله حریف سالویاتی است[۴۲] و نه هیلاس هماورد واقعی فیلونوس جورج بارکلی.[۴۳]

۷ بازهم لاک و افلاطون غار افلاطون جوهر
تفاوت و تفاهم افلاطون و لاک

پس لاک و افلاطون در موضوع روش تحصیل معرفت اختلاف‌نظر کامل دارند. لاک به حس و تجربه و مداومت عقل توجه دارد، اما نظر افلاطون به تفکر محض و مبتنی بر کندوکاو تصورات فطری است که در جایی از روح انسان مدفون شده‌اند. روش، تنها موضوع کش‌مکش این دو نیست. آنها همچنین برسر اینکه هدف از کاربرد عقل چیست، دو دیدگاه معارض با هم دارند.

۴۲. سیمپلیکوس Simplicus و سالویاتی Salviati دو شخصیت طرف گفت‌وگو در کتاب *محاوره دربارهٔ دو منظومهٔ بزرگ جهان*، اثر گالیله. ــم.

۴۳. هیلاس Hylas و فیلونوس Philonous دو شخصیت طرف گفت‌وگو در کتاب *سه گفت‌وشنود*، اثر جورج بارکلی George Berkeley. ــم.

لاک و افلاطون در این نکته همرایند که همه چیز منحصر به عالم حس نیست و بینایی، شنوایی و بساوایی ما تنها به ظاهر امور پی می‌برد؛ حال آنکه حقیقت غائی ورای ظاهر امور است و حواس ما هرگز ما را بدان حقیقت مستقیماً رهنمون نمی‌شود. این رأی را نخست افلاطون در کتاب هفتم *جمهوری* و با تمثیل مشهور غار بیان داشته است. او فرض کرده است انسانها را در غاری به زنجیر کشیده باشند، در حالی که روی آنها به دیوار ته غار و پشتشان به نور و دهانهٔ غار باشد. آنها تنها سایه‌ها و اشباحی را می‌بینند که از وقایعی که در پشت سرشان روی می‌دهد بر دیوار غار می‌افتد. انسان این سایه‌ها را واقعیت می‌پندارد. اگر یکی از به زنجیر کشیده‌شدگان بگریزد و خود را به نور برساند، نخست از تابش نور، چشمانش از دیدن بازمی‌ماند، اما پس از آنکه چشم به نور عادت کرد، کم‌کم به واقعیت پی می‌برد و حقیقت سایه‌ها را که بیش از تصاویر ناقصی نیستند، درمی‌یابد. اگر او به غار بازگردد و قصهٔ خود را بازگوید، حکایتش را به باد تمسخر گرفته و اشتغال عبث به سایه‌ها را از سر می‌گیرند.

لاک چون افلاطون می‌پنداشت در ورای ظاهر امور، حقیقت پنهانی هست. ما بروز پدیده‌های خاص را همیشه همراه هم می‌بینیم مثلاً رنگ، نرمی، مزه وبوی فلان چیزچنان درهم سرشته شده‌اند که هرگز نمی‌توان یکی را بدون دیگران تجربه کرد. همراهی و تداعی دائمی این کیفیتها ما را به این فرض وادار می‌کند که می‌بایست در ورای ظاهر آنها چیزی نهفته باشد که اتکای همهٔ اینها بدان چیز باشد. لاک برای این چیز پنهان، هرچه هست، اصطلاح «جوهر»[۴۴] را بکار برده است. چون کیفیتها حالّ در جوهرند، جوهر هم آنها را با هم یگانه نگاه می‌دارد. لاک جوهر را در معنایی که ما اینک به کار می‌بریم و از آن تنها معنی مادّی اراده می‌کنیم، به کار نبرده است. او جوهر را در معنای اصلی آن به کار می‌گرفت و مرادش آن بود که جوهر وجودی مستقل دارد و عامل نگاهدارنده یا مُقوّم همه چیز است. او جوهر روحانی[۴۵] را در ورای پدیده‌های روحانی و جوهر مادّی[۴۶] را در ورای پدیده‌های مادّی می‌دید. به نظر او، ما حقیقت جوهر را *ادراک نمی‌کنیم* بلکه وجود[۴۷] آن را *استنباط می‌کنیم*؛ زیرا وجود آن طبیعی‌ترین و قانع‌کننده‌ترین توضیح برای این واقعیت مشهود است که بعضی از کیفیتهای خاص همیشه همراه همند. رنگ، نرمی، مزه و بو، که پیشتر از آن یاد کردیم، با نمود معیّن و تغییرناپذیری که دارند، لاجرم بر وجود جوهری دلالت می‌کنند که ما آن را فی‌المثل پنیر می‌نامیم. ما تنها با هم بودن کیفیتها را ادراک می‌کنیم. امّا به وجود پنیر اذعان داریم، زیرا نمی‌توانیم برای با هم بودن *با قاعده‌ی* کیفیتها، علت دیگری تصوّر کنیم. ممکن است برحسب تصادف محض این کیفیتها *اتفاقاً* با هم جمع شده باشند، اما تکرار این گونه اتّحادها بعید است.

44. substance 45. spiritual substance 46. physical substance
47. existence

از اینجا به بعد توافقها پایان می‌یابد. هر دو فیلسوف می‌پندارند ورای نمودهای ظاهری[48] چیزی هست که می‌توان آن را (برای تمایز از نمودهای ظاهری) واقعیت[49] نامید. اما لاک و افلاطون بر سر اینکه نگرش ما نسبت به این واقعیت پنهان چگونه باشد، دو دیدگاه متفاوت اختیار می‌کنند. افلاطون معتقد است با کوشش عقلی محض و متعالی می‌توان به واقعیت دست یافت و رسیدن به آن تنها دستاوردی است که براستی ارزش کوشیدن دارد. کوشش عقلی با تمثیل مبارزهٔ دردناک انسان غارنشین در گسیختن زنجیر و عادت دادن چشمانش به نور تصویر شده است. معیارهای نادرست (حسی) که بسند بیشتر مردم است، به رفتار همان غارنشینانی می‌ماند که «نمایش پرفسون سایه‌ها» را برتر می‌شناسند.

از سوی دیگر، لاک معتقد است قوای ذهنی ما نمی‌تواند هیچ نکته‌ای را درباب ماهیت اصلی جوهرها روشن کند. ما تنها می‌توانیم هستی آنها را با اطمینانی نسبی استنباط کنیم، و همین و بس. می‌توانیم اطمینان داشته باشیم ورای ظواهر چیزی هست، اما اگر بخواهیم بدانیم آن چیز چیست، سعی باطل کرده‌ایم. لاک می‌گوید (تحقیق...، کتاب دوم، فصل بیست و سوم):

> به نظر من تصورات بسیط[50]ی که ما از احساس خارجی[51] یا احساس باطنی[52] حاصل می‌کنیم، محتملاً حدود تفکرات[53] ما باشند. ذهن هرچه تقلاً کند، نه می‌تواند پا را از این حدود یك گام فراتر گذارد و نه کشفیات دیگری انجام دهد؛ حتی اگر در ماهیت یا علل مخفی آن تصورات غور کند.

ما باید حدود تواناییهای ادراکمان را ارزیابی کنیم و هدفهای خود را مطابق با این تواناییها معلوم بداریم و از آن پس خرسند باشیم که «با خیال آسوده نسبت به آنچه به حکم امتحان دانسته شود ورای تواناییهای ماست، نادان بمانیم.» لزومی نیست تا از قوای ذهنی خود ناخرسند باشیم. این قوا از هیچ کس علاّم‌الغیوب نشناخته است. کارهای بسیاری هست که قوای ذهنی بخوبی از عهدهٔ آنها برمی‌آید. می‌توان قوای ذهنی را بطور موثر در خدمت آن کارها گماشت.

> اهمیت بسزایی دارد که ملاّح طول مسیر خود را بداند، گرچه ممکن نیست که او اعماق اقیانوس را اندازه بگیرد. همین قدر که بداند عمق آب کافی است، سفر خود را از آنجا ادامه می‌دهد.

این شیوهٔ برخورد لاک به آنچه ما هم اکنون درنگ آئینی (تعطیل) علمی[54] ــ پذیرفتن صمیمانهٔ نادانی خود، جز در موازدی که بتوان بر کاربرد عقل روی داده‌های حسی تکیه کرد ــ می‌نامیم، شباهت بسیار دارد. حتی هنوز گاهی اوقات این شیوهٔ برخورد را تا اندازه‌ای ناصواب می‌دانند. بیشتر

48. appearences 49. reality 50. simple ideas 51. sensation
52. reflections 53. thought 54. scientific agnosticism

ما مردم نسبت به کسانی که به جنگ ناممکنها می‌روند، کم و بیش همدلی داریم. «بی‌پروا اندیشی»[55] و «تعلقهای خاطر نا اینجهانی»[56] آنها را می‌ستاییم، بی‌آنکه مقصود خود را از چنین عبارتهایی بوضوح بدانیم. واگر کسی در این میان بگوید این گونه کسان عمر خود را تباه می‌کنند، بنا به عادت، سخن او را به بی‌نزاکتی حمل می‌کنیم. رابرت بریجز ضمن ستایش از مجاسن شخص شکّاك، به این نکته اشاره می‌کند که او گاه حتی نمی‌تواند در برابر وسوسهٔ جستجوی معرفتی که به عقیدهٔ او دست نیافتنی است، مقاومت کند:

> گرنفیر شیپور شکار در بیشه‌های اطراف بپیچد،
> او از خواب گران برمی‌جهد و از قلعه برون می‌دود.
> او دیوانهٔ شکار است و همچون شکارگران حرفه‌ای،
> عاشق سگ تازی، سلاح شکاری و صید خود است.

لاک که در میان همگنانش قدری اخلاق زهد نمایی و مبارزطلبی می‌دید، کوشید تا با استدلالی متکلّمانه و زیرکانه گریبان خود را از چنگ مدعیان آزاد کند. او گفت خالق مهربان قوای خاصی به ما مرحمت فرموده و از برکت حکمت کاملهٔ او، این قوا بالضروره شامل همهٔ چیزهایی است که مورد حاجت ماست. بنابراین، از حدود این قوا پا فراتر نهادن، فعلی عبث، سهل است، بیدینی است.

پس افلاطون را عقیده براین است که ما می‌توانیم و گذشته از آن، می‌باید به معرفت محض نائل شویم. و چون جای چنین معرفتی براستی در ذهن است، رهیافت ما بدان بایستی عقلی محض باشد. اما لاک معتقد است ما به معرفت محض نایل نمی‌گردیم و بهتر است به جست‌وجوی دانشهای سطحی‌تری که با کاربرد مشترك عقل و حس حصول‌پذیر باشد، اشتغال ورزیم. نگرش افلاطون، مابعدالطبیعی و دیدگاه لاک علمی است.

اگر اکنون نگرش افلاطون به نظر ما عجیب می‌نماید، بیشتر به سبب تاثیر لاک است. امروزه محال است کسی به دانشجویان اخترشناسی اندرز دهد که «اهمیتی به اجرام آسمانی ندهند.» اما نباید در مقام داوری دربارهٔ افلاطون، اندرز کالینگ وود را، که پیش از این در مبحث مربوط به طالس آوردیم، از یاد ببریم. باید در آنچه افلاطون کوشش درپیانش داشته، کاوش کنیم. او به آن گونه معرفتی که تنها از راه حواس بدست آید، گرایش نداشت، سهل است، اصلاً آن را در شمار معرفت نمی‌آورد. معرفت در نزد افلاطون پی بردن به جوهر نهانی شیء یا به «مثال» جاودان ورای آن است. سقراط در بحث پیرامون چنین جوهری در رسالهٔ *فایدون* می‌پرسد: «حالا، بگو ببینم تو چنین چیزی را با چشمان خود دیدی؟ یا به مدد حس دیگری آن را دریافته‌ای؟» این پرسش منظور افلاطون را فاش می‌گوید؛ طبعاً او می‌بایست تجربه‌گرایی را خوارمی‌شمرد.

55. high - mindedness 56. other - worldliness

۸ تجربه‌گرایی در فلسفه و علم تجربه‌گرایی و مدارای سیاسی و فلسفی تاثیر لاک

چالشی که در سال ۱۶۹۰ افلاطون و وراث فکری او (که عده‌شان هم پس از رنسانس بسیار بود) بدان فراخوانده شدند، برای آینده مهم بود.[۵۷] فلسفهٔ اروپایی بیدرنگ و به اطاعت و رغبت از لاک پیروی نکرد. اما پس از لاک در فلسفهٔ اروپایی تقسیم پیش آمد. یك جریان اصلی فلسفی که بیشتر از انگلستان سرچشمه می‌گرفت، تجربه‌گرایی را که لاک بنیاد نهاده بود، ترویج می‌داد. این نحله فیلسوفانی چون جُرج بارکلی،[۵۸] دیوید هیوم،[۵۸] جان استوارت میل[۵۹] و برتراند راسل[۶۰] را شامل است. جدا از اختلاف عقیده‌هایی که این فیلسوفان با هم دارند، در این اندیشه همرایند که وظیفهٔ فکری ما تحلیل تجربه و گرفتن تصمیم در این باره است که چه چیزی را می‌توان بدرستی از تجربه استنباط نمود. جریان دیگر فلسفی که بیشتر از آلمان سرچشمه گرفته، همچنان برا مکان حصول معرفت پیشینی، چه در درون و چه در بیرون از قلمرو منطق و ریاضیات، تاکید می‌ورزد. فیلسوفانی چون ایمانوئل کانت[۶۱]، فریدریش هگل[۶۲] و فردریش نیچه[۶۳] از این حیث پاسداران سنت افلاطون، دکارت، اسپینوزا و لایبنیتزاند. هگل اظهارنظر فلسفی بسیار افلاطونی‌واری دارد. او گفته است که به دلایل فلسفی، امکان اینکه بیش از هفت سیّاره باشد، نیست. از بخت بد، اظهارنظر او با کشف سیّاره خُرد سرس[۶۴] درسال ۱۸۰۱ از سوی جوزپه پیاتتسی[۶۵] همزمان بود.

ورود تجربه‌گرایی به قلمرو فلسفه از چند نظر اهمیت داشت. تجربه‌گرایی بر روشهای فلسفی گروهی از فیلسوفان تاثیر گذارد. انها با تقلید از دانشمندان، توجه خود را به هدفی محدود و مقیّد به زمان معطوف داشتند. تجربه‌گرایی با پیشینه و پشتوانهٔ فلسفی خود به کمك علم نوین شتافت و با آنکه علم توانسته بود بر روی پاهای خود بخوبی بایستد، دستان و بازوان نیرومندتری یافت.

اما واقعیتی که بمراتب مهمتر است، این است که چون تجربه‌گرایی، که دانشمندان پیشاهنگ آن بودند، در میان فیلسوفان پایگاهی بدست آورد، نگرش کلی وابسته به آن نیز به ناچار به زمینه‌های دیگر راه یافت. فلسفه با همهٔ انواع اندیشه پیوند دارد. بویژه اندیشهٔ سیاسی متاثر از فلسفه است. نظام حکومتی که بر پایهٔ استنتاج از اصول کلی پیش‌بنیاد[۶۶] و واجب‌الاطاعه سیاستگزاری کند، احتمالاً نظامی مخالف تساهل و مدارا، انعطاف‌ناپذیر و سرانجام ناموفق است.

---

۵۷. ۱۶۹۰ سال انتشار کتاب تحقیق در... اثر جان لاک است. ــ م.

58. D. Hume 59. J. S. Mill 60. B. Russell 61. I. Kant
62. F. Hegel 63. F. Nietzsche 64. Ceres 65. G. Piazzi
66. pre- established

نظامی که اصول حاکم بران بتدریج از راه آزمون و تجربهٔ سیاسی تکوین یابد، به آن معایب کمتر دچار می‌شود؛ زیرا اصولی که از این راه و در پرتو تجارب بیشتر حك و اصلاح شود، هرگز به عنوان اصول ثابت تلقی نخواهد شد. متفکری که به امور پیشینی قائل است و آرایش به اصولش متکی است، ازوماً اندیشناك آن اصول است. اگر آن اصول فرو بریزد، کل بنیاد زندگی و اخلاق او فرو می‌ریزد. پس عجیب نیست اگر چنین کسی با مخالفان خود بی‌مدارا و تساهل‌شکن باشد. اما تجربه‌گرا اصول خود را از تجربه برمی‌گیرد. اصول تجربه‌گرا چکیدهٔ ماحصل تجربیاتی است که به دست اورده است. تجربه‌گرا انتظار دگرگونی در آن اصول را دارد.[۶۷] و چون او را به بقای همیشگی هیچ یك از اصولش امید نیست، برای نامداراگری و تساهل شکنی هم انگیزهٔ کمتری دارد؛ و چیز با نامداراگری و تساهل شکنی، می‌تواند با همه چیز به تساهل و مدارا رفتار کند.

به همین دلیل با گسترش نفوذ تجربه‌گرایی، مدارای سیاسی و به همراه آن تساهل مذهبی ترویج و تقویت شد. حتی به نظامهای سیاسی که بر بنیاد آن استوار شدند، قدرت انعطاف بخشید. علم استحکام خود را به این واقعیت مدیون است که هیچگاه اصول آن ثابت نمی‌ماند. نظام عامی به جای انکه به صورت کل از هم بپاشد و فرو بریزد، هر جا که لازم باشد، خود را با تغییرات سازگار می‌کند. به همین سان نظامی سیاسی که بنیادهای تجربی داشته باشد، می‌تواند خود را با اوضاع و احوال گوناگون سازگار کند و از هم فرونپاشد. مردم می‌توانند چنین نظامی را در خدمت مقاصد خود به کار گیرند، همان گونه که علم را به خدمت می‌گیرند. کار چنین نظامی هیچ گاه تمام و کمال نیست، اما اگر نظام بخطا رود، زیانی که به بار می‌اورد، محدود خواهد بود. مردمی که نظام حکومتی خود را بر شالودهٔ اصول پیش بنیاد استوار می‌سازند، بسادگی ممکن است برده و بندهٔ همان نظامی شوند که باید در خدمتشان می‌بود. در این حال دشوار بتوانند بدون فاجعه خود را از شر چنان نظامی رها سازند.

تاثیر لاک بر رشد نهادهای انعطاف‌پذیر و اعتدالی در بسیاری از نقاط جهان، بسیار عمیق بوده است و اندیشهٔ سیاسی او بر بنیاد فلسفه‌ای کلی استوار شده که از علم تاثیر بسیار پذیرفته است. از سوی دیگر، نظامهای سلطه‌گر[۶۸] ــ که در این عصر، خود شاهد انها بوده‌ایم ــ به اصول ثابت و ناتجربی بسیاری متوسّل شده‌اند. اگر چه تلخ است، اما باید گفت نظامهای سلطه‌گر از بسیاری جهات به کاریکاتورهای جمهوری افلاطونی می‌مانند که معایب آن را بدرجات دارند، اما محاسن آن را اصلاً ندارند. فداشدن انسان در راه قدرت دولت؛ طبقهٔ حاکمه‌ای که کاملاً مجهز به عقاید خاصی است؛ طبقهٔ تافتگان جدابافتهٔ نظامی؛ تبلیغات دروغ؛ اصلاح نسل سازمان یافتهٔ دولتی؛ سانسور سیاسی هنرها و دانشها؛ فرمانروایی که مفسّر بی‌چون و چرای یك فلسفهٔ رسمی است، همه و همه

---

67. pope: *essay on criticism*[رساله دربارهٔ نقادی] 68. totalitarian systems

جنبه‌هایی از جمهوری افلاطونی است.

۹ باز هم لاک لاک و ریاضیات لاک و فرضیه

پس از کتاب *گردش افلاک آسمانی* کوپرنیک و کتاب *اصول* نیوتون، شاید *تحقیق دربارهٔ فاهمهٔ انسانی* لاک مهمترین کتاب انقلاب علمی باشد. برای کسانی که می‌خواهند تاثیر علم بر تفکر را بشناسند، مطمئناً این کتاب یکی از روشنگرترین آثار است. با آنکه لاک دانشمند نبود، اما مزایا و محدودیتهای علم را با هوشمندی خود تشخیص داده بود. او از زیانهای ناشی از اهمیت فزون از حد دادن به روشهای ریاضی بخوبی آگاه بود. در اشاره به کوشش بی‌حاصلی که برای تحصیل دانش علمی از راه قیاس متکی بر اصول کلی می‌کنند (که این اصول به گفتهٔ او بیشتر *نتایج* علم‌اند تا مفروضات آن) یادآور می‌شود که:

به نظر من، عاملی که احتمالاً می‌توانسته باعث رواج این روش در سایر علوم شود، موفقیت شایانی است که بظاهر نصیب *ریاضیات* شده است...

(*همان کتاب*، کتاب چهارم، فصل دوازدهم.)

به اعتقاد لاک، مباحث اندیشهٔ ریاضی مثالی است و بنابراین بیوند مستقیمی با واقعیت خارجی ندارد:

ریاضیدان به نحوی به حقیقت و خواص قائم‌الزاویه یا دایره می‌پردازد که گویی اینها فقط تصور ذهن آویند.

(*همان کتاب*، کتاب چهارم، فصل پنجم.)

واضحتر از این به خطایی که بسیاری از متفکران معتقد به اصول پیشینی مرتکب می‌شوند، نمی‌توان پی برد.

لاک به خلاف فرانسیس بیکن به ارزش فرضیه‌ها اذعان داشت، هرچند که می‌دانست فرضیه هر چه هم غیرمستقیم تأیید شود به مرتبهٔ معرفت یقینی نمی‌رسد. او همانند فیلسوفان اتمی یونانی به آن دسته از فرضیه‌هایی که احتمالاً می‌توانست برای علم سودمند باشد، توجه داشت. بخشهایی از کتاب تحقیق... گواه آن است که او خطوط پیشرفت ۲۰۰ سال آینده را پیش‌بینی کرده بود. با آنکه منکر توانایی انسان به فهم حقیقت جوهر است، اما خود ماشین‌گرا[69]ی تمام عیاری بود. او آشکارا بر این عقیده بود که اگر بتوان به ورای محسوسات رسید، همهٔ پدیده‌های طبیعی با ماده و حرکت تبیین خواهد شد. به گفتهٔ او، کیفیتهای اجسام سراسر به «جرم، شکل و حرکت اجزاء» آنها

69. mechanist

بستگی دارد. دانشمندان کنار گذاشتن این مفروض را که در سده‌های ۱۸ و ۱۹ همچون داربستی به آنها خدمت شایان کرده بود، بتازگی آغاز کرده‌اند. بارزترین شاهد شهود لاک را در بیان پیشگویانهٔ او از نظریهٔ جنبشی گرما می‌توان دید:

همچنان که دیده‌ایم اگر دو جسم را با شدت به هم بسابیم گرما تولید می‌شود... به همین دلیل می‌توان پنداشت آنچه *گرما* و *آتش* می‌نامیم، همان تکانها و حرکتهای تند اجزای بسیار ریز و نامرئی مادهٔ سوزان است.

(*همان کتاب*، کتاب چهارم، فصل شانزدهم.)

۱۰ کانت و حس زمان و مکان هندسهٔ نااقلیدسی
گاوس، بوایای، لوباچفسکی، ریمان

فرق میان نظریه‌های شناخت تجربی و پیشینی چنان مهم است و دفاع جانانهٔ لاک از تجربه‌گرایی چنان تاثیرات ژرفی برجای نهاده که ما را یارای آن هست بدون هیچ مقدمه‌چینی به پیشرفت سدهٔ نوزدهمی مرتبطی، که همانا پیدایش هندسهٔ نااقلیدسی[70] باشد، بپردازیم. دیدیم که پیروزیهای نخستین هندسه، کسانی را که به معرفت پیشینی نسبت به جهان خارج عقیده داشتند، چگونه دلگرم ساخت. هندسه در سدهٔ ۱۸ چون دژ مستحکمی در برابر پیشرفت تجربه‌گرایی پایداری می‌کرد. رد کردن این اعتقاد که هر جا روابط مکانی منتظر باشد، می‌توان با تفکر محض پیرامون واقعیتهای خارجی به معرفت یقینی رسید، کاری دشوار بود. اگر چنین معرفتی در یک مورد حاصل می‌شد، پس چه دلیلی داشت که در موارد دیگر ممکن نباشد؟ بودند کسانی که تردیدهای خود را داشتند، اما اثبات چنین تردیدهایی کارآسانی نبود. خود هندسه‌دانان سرانجام برای جبران کوتاهیهای گذشته که از اعتقاد نابجا به کاربرد روشهای ریاضی ناشی شده بود، آنچه لازم بود به عمل آوردند.

پرسش مبرم این بود: اگر براستی اصول اقلیدسی راست است، راستی آن اصول از کجا معلوم شده است؟ در اینکه بقیهٔ هندسهٔ اقلیدسی از آن اصول پیروی می‌کرد، هیچ کس تردید جدّی نداشت. محتمل می‌نمود که اصول اقلیدسی بتوانند تصمیمهای مبتنی بر تجربه باشند، اما این فرض با قدرت اقناع شدید این اصول سازگار نمی‌آمد. هیچ کس لزومی ندیده بود اصول موضوع را موضوع آزمون سنجشهای بسیار ریز و دقیق قرار دهد، حال آنکه مدعی بودند هرکس به غریزه راستی تام و تمام آن اصول را *احساس می‌کند*. قطعیت ظاهری آنها همچون حربه‌ای علیه منشاء

70. non - Euclidean geometry

تجربی اصول موضوع به کار می‌رفت، اما در عین حال بدشواری می‌توانستند آن اصول را به منشاء دیگری نسبت دهند.

کانت، فیلسوف آلمانی (۱۷۲۴ تا ۱۸۰۴) کوشید تا زمان و مکان را از عناصر تشکیل‌دهندهٔ عالم خارج قلمداد نکند و از آن تعارض بپرهیزد. کانت می‌گوید: ما دارای حسّ زمان و مکان هستیم، امّا این حسّ ناشی از کوشش ذهن ما در تنظیم موادی است که حواس ما بدان عرضه می‌دارد. قوای ذهنی ما بطرزی است که نمی‌تواند در آن واحد به همه چیز توجه کند. ما ناگزیریم که اعمال توجهی خود را به *نظم* آوریم و با این کار، زمان و مکان را برای خود *بیافرینیم*. حسّ زمان و مکان نتیجهٔ راهی است که محدودیتهای ذهنی ناگزیرمان می‌سازد عقل خود را در آن راه به کار بریم.

به کمک تشبیه موضوع روشن می‌شود. اگر در اداره‌ای همهٔ نامه‌ها را روی هم تلنبار کنند، کاری از پیش نمی‌رود. برای آنکه رشتهٔ کارها از دست نرود و نیروی فکری تباه نشود، می‌بایست نوعی نظام بایگانی یا روش پرونده‌داری برقرار باشد. زمان و مکان مانند نظام بایگانی است. ما ناگزیریم که دربارهٔ زمان و مکان چیزی بدانیم، زیرا اینها به منزلهٔ بخشی از تجهیزات لازم اداری ذهن ما هستند.

به نظر ما می‌رسد منظور کانت از اینکه زمان و مکان را «صور شهود»[۷۱] می‌خواند، همین باشد. اگر این را بپذیریم، شاید بتواند آن تعارض را از میان بردارد. کانت می‌گوید: چون اصول موضوع هندسه با مکان سروکار دارد، حکمهای مربوط به جهان خارج نیست، بلکه نتایج مسلم مقتضیات ذهنی خود ماست. از این رو، بدون آنکه به حواسّ خود تمسّک جوییم، *باید* به آنها یقین کامل داشته باشیم. اصول موضوع، حقایق خارجی نیستند، بلکه حقایق روانشناختی‌اند. اشارهٔ آنها نه به جهان، بلکه به طریق ادراک جهان است.

نمی‌توان رای کانت را با منطق رد کرد. ایراد اصلی بر رای او را باید از نتایج علوم طبیعی وام گرفت. بدون تردید این نتایج ما را در پیش‌بینی و مهارکردن محیط پیرامونمان توانا می‌سازد. امّا علوم طبیعی به این مفروض متکی است که زمان و مکان به نوعی وجود خارجی دارند، یا دست کم اینکه در جهان خارج چیزی هست که با زمان و مکان متناظر است، یا حسّ زمان و مکان را در ما می‌برانگیزد. این مفروض از هر حیث به اندازهٔ مفروض کانت بظاهر موجّه، و حتی بمراتب مناسبتر از آن است. بنابراین، حتّی اگر موضع کانت قابل دفاع هم باشد، به آسانی پذیرفتنی نیست.

امّا اگر راه‌حلّ را که کانت برای آن دشواری یافته کنار بگذاریم، چه چیزی را می‌توان به جای آن گذاشت؟ پاسخ را خود ریاضیدانان دادند. آنها از اوایل سدهٔ ۱۹ کوشش خود را برای دست یافتن

71. forms of intuition

به درک صریحی از ماهیت حقیقی دانش خود آغاز کردند. شکاکیت روی خود را به سمتی گردانید که کوچکترین انتظاری نداشت. ریاضیدانان به جای کوشش در تبیین اینکه درستی اصول اقلیدسی از کجا معلوم شده است، از جبههٔ دیگری به مسئله یورش بردند و با جسارت اعلام داشتند که درستی اصول موضوع معلوم نیست و احتمال بسیار دارد (که مانند حکمهای مربوط به عالم خارج) نادرست باشد. استنتاج منطقی هندسه تنها تا همین حد اطمینان‌اور است که قضایا از اصول موضوع پیروی می‌کنند و اصول موضوع نیز با یکدیگر معارض نیستند. ریاضیات با حقیقت قضایایی که روابط میان آنها مورد مطالعه قرار می‌گیرد، کاری ندارد، بلکه تنها به همسازی آنها می‌پردازد. به طور کلی حکم کردن دربارهٔ راستی یا دروغ اصول موضوع اگر ممکن باشد، بربنیادهایی جز ریاضیات ممکن است. خود ریاضیات هیچ راهی برای تصمیم‌گیری نشان نمی‌داد. تنها قضیه‌هایی که ریاضیات می‌توانددربارهٔ راستی یا ناراستی آنها داوری کند، قضیه‌های منطقی است که از قضیه‌های دیگر سخن می‌گویند. دانش ریاضی اگرچه دانشی پیشینی است، اما منطقی است نه طبیعی. برای مثال، ریاضیدان بایستی با اطمینان کامل حرفه‌ای ثابت کند قضیهٔ p، نافی راستی مشترک قضیه‌های q و r است، اما او به عنوان ریاضیدان هیچ ابزاری در اختیار نداشت تا راستی یا ناراستی قضیه‌های p و q و r را تک تک ثابت کند.

رسیدن به این مرتبه از فروتنی ریاضی سبب شد که بساط دانش پیشینی در ریاضیات برچیده شود. آنهایی که معتقد بودند تفکّر بتنهایی می‌تواند نقاب از چهرهٔ حقیقت عالم خارج بردارد، در اغلب مورد راستی را با نبودن تناقض اشتباه می‌کردند. آنها به این حقیقت پی نبرده بودند که هر چند تناقض متضمن ناراستی است، اما نبودن تناقض تضمین راستی نیست. بنابراین، خیال می‌کردند اگر بتوانند نظامی پدید آورند که همهٔ اجزاء آن به گونهٔ رضایت‌بخشی درهم تنیده شده باشد، این نظام همان نظام عالم خارج خواهد بود. آنها این سودا را در سر می‌پروراندند که کل معرفت را بر این اصل بنیاد کنند که هیچ دو معرفتی نمی‌توانند منطقاً با هم ناسازگار باشند.[۷۲]

با پذیرفتن این نکته که همسازی درونی و محض هندسه با واقعیت خارجی پیوندی ندارد، هر امیدی از این دست ناگزیر نقش برآب می‌شد. اما کوبنده‌ترین ضربه با پیدایش هندسه‌هایی که بر مجموعهٔ اصولی جز اصول اقلیدسی استوار شده بود، وارد آمد. هریك از این نظامهای گوناگون هندسهٔ نااقلیدسی قائم بذات و بدور از تناقض بودند. از این رو، یکایك آنها منطقاً ممکن بودند. امّا

۷۲. در گفتگوهای کتاب *The Sceptical Chymist* [شیمیدان شکّاك] اثر رابرت بویل، تمیستیوس Themistius مظهر ارسطوئیانی است که مطالب زیر را به عنوان دلایل *اصلی* خود در دفاع از ارسطو آورده است: «آن بزرگمرد هریك از مفاهیم را در عقل وسیع و جامع خود چنان جای داده که همهٔ آنها به طرزی شگفت در نظام یگانه‌ای سازگار شده‌اند. مفاهیم چنان با یکدیگر مرتبطند که هر مفهوم برخوردار از پشتیبانی سایر مفاهیم است.»

هندسه‌های نااقلیدسی با آغاز از مجموعهٔ اصول مختلف به نتایج مختلفی هم می‌رسیدند. پیش از آن می‌پنداشتند هر مجموعهٔ اصولی جز اصول اقلیدسی در ضمن بسط و گسترش خود سرانجام به نتایج متناقض خواهد انجامید و ناراستی آن به ثبوت خواهد رسید. امّا کارل فریدریش گاوس[۷۳]، یوهان بولیای[۷۴]، نیکولای ایوانوویچ لوباچفسکی[۷۵] و گئورگ فریدریش برنهارد ریمان[۷۶] پدید آوران هندسه‌های نوین ثابت کردند که چنین نیست.

نظامهای گوناگون هندسه، ارزشهای ریاضی همانندی دارند. همهٔ این نظامها جذّاب و منطقاً ممکن‌اند؛ رسیدگی به راستی یا ناراستی آنها وظیفهٔ ریاضیدان نیست.[۷۷] اما دانشمند طبیعی که هندسه را چون ابزاری کمکی برای شناختن قلمرو کار خود بکار می‌برد، باید نظامی را اختیار کند که پیش‌بینی‌های آن با اندازه‌گیری به ثبوت رسیده باشد. در سالهای اخیر و در زمینه‌های خاصی از دانش، معلوم شده است که چنین هندسه‌ای نااقلیدسی است. از دیدگاه دانشمند، نظامهای گوناگون هندسه فرضیه‌های گوناگونی هستند که اگر با آزمون تجربی سازگار درایند پذیرفته و اگر ناسازگار باشند، مردود می‌شوند.

اکنون مرتبهٔ ریاضیات در متن علوم، بدون شك تعیین شده است. برای بیرون آوردن اطلاعات از داده‌های تجربی، ریاضیات ضروری است؛ اما خود ریاضیات حامل هیچ‌گونه دانشی مربوط به عالم خارج نیست. ریاضیات در کار تجزیه و تحلیل و استفادهٔ بیشتر از داده‌هایی که از راه مشاهده به دست آورده‌ایم، به ما یاری می‌رساند؛ اما اگر مشاهده‌ای در کار نباشد، کاری از ریاضیات ساخته نیست. این نکته را اسکندرانیها و دانشمندان بزرگ اروپایی سدهٔ ۱۷ دریافته بودند. اما این عقیدهٔ قدیمی که هندسه حامل دانش پیشینی پیرامون عالم خارج است (جدا از آنچه که ممکن بود تجربه‌گرایان درباب سایر نحله‌های فکری بگویند) برای مدتی دراز و در برخی جاها دوام آورد. چون نفوذ آن عقیده ادامه داشت، بیشتر افکار به پیروی از آن به بیراهه رفتند. هندسهٔ نااقلیدسی آن عقیده را باطل کرد و سرانجام به دعوی‌ای که علیه تجربه‌گرایی علمی طرح شده بود پایان داد. بنابراین، این رویداد نه تنها در تاریخ علم، بلکه بطور کلی در تاریخ تفکّر نیز حادثهٔ مهمی بشمار می‌رفت. ویلیام کینگدام کلیفرد[۷۸] گفته است گاوس، بولیای و دیگران انقلابی را آغاز کرده‌اند که به ژرفی

73. K. F. Gauss 74. J. Bolyai 75. N. I. Lobatschewsky 76. G. F. B. Riemann

۷۷. واژه‌های «راستی» truth و «دروغ» falsehood در واژگان فنی ریاضیدان راه ندارد. او تنها با «مطابقت» agreement و «مغایرت» disagreement (براساس مجموعه‌ای از اصول؛ هر مجموعه‌ای که می‌خواهد باشد) کار دارد.

۷۸. W. K. Clifford (۱۸۴۵ تا ۱۸۷۹) استاد ریاضیات عملی دانشگاه لندن و از ۱۸۶۸ تا ۱۸۷۱ در شمار استادان دانشکدهٔ ترینیتی در کیمبریج بود. او نخستین کسی است که در خطابه‌های عمومی نظرها را به هندسهٔ نااقلیدسی جلب کرد و کاربردهای گسترده و عمیق آن را نشان داد.

انقلاب کوپرنیك است. ممکن است این سخن، مبالغهٔ مردی شیفته و شورمند باشد، اما در عین حال اظهارنظر دانشمندی هوشمند و دورنگر نیز هست. سخن کلیفرد بر اهمیت پیشرفتی که از آنچه سزاوار می‌بوده کمتر بدان توجه شده، تاکید نهاده است. شاید تنها رویداد فکری که با هندسهٔ نااقلیدسی درسدهٔ ۱۹ برابری کند، پیدایش فرضیهٔ تکامل باشد. با وصف این، از هر ۱۰۰ نفر که چیزی دربارهٔ داروین و هاکسلی می‌دانند، شاید یك نفر هم پیدا نشود که حتی نام گاوس یا ریمان به گوشش خورده باشد.

۱۱ ولتر *نامه‌ها و کاندید* ولتر و بیکن ولتر و نیوتون ولتر و دکارت

ولتر چون دکارت نزد یسوعیان تحصیل کرده بود. او نویسنده‌ای ظریف و جانزپرداز، مورّخی گاه غیرقابل اعتماد و مبلّغی ویرانگر بود. تنها مگر به حدس و گمان بتوان گفت که کدامیك از این خصوصیات نتیجهٔ تحصیل در مدارس یسوعی بوده است.[۷۹] او نمایندهٔ طبقهٔ متوسط، صاحب فن و تجارت پیشهٔ فهیمی به شمار می‌آمد که در انگلیس نسبت به فرانسه پرشمارتر و محترمتر بود. شخصیت و استقلال فکری پرخاشگر او سبب شد که دوبار به زندان باستیل بیفتد. گرایش عمیق او له عقل و تجربه‌گرایی و علیه تعصّب و امور پیشینی بود. تماس او با انگلیس از ملاقاتی که در سال ۱۷۲۱ با لرد بالینگبروك[۸۰] تمیدی داشت، آغاز شد. اما آشنایی عمیق او با انگلیس در خلال سه سال اقامتی که در اوایل سنین سی‌سالگی در آن کشور داشت، حاصل شد. ولتر دو سال پس از بازگشت به فرانسه، کتاب *نامه‌های فلسفی دربارهٔ مردم انگلیس*[۸۱] را انتشار داد. برای سهولت، از این کتاب با نام *نامه‌ها* یاد خواهیم کرد.

او در انگلیس آزادی فکری، سیاسی و مذهبی دیده بود که کشور او از آن آزادیها محروم بود. به گفتهٔ وی «انگلیسی کسی است که آزادی جایگیر اوست و با همین روشی که پیش گرفته به سلامت خواهد رسید.» او ستایش خود را از نهادها و تفکّر انگلیسی پنهان نمی‌ساخت. او بزرگترین بیشتر

۷۹. یسوعیان Jesuits از فرقه‌های مسیحی و به زهد و پارسایی شهرت‌اند. مدارس یسوعی با انضباط خاص و مقررات دشواری به تربیت شاگردان می‌پرداختند. حتماً خوانندگان به طنزهای گاه به گاه اقای حال و نکته‌های نمکین او توجه دارند. ــم.

۸۰. Lord Bolingbroke، سیاستمدار و فیلسوف انگلیسی.

81. *Lettres Philosophiques sur les Anglais*

تجربه‌گرایی ــ یا به قول خود او: فلسفهٔ تجربی ــ در اروپا بود.[۸۲] کتاب *نامه‌ها* به بحث در این بارهٔ نمی‌پردازد. از جه از جهت کار ما مهم است، مطالبی است که در باب بیکن، لاک و نیوتون ــ قهرمانان مورد علاقه‌اش ــ نوشته است. در نامه‌ای دربارهٔ لرد بیکن گفته است:

> اگر عظمت حقیقی در داشتن نبوغ بیکران خداداد و به کار گماشتن آن در راه تنویر ذهن خود و دیگران باشد، مردی چون سر ایزاك نیوتون که همتای او را در هر هزار سال هم بسختی می‌توان یافت، حقاً بزرگمرد است.

ولتر فرانسیس بیکن را پشتیبان فتورناپذیر روشهای تجربی می‌دانست، اما چون ژان ژاك روسو در ستایش خود جانب اعتدال را نگاه نمی‌داشت. او از اینکه در نوشته‌های بیکن اشاره‌ای به جاذبه یافته بود ــ «جاذبهٔ نوین، کشف منتسب به سر آیزاك نیوتون» ــ به شگفتی درآمده بود. او این اشاره را به اصالت اندیشهٔ بیکن حمل می‌کرد، اما نمی‌دانست که *بسیاری از* پیشینیان نیوتون از کرانش تصور کلی مبهمی داشته‌اند. او در عین حال به تفاوتی که میان تصور کلی داشتن و محاسبهٔ عملی و موبموی نتایج است، توجه نداشت. ولتر همان قدر به بیکن ارج می‌نهاد که به توریچلی. شاید این اغراقگویی‌ها و مبالغه‌ها بر ادیبی که مطالعهٔ عمیق علمی نکرده و قصد اصلی او تنها اظهار اعتقاد راسخش به تجربه‌گرایی بوده، بخشودنی باشد. اما این اظهارنظرش که «پیش از لرد بیکن هیچ کس با فلسفهٔ تجربی آشنایی نداشته است.» چیزی جز جهالت آشکار نیست.

نامه دربارهٔ آقای لاک با مرور هجوآمیز کارهای فیلسوفان گذشته و «مهملات فاضل مابانه»ای که دربارهٔ نفس و روح نوشته‌اند، آغاز می‌شود. هزل ولتر به منتهای درجه علیه مخالفانش که هوادار فلسفهٔ متعالی‌اند، به کار رفته است. بویژه دکارت هدف تیرهای هزل الود او قرار گرفته است. گذشته از اشاعه دادن فلسفهٔ لاک در اروپا، هدف ولتر شتابان ساختن پیروزی اخترشناسی نیوتونی هم بود. نظریهٔ گردشارهای دکارت، بویژه در فرانسه، مانعی جدّی برسر این راه بود. ولتر با حمله به دکارت در یك زمینه، به بی‌ارجی او در زمینه‌های دیگر هم کمك کرد:

> دکارت ما به دنیا آمد تا خطاهای گذشته را کشف کند و همزمان با آن خطاهای خود را جایگزین آنها سازد و با ذهن منظم خود به هر سو سربکشد و اندیشه‌های بزرگترین مردان را در پس ابر پنهان سازد. او ثابت کرده است نفس همان تفکر است، همچنان که ماده به نظر او همان امتداد است. او می‌گوید انسان دارای اندیشهٔ ازلی است و روح به هنگام حلول در جسم از همهٔ مفهومهای مابعدالطبیعی آگاه است، خدا و مکان بیکران را می‌شناسد و همهٔ

۸۲. موردی که نشانهٔ ستایش او از روح تجربه‌گرایی انگلیسی و تنقید او از فرانسویان است، اشاره‌ای است که به تجربیات خانم مری‌وُرتلی مونتاگیو (Mary Wortley Montagu) در کشور ترکیه دارد. مایه‌کوبی کودکان در برابر بیماری آبله نتیجهٔ اقدامات همین خانم بود.

> حقایق انتزاعی را حایز است. خلاصهٔ کلام اینکه از انوار عالیه درس می‌گیرد، اما در لحظه‌ای که پا از رحم بیرون می‌نهد، متاسفانه همهٔ اینها فراموشش می‌شود.

او سپس فلسفهٔ لاک را بکوتاهی شرح داده و به بی‌ادعایی و عقل سلیم او اشاره کرده است:

> از میان خیل عظیم خردمندانی که قصهٔ شگفت روح را به رشتهٔ تحریر کشیده‌اند، سرانجام فرزانه‌ای برخاسته است که با حالتی از نهایت فروتنی، تاریخ روح را عرضه داشته است. آقای لاک روح انسان را چنان ترسیم نموده که گویی کالبدشناس چیره‌دستی جزئیات اندامی را تشریح کرده باشد. او همه جا پرتو طبیعت را فراراه خود قرار داده است. گاه با ایجاز سخن می‌گوید، اما پس از آن باز هم آن را در معرض شكّ قرار می‌دهد.

بیشتر حملات ولتر به روش مابعدالطبیعی در داستان *کاندید*[۸۳] آمده است. کاندید دست پروردهٔ فیلسوفی به نام پانگلوس[۸۴] است که قائل به اصالت امور پیشینی و معتقد است در این جهان که بهترین جهان ممکن است، همه چیز به بهترین وجه ممکن آفریده شده است. در سفری که کاندید و پانگلوس به همراه هم می‌کنند، شاهدهای تجربی برای فرضیات پانگلوس فراهم می‌آید؛ و این شاهدها عبارت است از به دار آویختن‌ها، آتش‌سوزیها، زلزله‌ها، شلاق‌خوردنها، به اسارت رفتن‌ها، خیانتها، مثله شدنها و تجربه‌های دیگری از این قبیل. به هنگام ورود به بندر لیسبون، مردی که مذهب آناباپتیست[۸۵]ی داشته، در راه نجات جان ملاّحی که حتی او (آناباپتیست) را مضروب کرده بوده، به دریا درمی‌افتد. اما ملاّح او را به حال خود رها می‌کند تا غرق شود. کاندید می‌خواهد به کمك آناباپتیست بشتابد، اما پانگلوس او را از این کار بازمی‌دارد و به او تذکر می‌دهد که بندر لیسبون را اصلاً برای این ساخته‌اند که این شخص آناباپتیست در آن غرق شود. ولتر با خونسردی به وصف خود ادامه می‌دهد: «در آن حیص و بیص که پانگلوس غرق شدن آناباپتیست را براساس نخستین اصل از مجموعهٔ اصولش ثابت می‌کرد، کشتی به دو پاره شد و همهٔ سرنشینان، جز پانگلوس و کاندید و ملاّح نابکار به قعر دریا فرورفتند.»

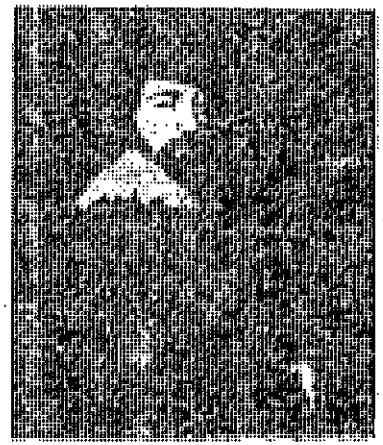
کاندید مردانه می‌کوشد تا موافق مرام استادش، که او در همه حال به آنها چشم دارد، عمل کند. پس از حوادث ناگوار بسیار، پانگلوس می‌گوید: «من همچنان برسر عقیده‌ام می‌مانم، چون هنوز هم فیلسوفم. زیبندهٔ چون منی نیست که از عقاید خود بازگردد؛ کمااینکه خصوصاً لایبنیتز نمی‌تواند اشتباه کند. وانگهی نظم پیش بنیاد که با *ملأ* و *مادهٔ* رقیقه همراه است، زیباترین چیز در جهان

۸۳. *candid*. این داستان بارها به فارسی ترجمه شده است. خوانندگان علاقه‌مند نگاه کنند به: ولتر. *کاندید یا خوشبینی*. ترجمهٔ جهانگیر افکاری، تهران، بنگاه ترجمه و نشر کتاب، ۱۳۴۰. ــ م.

۸۴. Pangloss، کاریکاتوری است از لایبنیتز.

85. Anabaptist

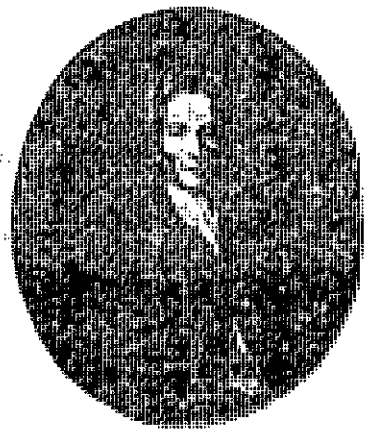
(الف) لاک



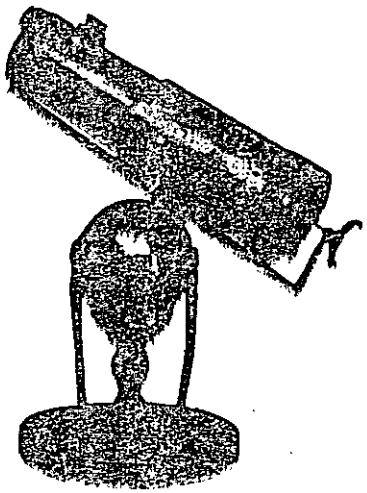
(ب)بیکن

(پ) بارکلی

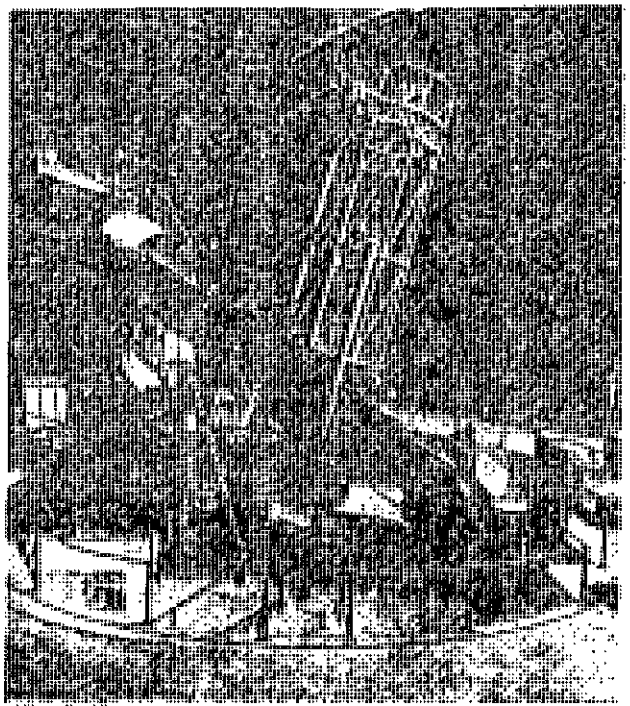
(ت) ولتر



تصویر یازده



(الف) تلسکوپ بازتابی نیوتون



(ب) بازتابگر یکصد اینچی در رصدخانهٔ مونت‌ویلسن.

تصویر دوازده

است.» و سرانجام کاندید به کشاورز خوشبخت ترکی برمی‌خورد و اوهام از سرش به در می‌رود. تصمیم می‌گیرد پانگلوس را فراموش کند و به جدّ و جهد به کار در مزرعه بپردازد.

مربوطترین بخش *نامه‌ها* قسمتهایی است که ولتر به مقایسهٔ نظریات اخترشناختی دکارت و نیوتون پرداخته است. او ارزشهای هریك را با هوشمندی ارزیابی کرده است. ولتر دریافته بود که ارزشمندترین دستاورد دکارت نه مابعدالطبیعهٔ او بود و نه نظریهٔ اخترشناختی گردشارهایش، بلکه ابداع هندسهٔ تحلیلی بود که کمتر از همه مورد توجه قرار گرفته بود. ولتر بحق شکوه کرده که در انگلیس ان طور که سزاوار است از این حیث به دکارت ارج ننهاده‌اند. او از سهمی که دکارت در ویران کردن خطاهای گذشته داشته به کمال ستایش کرده و به بخت نیك نیوتون که در زمان و مکان بهتری به دنیا آمده اشاره نموده است. انگلستان اواخر سدهٔ ۱۷ آزادمنش‌تر و پرتساهل و مداراتر از فرانسهٔ اوایل سدهٔ ۱۷ بود. و هنگامی که دکارت ناگزیر بود برای گریز از تعقیب و آزار از جایی به جای دیگر سفر کند، نیوتون در سراسر عمر در میهن خود معزّز و محترم بود. اما ولتر دربارهٔ شأن نازل دکارت به عنوان فیلسوف طبیعی، بدون هیچ چشمپوشی داوری کرده است:

> بواقع معتقدم عدهٔ کسانی که فلسفهٔ دکارت را با فلسفهٔ سرایزاك نیوتون مقایسه کنند، کم است. اوّلی یك کار ابتدایی و دومی یك شاهکار است.

ولتر تنها به جدال قلمی اکتفا نکرده، بلکه نهایت کوشش خود را هم به کار بسته تا اندیشه‌های نیوتونی را به فرانسه معرفی کند. از نامهٔ پانزدهم او در باب «جاذبه» پیداست که دریافت او از گرانش عمومی، بویژه برای مردی که کار اصلی او بیرون از قلمرو علم است، قابل توجه بوده است. تنها در مواردی که خواسته کارهای ریاضی محض نیوتون را درباب فلوکسیونها و رشته‌های نامتناهی[86] دنبال کند، سرنخها از دستش در رفته است. بانوی او مادام دوشاتله[87] *اصول* نیوتون را به فرانسه ترجمه کرد. آنها با کمك هم شرحی بر نظام نیوتونی نوشتند. شاید به نظر ما عجیب جلوه کند که ادیبی بتواند در علوم جاری زمان خود بدین پایه از تبحّر برسد. اما حتی در عصر ولتر مرز میان علاقه‌ها بمراتب کمتر از امروز مشخص بود. اگر امروز ببینیم مقالهٔ قرص و محکمی در دفاع از نسبیت به قلم یکی از ادبای ما نوشته شده، به شگفت می‌آییم. این دو مثال شباهت نزدیکی به هم دارند. نسبیت همان قدر در میان ما جا افتاده که گرانش عمومی در عصر ولتر جا افتاده بود.

ولتر پیش‌بینی کرده بود از ناحیهٔ کسانی که ذهنشان هنوز هم با اندیشه‌های مابعدالطبیعی دمساز بود، چه ایرادی ممکن است بر گرانش عمومی وارد کنند. به این معنی که گرانش عمومی را نمی‌توان پذیرفت مگر آنکه راههای تاثیر گرانش عمومی شناخته شود. وقتی به ما نگفته باشند که یك جسم چگونه از راه دور برجسم دیگر تاثیر می‌گذارد، چه طور می‌توانیم به جاذبهٔ میان اجسام، ان

86. infinite series 87. Du Châtelet

هم از راه دور و در خلأ معتقد باشیم؟ پاسخ ولتز روحاً جدید است. اگر از عدم گنجایش ذهنی برای غایی را انتظار داشته باشیم، انتظاری نابجاست و نشانهٔ آن است که مقصود علم را درنیافته‌ایم. نیوتون بوضوح نشان داد که حرکتهای آسمانی و فرورفتن اجسام جامد در مایعات را ما نباید نیوتون را سرزنش کنیم که چرا نتوانسته علت را توضیح دهد. او آنچه را در قلمرو علم می‌گرفته، به طرزی درخشان نشان داده است. نیوتون خردمندی و فروتنی نشان داده که از قلمرو علم بیرون ننهاده و به بحث نظری دربارهٔ ماده نپرداخته است. دکارت با مالیخولیاهای گردشارهایش دست به «تبیین» پرطمطراقی زده که جز اطفای هوسهای مابعدالطبیعی به کار دیگری نمی‌آید. توضیح دکارت از فشار مادهٔ سیالی که فضای میان سیارگان را پرکرده، به طرزی است که افکار کوتاه ما بتواند آن را درك کند. اما او هیچ دلیلی ارائه نداشته است. اگر که ما دستاوردهای فروتنانه، اما بدون شك ماندنی نیوتون را ــ که خود ترجیح داده همچون کاندید باغچه‌اش را بی‌سروصدا بکارد ــ کوچك می‌داریم، پس نباید فریب بحثهای نظری ساده، اما در عین حال پوچ دکارت را بخوریم. نیوتون با دقّت و وسواس بسیار سرگرم کار خود است؛ دکارت با فضولی در کار خدا با آتش بازی می‌کند.

> می‌توان حرکت گردشارها را کیفیتی جادویی انگاشت، چون هیچ گاه وجود آن ثابت نشده است. به عکس، جاذبه پدیدهٔ واقعی است، زیرا تاثیرات آن ثابت شده و مقادیر آن هم محاسبه شده است. علت جاذبه در زمرهٔ اسرار قدرت باریتعالی است.

به همین دلیل، ولتر این شعار درنگ‌ناپذیر (تحلیلی) را به علم توصیه می‌کند:[88]

> ما ز آغاز و ز انجام جهان بیخبریم
> اول و آخر این کهنه کتاب افتاده است.

۲۲ نظریه‌های اتر آزبورن رینولدز برق و نور

میل باطنی به تبیین، میلی بسیار نیرومند است. نگرش مابعدالطبیعی یکباره از علم رخت برنبسته. نه توانایی نیوتون و نه هزل ولتر هواداران آن را کاملاً خاموش نساخت. گذر نور و گرما از میان فضای بظاهر تهی همان قدر شگفتی‌آور بود که عمل گرانش از راه دور. نظریات اتر[89] که برای تعلیل پدیده‌های نور و گرما پیشنهاد شدند، رنگ نمایان دکارتی داشتند. آنها فضا را آکنده از مادهٔ رقیقی می‌دانستند و عجیب و غریبترین حالتها را در موارد مختلف به همان مادهٔ رقیق نسبت می‌دادند. اتر

88. Procedes hue et non amplius 89. ether theories

باید خواص اجسام جامد کشسان را دارا می‌بود تا امواج فرضی نور و گرما را انتقال می‌داد؛ و در عین حال باید چنان رقیق می‌بود که هیچ مقاومتی در برابر گردش سیارگان ایجاد نمی‌کرد. مکسول که در میان بیشتر دانشمندان سدهٔ ۱۸ و ۱۹ دیدگاهی کمتر مکانیکی داشت، اتری پیشنهاد کرد که بیشتر خواص برقی و مغناطیسی را داشت تا خواص اجسام کشسان را. اما همهٔ نظریات اتر به درجات مختلف فضا را شبیه ملأ دکارت می‌دانستند که از ماده‌ای رقیق آکنده بود. برخی از این نظریات، بویژه نظریاتی که صاحبانشان گرایشهای مهندسانه داشتند، چنان خیال‌آلود بودند که به فلسفه اقلیدسی مردم یونیا شباهت داشتند. لرد کلوین که ادعا کرده بود هرگز چیزی را نمی‌فهمد مگر اینکه بتواند مدلی از آن را بسازد، گفته است اتر سیال ساده‌ای نیست، بلکه سیالی است که مانند تنوره‌های گردباد می‌پیچد و در همه جا نفوذ می‌کند.[۹۰] او معتقد بود اتر امواج نور و گرما را منتقل می‌کند و درعین حال در برابر گذر اجسام جامد مقاومتی ایجاد نمی‌کند.

اما عجیب‌ترین نظریهٔ اتر را ازبورن رینولدز[۹۱] در نشستی که در سال ۱۸۸۵ با انجمن بریتانیایی[۹۲] داشته، ابراز کرده است. او کوشش داشت جهان را با پشت و رو کردنش تبیین کند. او می‌گفت انچه ما فضای تهی می‌نامیم، در واقع درهم فشرده‌ای از دانه‌های ریز و سخت است. از سوی دیگر، انچه را مادهٔ جامد می‌انگاریم، چیزی جز شکاف و رخنه‌هایی در این فضای متشکل از دانه‌های ریز نیست. گرما، نور و گرانش که ما ساده‌دلانه خیال می‌کنیم در فضا از ماده‌ای به مادهٔ دیگر سرایت می‌کنند، در واقع تاثیرهایی هستند که توسط ماده از فضایی به فضای دیگر وارد می‌شوند!

نظریات اتر غالباً همان نقش خاص فرضیه‌های علمی را ایفا کرده‌اند، یعنی به عنوان بنیادهای نتیجه‌گیریهای ریاضی که به طریق تجربی هم قابل بررسی بودند، عمل کرده‌اند. اما صاحبان برخی از این نظریات، دست کم در پاره‌ای موردها، همان سودایهای مابعدالطبیعی گذشته رابرای تبیین درسر می‌پروراندند. ازبورن رینولدز پس از ایراد سخن پیرامون خواص محیط متشکل از ذرات ریز — چیزی شبیه ماسهٔ دریا — به سخن خود چنین ادامه داد:

> بدین ترتیب کسانی که می‌خواهند *نظام بنیادی* جهان را توضیح کنند، از یك تدبیر مکانیکی برخوردار می‌شوند.[۹۳]

در سدهٔ ۲۰ علم از کوشش در راه تبیین مابعدالطبیعی امور دست برداشت. تبیین تنها به معنای

---

۹۰. مثلاً چیزی شبیه حلقه‌های دود.

91. Osborne Reynolds 92. British Association

۹۳. این جمله را سر الیوز لاج Sir Oliver Lodge در فصل چهارم کتابش *Advancing Science* [علم رو به پیشروی] نقل کرده است. تاکیدها از من است.

پیوند دادن امر ناشناخته با امور کاملاً شناخته شده است. همواره اموری هست که می‌دانیم روی می‌دهند، اما باید صمیمانه بپذیریم نمی‌دانیم چرا روی می‌دهند. علم با پیونددادن پدیده‌ها به هم از شمارهٔ امور جدا از همی که مجهولند، و ماهم به جهل خود از آنها اذعان داریم، می‌کاهد. بیش از نیوتون مردم ناگزیر بودند به نادانی خود دربارهٔ اینکه چرا سنگ فرومی‌افتد، چرا مشتری در مدار بیضی حرکت می‌کند، یا چرا از قانون مساحتهای برابر پیروی می‌شود، اقرار کنند. اما پس از نیوتون تنها باید اذعان می‌داشتند نمی‌دانند چرا ذرات مادی براساس قانون مجذور معکوس یکدیگر را جذب می‌کنند. در واقع یك استفهام جای چند استفهام را گرفته است اما در *آن مواردی که مردم در نادانی باقی مانده‌اند*، نادانیشان همچنان عمیق است.

مثال دیگری از این مورد را در نظریهٔ الکترومغناطیسی نور[۹۴] مکسول (۱۸۶۴) که نور را به الکترومغناطیس پیوند داد، می‌توان دید. پس از تدوین این نظریه، نور برحسب چیز دیگری تبیین شد و در نتیجه دو پرسش اساسی به یك پرسش تبدیل گردید. مکسول مانند نیوتون پیوندی را برقرار کرد که دیگران متوجه آن نشده بودند. با فرض چنین پیوندی، مکسول امکان و رفتار علائم رادیوئی را که از جهت حالت انتقال با نور همانند بود، پیش‌بینی کرد. هانری رودلف هرتس[۹۵] این امواج را (در سال ۱۸۸۷) در آزمایشگاه تولید کرد. دستاوردهای عملی گوگلیلمو مارکونی[۹۶] و کسانی که کار او را دنبال کردند، از هر حیث بر نظریهٔ مکسول استوار بود. تاثیرات این دستاوردها بر زندگی اجتماعی، سیاست، صنعت و جنگ فزون از حد و اندازه است. از این رو شاهد غیرمستقیمی که بر پیوند میان برق و نورشناسی حکایت کند، بسیار قوی است؛ حال آنکه هنوز هم هیچ کس نمی‌داند ماهیت برق چیست.

---

94. Electro - magnetic Theory of Light 95. H. R. Hertz 96. G. Marconi

فصل هشتم

پیشرفتهای علمی در سده‌های ۱۶ و ۱۷ و ۱۸

۱ اروپا و ریاضیات اسلامی ریاضیات در آستانهٔ رنسانس تحول جهت نوین

این فصل به بررسی گامهای مهمّی که در قلمرو علوم، جز در حوزهٔ مکانیك و اخترشناسی، برداشته شده، می‌پردازد. این گامها تاثیر و اهمیت مستقیمی که پیشرفتهای علمی در زمینهٔ مکانیك و اخترشناسی دارا بودند نداشتند، اما آن گامها بر روی هم در دگرگونی بنیادی دیدگاهها سهیم بودند و بسیاری از آنها راه پیشرفتهای شکوفای بعدی را هموار ساختند. ما روند گامها را در سده‌های ۱۸ و ۱۹ دنبال خواهیم کرد؛ ظاهراً روش متداول همین است.

در اسکندریه ریاضیات دوشادوش اخترشناسی بود. برای آنکه چگونگی پیشرفت ریاضیات را بشناسیم، ناگزیریم به عصر رنسانس بازگردیم و به تماسهای (اغلب نااشکار) غرب با مسلمین توجّه کنیم. درنتیجهٔ این تماسها ــ به ویژه تماسهایی که اروپاییان با مراکز علمی اسلامی در اسپانیا داشتند ــ ریاضیات یونانی از راه ترجمه و تحشیه‌های عربی و برخی الحاقات شرقی به تدریج راه خود را به جهان غرب گشود. نخست، ادلارد باثی نسخه‌ای از *اصول* اقلیدس را در اوایل سدهٔ ۱۲ م از کُوردُوا (قُرطبه) به اروپا آورد. در پی او، ژرار کرمونائی[1] نسخه‌ای از مجسطی بطلمیوس را که در شهر تولدو (طلیطله) به چنگ آورده بود، از عربی به لاتینی برگرداند. لئوناردو فیبوناتچی پیسائی[2] که در شمال افریقا تحصیل کرده بود، اثر خود را که *کتاب حساب*[3] نام داشت و برپایهٔ آثار خوارزمی تالیف شده بود، در آغاز سدهٔ ۱۳ انتشار داد. این کتاب به شرح و تفصیل جبری که مسلمین بر اساس ماخذ شرقی و یونانی گسترش داده و تکمیل کرده بودند، پرداخته است. از این گذشته، این کتاب دانش عددنویسی اسلامی و به همراه آن روش تازهٔ حساب را که به الگوریسم[4] شهرت داشت ــ دانش و روشی که تنها در انحصار چند بازرگانی ایتالیایی بود که با مشرق زمین دادوستد بازرگانی

1. Gerard of Cremona 2. L. Fibonacci of Pisa 3. *Liber Abaci*
4. Algorism(=الخوارزمی)

داشتند ــ در اروپا گسترش داد. امپراتور فردریک دوم (۱۱۹۴ تا ۱۲۵۰ م) انجمن یهودیان و مسلمین دانشور را تقویت کرد و موجبات ترجمهٔ بسیاری از آثار یونانی ـ عربی را فراهم ساخت. در اواخر سدهٔ ۱۳ م برخی از فضلای اروپایی همان قدر با ارشمیدس و آپولونیوس به نحو غیرمستقیم آشنا شدند که با اقلیدس، بطلمیوس، دیوفانتوس و حسابدانان شرقی. پس از آنکه در سده‌های ۱۵ و ۱۶ آثار اصیل یونانی کم‌وبیش همگان قرار گرفت، دانش ریاضی باستان به مراتب کاملتر شده بود، اما بیش از آن دوسده، دانش ریاضی بسیار ناچیز بود.

رنسانس ان قدر که در آغاز با پژوهش پرشور و اشتیاق در گذشتهٔ بازیافته ممتاز می‌شد، با تفکر اصیل باز شناخته نمی‌شد. در آن دوره، کار خلاّق بیشتر به بهره‌برداری کامل از روشها و صورتهای باستان منحصر می‌شد. جست‌وجوی راههای تازهٔ پیشرفت تا اواخر دورهٔ رنسانس به طور جدّی آغاز نشد. به همین دلیل تا آغاز سدهٔ ۱۷ مسیر ریاضیات اروپا را تقریباً همان دانشی که از دوران قدیم به میراث مانده بود، تعیین می‌کرد.

هندسهٔ یونانی به مرتبه‌ای از کمال و تمامیّت رسیده بود که گنجایش پیشرفت بیشتر را نداشت. هرچه را می‌شد متناسب با روشهای آن هندسه به عمل آورد، آفرینندگان آن روشها به کمال و زیبایی به عمل آورده بودند. روشهای هندسهٔ یونانی قابل تحسین و شایستهٔ آموختن بود، اما الهام‌بخش و راهگشا نبود. هیچ راهی برای اصلاح و گسترش آن به چشم نمی‌خورد. با وجود کوششهایی که مسلمین و هندیها در پیشبرد حساب و جبر کرده بودند، هنوز آن دو مراحل نخستین خود را می‌گذراندند. حساب و جبر روشهای نامتناسب و مسائل حل نشده بسیار داشت، اما بی‌آنکه از بنیاد دگرگون شود و با همان وضعی که داشت، می‌توانست گسترش یابد. پس طبیعی بود که توانایی آفرینشگر ریاضیدانان رنسانس، نخست باید به آن دو موضوع بیشتر اختصاص می‌یافت. پیشرفتهای شایان در زمینهٔ هندسه بعداً، و آن گاه که طلسم گذشته شکست و سراسر سنتها فرو ریخت، از راه رسید.

به یاد داریم که جبر در آغاز از کوششهایی که برای حل مسائل معکوس حساب می‌کردند پدید آمد ـ مانند کوششهایی که برای یافتن عدد مجهول به کار می‌بندیم و عملیات خاصی روی آن عدد انجام می‌دهیم تا به نتیجهٔ مفروض برسیم. استنتاج در مسائل جبر، در آغاز با زبان معمولی صورت می‌گرفت. در آن دورهٔ جبر را در شمار هنرهای خطابی[5] می‌آوردند و این کار چنان دشواریهایی داشت که برای رعایت سادگی و اختصار به ناچار نشانه‌ها را به جای واژه‌ها بکار گرفتند، اما آن نشانه‌ها کوته نوشت[6] واژگانی بودند که در اصل در زبان ادبی به کار می‌رفتند. قاعده‌های رایج نحو زبان رعایت می‌شد، اما واژه‌هایی که مرتباً تکرار می‌شدند، جای خود را به نشانه‌های خاص کوتاه و

5. rhetorical 6. abbreviate

فشرده‌ای دادند. نتیجهٔ این کار نوعی جبر کوته نویسی شده بود. کوته نویسی، روشی سودمند بود و از زحمت نوشتن و خواندن عبارتهای باند استدلال می‌کاست.[7] اما این روش روند نتیجه‌گیری را آسان نمی‌ساخت. کوتاه کردن واژه‌ها، یا جایگزین ساختن آنها با نشانه و حرف کافی نبود، بلکه گسستن کامل از سنتهای زبانشناسی لازم بود. پیشرفت واقعی نه تنها در گرو واژگان آسانتر، بلکه نیازمند تغییر و اصلاح جدّی در شیوهٔ ترکیب و گردهم آمدن واژه‌ها بود. پیشرفت واقعی آنگاه فرا رسید که جبر *ساختمان زبانی* ویژهٔ خود را پدید آورد، خود را از بی‌قاعدگیها و اصطلاحهای زبان رایج پیراست و برای رسیدن به کمال حرکت خود را آغاز کرد. ساختمان زبانی ویژهٔ جبر نوین به گونه‌ای طرّاحی شده که هر تغییر در ساخت واژگانی جبر با یك، و تنها با یك، منظور متناظر است. جبر نوین، نمادین است، به گونه‌ای که کار مکانیکی زبان عملاً می‌تواند وظیفهٔ نتیجه‌گیری را انجام دهد یا به آن کمك کند.

تحوّل جبر از جبر خطابی دیوفانتوسی و هندی‌ـاسلامی به جبر نمادگرا، کار مشترك بسیاری از ریاضیدانان چیره‌دست دورهٔ رنسانس بود که اغلب از مردم ایتالیا بودند. برجسته‌ترین این ریاضیدانان که تنها به قصد اشاره به ذکر نامشان بسنده می‌کنیم، عبارت بودند از: رگیومونتانوس[8]، یاتچیولی، شتیفل[9]، تارتاگلیا[10]، کاردان[11]، ریکرد، فراری[12]، بومبلی[13]، ستونیوس[14] و ویتا[15]. اینان میان سالهای ۱۴۲۶ تا ۱۶۲۰ م می‌زیستند، همتراز ریاضیدانان سدهٔ ۱۷ نبودند، اما روی هم رفته سهم بسیار بارزی در پیشرفت علمی داشتند. اگر نمادگرایی جامع و بسیار متناسب ریاضی نمی‌بود، ریاضیات نوین هرگز پدید نمی‌آمد. پایه‌های محکم این نمادگرایی را جبردانان دورهٔ رنسانس بی نهاده بودند. می‌توان تاریخ آغاز ریاضیات نوین را به دکارت بازگردانید. اما اگر جبر مقدماتی، که اصولاً شبیه همان جبر معمول بین ماست، پیش از آن ساخته و پرداخته نشده بود، نه دکارت و نه ریاضیدانانی که به ترتیب از پی او آمدند، هرگز نمی‌توانستند چنان گامهای بلند و جسورانه‌ای بردارند.

پایان عصر رنسانس شاهد پیدایش الگوریتم بود. دشوار بتوان اهمیت ابداع الگوریتم را همپایهٔ اختراع جبر نمادگرا دانست، اما از جهت پیشرفت در ریاضیات، و تنها به لحاظ آشنایی با نظام

۷. منظور از کوته‌نویسی «بریدن از سرو ته واژه‌ها و درهم فشردن انهاست». غالباً جبردانان نخستین واژه‌هایی را که بیشتر مورد استفاده داشتند می‌کرفتند و حرفهایی را از ان واژه‌ها می‌انداختند. دیو فانتوس به همین روش واژهٔ kύbos [مکعب] را به صورت K^{γ} کوته‌نویسی کرد و ان را به معنای مکعب عدد مجهول بکار برد. یاتچیولی Pacciolii در اواخر سدهٔ ۱۵ نشانهٔ p را به جای plus (بعلاوه) و نشانهٔ $\bar{m}$ را به عوض minus (منها) به کار گرفت.

8. Regiomontanus 9. Stifel 10. Tartaglia 11. Cardon 12. Ferrari
13. Bombelli 14. Stevinus 15. Vieta

عددنویسی اسلامی، الگوریتم در مرتبهٔ دوم قرار می‌گیرد.[۱۶] در آن وقت محاسبات اخترشناسان و دریانوردان به اندازه‌ای پیچیده شده بود که آسان شدن کار پر زحمت ضرب و تقسیم از هر حیث لازم بود.

نخستین جدول لگاریتم که حاصل کار جان نی پیر مرچیستنی[۱۷] بود، به سال ۱۶۱۴ انتشار یافت. راوز بال[۱۸] دربارهٔ نی‌پیر در کتابش[۱۹] آورده است که «کار نی‌پیر در همهٔ عمر این بود تا ثابت کند پاپ دشمن عیسی مسیح بوده است، اما سرگرمی مورد علاقه‌اش مطالعهٔ ریاضیات و علم بود.» اگر این طور که بال می‌گوید بوده باشد، پس باید نی‌پیر را در شمار برجسته‌ترین دوستگاران (اماتورهای) بزرگ قلمداد کرد. یکی از ریاضیدانان سویسی به نام یابست بیرگی[۲۰] اثری همانند جدول نی‌پیر را در ۱۶۲۰ مستقلاً انتشار داد. از آنجا که نی‌پیر شمه‌ای از اندیشه‌های خود را در سال ۱۵۹۴ با تیکو براهه در میان گذاشته بود و او نیز تقریباً با همهٔ دانشمندان اروپایی در تماس بود، احتمال این هست که بیرگی پیش از آغاز کار خود از رهیافت نی‌پیر به موضوع آگاهی می‌داشته است. کپلر که شخصاً میل مفرطی به سادگی ریاضی داشت و هنری بریگز کیمبریجی[۲۱] که بعدها استاد کرسی هندسهٔ سباویای در آکسفرد شد، اندیشهٔ نی‌پیر را گرفتند و ادامه دادند. بریگز عمر زیادی را برسر تدوین جدولهایی آسانتر و گسترده‌تر از جدولهای نی‌پیر و بیرگی نهاد. براثر کوششهای او از حوالی سال ۱۶۳۰ لگاریتم در سراسر اروپای غربی به کار رفت.

۲ هندسهٔ نوین هندسهٔ مختصاتی دکارت و هندسهٔ تحلیلی
دزارگ و هندسهٔ تصویری تصویر و تبدیل هندسی

مکانیک و اخترشناسی کپلر، گالیله و نیوتون، نظرها را به دو مسئلهٔ ریاضی بسیار ریشه‌دار جلب کرد: حرکت مستمر، امّا نامتشابه؛ و هندسهٔ منحنیهای سوای دایره. ریاضیدانان سدهٔ ۱۷ روشهایی را پدید آوردند و به کمك آن روشها توانایی حل این مسائل (و ضمناً حل بسیاری مسائل دیگر را) یافتند. از جملهٔ این روشها، به ویژه می‌توان از روشهای هندسهٔ تحلیلی و محاسبهٔ بی‌نهایت کوچکها نام برد. اهمیت شان دکارت و لایبنیتز که شاید به عنوان فیلسوف بیش از اندازه تحسین شده‌اند، اما

۱۶. می‌توان آن پیشرفت را با پیشرفتهای اخیری که با ماشینهای حسابگر الکترونیکی حاصل شده، سنجید.

17. John Napier of Merchiston

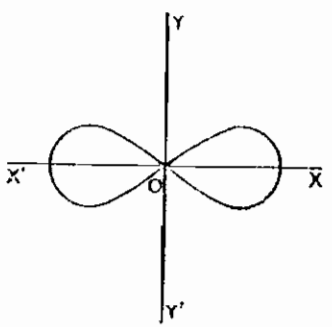
18, 19. Rouse Ball. *Short Account of the History of Mathematics*

20. Jobst Burgi 21. Henry Briggs of Cambridge

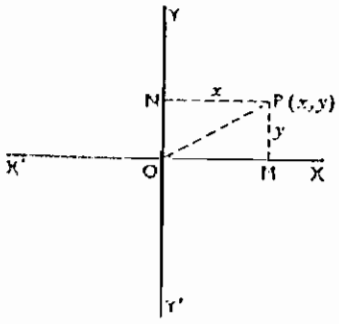
به عنوان طبیعیدان حقشان ادا نشده، در همین جا آشکار می‌شود.

با بازیافتن آثار یونانیان در زمینهٔ هندسه، عصر غفلت نسبی از هندسه سرآمد و سرانجام پیش از آنکه هندسه از آثار یونانی زیان بیند، سود دید. هندسه در قالب تنگ یونانیش مجال پیشرفت زیاد نداشت؛ مجال فراخ و آزادی تازه‌ای که در سدهٔ ۱۷ نصیب هندسه شده بود از هر جهت کافی بود، اما ریاضیدانان رنسانس ترجیح داده بودند تا از آن فرصت در زمینهٔ دیگری از پژوهش سود جویند. روش تازهٔ نیرومندی که دکارت و فرما پدید آورده بودند، به پیوند میان هندسه و جبر وابسته بود. اگر جبر پیش از آن پیشرفت نکرده بود، این پیوند برقرار نمی‌شد. بدون شك رشد شتابناك جبر در سالهای میان ۱۴۵۰ تا ۱۶۰۰ بیشتر نتیجهٔ نادیده گرفتن موقت مشابه مدعاهای جبر در هندسه بود.

در هندسهٔ دکارتی کاربرد مختصات[۲۲] دارای مفهومی بنیادی است. می‌توان با دردست داشتن فاصله‌های نقطهٔ P از دو محور عمودی ثابت $\acute{X}OX$ و $\acute{Y}OY$ محل نقطهٔ P را در یك صفحه تعیین کرد (شکل ۴۹). فاصلهٔ P از محور $\acute{Y}OY$ را x و فاصلهٔ آن از محور $\acute{X}OX$ را y می‌گویند. به اعتبار اینکه نقطهٔ P در سمت راست یا چپ محور $\acute{Y}OY$ واقع شود، x مثبت یا منفی فرض می‌شود؛ و به اعتبار اینکه نقطهٔ P بالا یا پایین محور $\acute{X}OX$ قرار گیرد، y مثبت یا منفی فرض می‌شود. ارقام x و y را مختصات نقطهٔ P می‌نامند و P نقطهٔ (x,y) نامیده می‌شود. دستگاه مختصاتی می‌تواند در فضای سه بعدی گسترش یابد، اما ما در اینجا با گسترش آن کاری نداریم.



شکل ۵۰



شکل ۴۹

پیداست که اگر x و y بتوانند بدون محدودیت تغییر کنند، نقطهٔ P می‌تواند در هر نقطه‌ای از صفحهٔ محورها واقع شود. اما اگر x و y اجزاء یك معادله باشند، قضیه از قرار دیگری است و تغییر

22. co-ordinates

آنها محدود است و مقدار x را مقدار دیگری تعیین می‌کند. پس به طور کلی جابه‌جایی نقطهٔ P بر روی خط مستقیم یا منحنی نسبتاً خاصی است که مکان هندسی[23] P نامیده می‌شود. اگر $x^2+y^2=4$ باشد، P محدود به دایره‌ای با شعاع ۲ واحد و به مرکز O است. P می‌تواند نقطه‌ای روی این دایره باشد، اما نمی‌تواند نقطه‌ای بیرون از این دایره باشد. پس می‌توان گفت معادلهٔ $x^2+y^2=4$ نمودار دایره است. به همین قیاس، معادلهٔ $y=2x$ نمودار خط مستقیم خاصی است که از نقطهٔ O می‌گذرد و معادلهٔ $y^2-x^2=(x^2+y^2)^2$ نمودار منحنی پروانه[24] است (شکل ۵۰). در واقع هر خط یا منحنی‌ای که برپایهٔ قاعدهٔ هندسی دقیقی ترسیم شده باشد، با معادلهٔ مخصوص خود نشان داده می‌شود و این معادله، متفاوت از معادلهٔ خط یا منحنی دیگری است. می‌توان خواص هندسی منحنی را از بررسی روابط جبری معادلهٔ آن به دست آورد. می‌توان روابط میان منحنیها را ــ که فی‌المثل یکدیگر را قطع می‌کنند یا با هم مماس می‌شوند ــ از روابط جبری میان معادلات آنها پیش‌بینی کرد. بنابراین، از آنجا که معادلهٔ مخصوص منحنی از تعریف هندسی آن به دست می‌آید، کشف سایر خواص هندسی منحنی نیز موضوع خاص محاسبهٔ جبری است. نیروی ماشین نمادگرا که در اصل برای استفادهٔ حسابدانان طراحی شده بود، اکنون در خدمت مقاصد هندسه‌دانان نیز هست.

برتری روش هندسهٔ مختصاتی (یا تحلیلی) در این است که اگر درست به کار گرفته شود می‌توان با آیین کار منظم استنتاجهای هندسی را دنبال کرد و امکان خطا را به حداقل رسانید. کشف قضیه‌های تازهٔ مستقل از هم که با روشهای یونانی همیشه در گرو بارقهٔ الهام یا یاری‌بخت بود، با کمك این هندسه در قلمرو توانایی عادی حرفه‌ای قرار گرفت. پیشرفت هندسه که لازمهٔ سرشت پیشرفت علمی است، به‌تراکم شتابانتر از پیشرفت علمی و کمتر از آن رمانتیك بود. هرچند تأثیر هندسهٔ تحلیلی از تأثیر آنی ماشین بخار یا هواپیما کمتر بوده، اما احتمالاً بر کل زندگی بشر تأثیر بیشتری گذاشته است. هندسهٔ تحلیلی، در انقلاب اندیشه‌ها و نگرشها سهم اساسی داشته است، حال آنکه ماشین بخار یا هواپیما حتی مهمترین ثمره‌های آن انقلاب به شمار نمی‌آیند. یافتن روشهای کلی نوین بمراتب مهمتر از کشف موردهای جزئی دانش است ــ هرچند آن موردها جالب و سودمند باشند.

ژرار دزارگ[25] از معاصران دکارت و فرما، در آن میان به گسترش هندسهٔ تصویری[26] سرگرم بود. او به امکانات روش عمومی و گستردهٔ دیگری توجه کرده بود. می‌توان جوانه‌های این هندسه را در کار یونانیان باستان دربارهٔ مقاطع مخروطی بازشناخت. اما رشد هندسهٔ تصویری بیشتر از کوششی که هنرمندان رنسانس برای درك مسائل مناظر و مرایا به کار بسته بودند، سرچشمه گرفته

23. locus 24. lemniscate 25. Gerard Desargues 26. projective geometry

بود.

تصور کنید بر روی شیشهٔ مسطحی (p) شکلی هندسی ترسیم شده باشد. فرض کنید پرتو تابش نور (L) تصویر آن شکل بر پردهٔ مسطح (P) افتاده باشد. لزومی ندارد که هر دو صفحه موازی باشند. به طور کلی شکل و سایهٔ آن از نظر اندازه و ریخت متفاوت از همند. اما روشن است که حتماً رابطهٔ پیش‌بینی‌پذیری میان شکل و سایهٔ آن برقرار است؛ رابطه‌ای که ماهیت واقعی آن به مواضع نسبی p و L و P بستگی دارد. برپایهٔ این رابطه می‌توان خواص هندسی سایه را از خواص شکل اصلی نتیجه گرفت. برای مثال، سایهٔ دایره مخروط است. پس می‌توان خواص مخروط را از خواص شناخته شدهٔ دایره نتیجه گرفت.

چند تن از ریاضیدانان معاصر ژرار دزارگ و از همه سرشناستر پاسکال[27]، این روش هندسی را به کار گرفتند. اما چون ذهن ریاضیدانان عموماً متوجه روشهای دکارتی بود، هندسهٔ تصویری از آنچه سزاوار می‌بود، کمتر مورد توجه قرار گرفت. در آغاز سدهٔ ۱۹ هندسهٔ تصویری احیاء شد و پیشرفتش از همان زمان آغاز گردید. با هر آئین کار منظمی که بتوان دو شکل هندسی را چنان به هم پیوند داد که از خواص یکی، نتیجه‌گیری خواص دیگری ممکن باشد، عمل تبدیل[28] انجام می‌گیرد. تصویر، تنها یکی از راههای چندگانهٔ آن آئین کار است و به هندسهٔ تصویری، نیز عملاً از راه بررسی کلی تبدیلها پی برده‌اند. تبدیلها در هندسهٔ نوین، برای مثال در نظریهٔ نقشه‌پردازی[29]، جایگاه مهمی دارد. آن قدر که در کار تصویر به ترسیم هندسی نیاز هست، در کار تبدیل نیازی نیست. ممکن است تبدیل به رابطهٔ جبری میان مختصات نقطه در یك شکل و مختصات نقطهٔ متناظرش در شکل دیگر، منحصر باشد. از این حیث برداشت اصلی دزارگ (از تبدیل) با دریافت اصلی دکارت (ازمختصات) یکی است.

۳ حساب دیفرانسیل و انتگرال

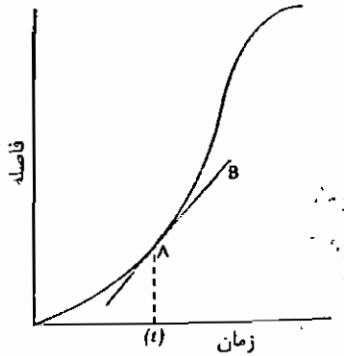
حساب بی‌نهایت کوچکها دوشاخه دارد: دیفرانسیل و انتگرال. حساب دیفرانسیل که به بررسی آهنگهای تغییر می‌پردازد، از کوششی که برای حل دو مسئلهٔ به ظاهر عکس هم، که هر دو از مسائل مبرم علم سدهٔ ۱۷ بودند و در واقع رابطهٔ نزدیکی با یکدیگر داشتند، پدید آمد. آن مسائل

۲۷. پاسکال و فرما نظریهٔ ریاضی احتمالات را که هم‌اکنون از اهمیت علمی بسیاری برخوردار است، ابداع کردند. آن دو برپایهٔ پرسش یك قمارباز به این موضوع پی بردند.

28. transformation 29. map-making

عبارت : دند از: حرکت نامتشابه؛ و یافتن جهت دقیق تانژانت هریك از نقاط منحنی. اگر نخست به موضوع حرکت بپردازیم، زود معلوم خواهد شد که چرا هردومسئله در اصل یکی هستند.

رفتار جسم متحرك را می‌توان با نمودار نشان داد و در هرلحظه از زمان فاصلهٔ آن را از نقطهٔ مبدا تعیین کرد (شکل ۵۱) اگر حرکت یکنواخت باشد، به نحوی که افزایش برابر فاصله همیشه با



شکل ۵۱

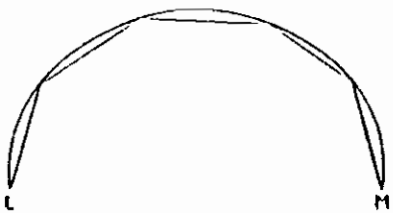
افزایش زمان برابر متناظر باشد، نمودار خط مستقیم خواهد بود. جز در این حالت، نمودار خط منحنی خواهد بود. سرعت جسم متحرك، آهنگی است که فاصله با آن افزایش می‌یابد. پیداست این آهنگ را شیب نمودار نشان می‌دهد. اگر نمودار با شیب تند به بالا کشیده شود، افزایش زیاد فاصله با افزایش کم زمان برابر خواهد بود. چنانچه نمودار با شیب کمتری به بالا کشیده شود، افزایش کمتر فاصله با افزایش کمتر زمان برابر خواهد بود. بنابراین، مسئلهٔ محاسبهٔ سرعت، مسئلهٔ محاسبهٔ شیب (گرادیان)[30] نمودار است. اگر بخواهیم سرعت در هر لحظهٔ معین (t) را تعیین کنیم، ناگزیریم گرادیان نقطهٔ A را که متناظر با زمان t است، به دست آوریم. شیب منحنی، شیب تانژانت منحنی است. چون مسئله‌ای که با آن روبه‌روییم به دست آوردن شیب (یا به سخن دیگر، جهت دقیق تانژانت AB) است، بنابراین مسائل اساسی مکانیك با مسائل اساسی هندسی دراصل یکی است.

ریاضیدانان باستان مسئلهٔ تانژانت را در موارد خاص بسیاری حل کردند، اما نیوتون و لایبنیتز که پایه‌گذاران حقیقی حساب دیفرانسیل هستند، روشی عمومی را ابداع کرده‌اند که دیفرانسیلگیری[31] نامیده می‌شود. می‌توان به کمك این روش مسائل را حل کرد. لازم نیست که در جزئیات بحث وارد شویم. آنچه مورد نظرماست، اهمیت روش است. قوانین فیزیکی به روابط میان کمیّتهای متغیر می‌پردازد. اگر متغیری *(y)* به متغیر دیگری *(x)* وابسته باشد، پس می‌گویند *y تابع x* است. به

30. gradient 31. differentiation

همین دلیل فاصلهٔ جسم متحرك از نقطهٔ مبدا، تابع زمان است؛ جاذبهٔ میان دو قطعهٔ آهن را تابعی از فاصلهٔ میان آن دو است؛ کشش فنر تابعی از طول فنر است. ما غالباً می‌خواهیم آهنگهای تغییر متغیر و تابع وابسته به هم را با یکدیگر بسنجیم. این مسئله، مانند موضوع فاصله و زمان، را بدون یافتن جهت تانژانت منحنی همیشه همانندی دارد. به همین دلیل مسئلهٔ تانژانت تنها از مسائل هندسهٔ محض نیست. در گذشته غالباً حساب دیفرانسیل را «روش تانژانتها»[32] می‌نامیدند.

حساب انتگرال رهاورد کوششی است که برای اندازه‌گیری طول منحنیها، مساحتهای محصور میان منحنیها و حجمهای محصور میان سطحهای منحنی به کار می‌بستند. شاید آسانترین راه فهم حساب انتگرال، در اصل اندازه‌گیری طول منحنی باشد. LM کمانی است که می‌خواهیم طول آن را محاسبه کنیم. نقطهٔ L با چند وتر به نقطهٔ M وصل شده است (شکل ۵۲). طول کل این وترها از طول کمان کمتر است، اما اگر تعداد وترها تا بی‌نهایت افزایش یابد و به طولهای بی‌نهایت کوچکتری تقسیم شود، طول کل وترها به مقدار حدی[33] نزدیك می‌شود. مقدار حدی طول کمان خواهد بود. بنابراین، می‌توان (مسامحتاً) فرایند محاسبهٔ طول LM از راه نمودار را به «حاصل جمع رقمِ بی‌نهایتِ وترهای بی‌نهایت کوچك» تعریف کرد.



شکل ۵۲

محاسبهٔ این گونه مقدارهای حدی را انتگرالگیری[34] می‌نامند. انتگرالگیری اساساً همانند روشی است که ائودوکسوس با آن حجم هرم و ارشمیدس محیط دایره را اندازه گرفته‌اند. بنابراین، فکر حساب انتگرال در اصل چیزی بیش از روش اقناع یونانی نیست، اما کشف مهمّ سدهٔ ۱۷ که روش اقناع را به حساب انتگرال عالی مبدّل ساخت، همان فرایند قدیمی انتگرالگیری بود که می‌توان آن را با روش نویافتهٔ دیفرانسیلگیری همانند دانست. اگر معادلهٔ منحنی معلوم باشد، جهت تانژانت منحنی هرنقطه از راه دیفرانسیلگیری به دست می‌آید. هرگاه تانژانت نقطه‌ای معلوم باشد، فرایند معکوس، معادلهٔ منحنی را به دست می‌دهد. فرایند معکوس که غالباً به سادگی انجام می‌گیرد، از نظر ریاضی به همان نتیجه‌ای می‌رسد که فرایند انتگرالگیری بظاهر نامرتبط. بنابراین، یك روش عمومی انتگرالگیری فراچنگ بود. یونانیان ناگزیر بودند برای هر مورد، روش خاص آن مورد را

32. method of tangents 33. limiting value 34. integration

ابداع کنند. به هم آوردن اندیشه‌هایی که پیش از آن با یکدیگر پیوندی نداشته‌اند، از ویژگیهای پایدار پیشرفت علمی است. به دلایلی که دانستیم حساب انتگرال را نخست «روش معکوس تانژانتها» می‌نامیدند. حساب انتگرال کاربردهای بسیاری در فیزیک و زمینسنجی دارد. مسئلهٔ حاصل جمع نیروی جاذبه‌ای که ذرات بیشمار سیارهٔ کروی شکل وارد می‌کنند، نمونهٔ کلاسیکی از حساب انتگرال است.

۴ کش‌مکش لایبنیتز و نیوتون نیوتون و فلوکسیون
لایبنیتز و حساب بی‌نهایت کوچکها

هواداران لایبنیتز و نیوتون که پای غرور ملّی را به میان کشیده بودند، آن دو را به کش‌مکشی بی‌ثمر برانگیختند. موضوع کش‌مکش حق تقدم در ابداع حساب بی‌نهایت کوچکها بود. در آن عصر این گونه کش‌مکشها متداول بود. نشریه‌های ادواری علمی که معمولاً کشفیات را به آگاهی مردم می‌رساندند، به طور منظم منتشر نمی‌شدند.[۳۵] غالباً اندیشه‌های تازه را نخستین بار در سخنرانیهای دانشگاهی یا از راه نامه مطرح می‌کردند، اما تا سالهای سال سند منتشرشده‌ای از آنها به دست نمی‌آمد. ممکن بود دانشمندان یك کشور از کارهای یکدیگر هیچ اطلاعی نمی‌داشتند؛ و احتمالش زیاد بود دو دانشمند مستقل از هم به کشف واحدی برسند. در چنین اوضاع و احوالی، انتحال و اندیشه دزدی مشکل و نامتداول نبود. فضای بدگمانی حاکم بود. گاهی وقتها نتیجه‌های علمی را در قالب اشکال و به رمز می‌نوشتند. به همین دلیل، هوك فرمول مشهور کشش فنر زیر فشار را به صورت *ceiiiosssttuu* نوشته بود که پس از تنظیم مجدد به صورت *ut tensio sic vis*[۳۶] درمی‌آمد:

کش‌مکش میان لایبنیتز و نیوتون، به سبب بی‌میلی شدید نیوتون به انتشار نظریاتش و با توجه به این واقعیت که هر دو به پیشینیان خود، مانند کسانی چون بَرُو، والیس، کاوالیری و فرما دَین بسیار داشتند، موضوع پیچیده‌ای شده بود. تنها به دلیل اینکه این موضوع در روشن شدن اوضاع و احوال پژوهش علمی موثر است، از آن یاد کردیم. هنگامی که نیوتون دورهٔ پربار گوشه‌نشینی در

۳۵. انتشار چندتای آنها تازه آغاز شده بود. *Philosophical Transactions*: نشریهٔ انجمن سلطنتی انگلیس، نخستین بار در ۱۶۶۴ انتشار یافت. *Acta Eruditorum* نشریهٔ لایبنیتز از ۱۶۸۲ منتشر شد. اما دستیابی دانشمندان کشورهای دیگر به این نشریات آسان نبود.

۳۶. امتداد متناسب با نیروست. ــ م.

وولستورپ را می‌گذراند و کار خود را دربارهٔ گرانش آغاز کرده بود، برای نخستین بار روش فلوکسیونها را در سال ۶-۱۶۶۵ به کار گرفت. اما با آنکه اندیشه‌هایش به تدریج در جمع دوستانش شناخته شده بود، تا سال ۱۶۸۷ که فلوکسیون به صورت یك قضیه در کتاب *اصول* ظاهر شد، هیچ ارجاع کتبی به آن وجود نداشت. بحث مفصلتری در این باره که در دو نامهٔ نیوتون به والیس آمده بود، به همراه اثر دیگری که چندی بعد تالیف یافته بود، در ۱۶۹۳ انتشار یافت. و بحث دیگری نیز به همراه رسالهٔ *نورشناسی*[۳۷] او در سال ۱۷۰۴ منتشر شد. لایبنیتز میان سالهای ۱۶۷۵ تا ۱۶۷۷ مستقلاً به ابداع آن روش توفیق یافته بود. با آنکه نیوتون پیش از لایبنیتز روش فلوکسیون را کشف کرده بود، اما لایبنیتز بود که در ۱۶۸۴ آن روش را نخستین بار برای آگاهی عموم انتشار داد. پس ریشه‌های کش‌مکش میان آن دو در آن موقعیت معلوم است، اما ما نیازی نمی‌بینیم که موضوع را دنبال کنیم.

روش نمادین لایبنیتز بمراتب برتر از روش نیوتون بود. به همین دلیل افتخار ابداع حساب بینهایت کوچکها، حسابی که چون ابزاری راحت دراختیار ریاضیدانان متاخرتر قرار گرفت، بیشتر از آن لایبنیتز است. همان طور که دمورگان یادآورشده، روش نمادین تنها بخش مهم ریاضیات است که نیوتون هیچ سهم چشمگیری در آن ندارد ــ شاید تواناییهای شگرف نیوتون او را توانا می‌ساخته آن همه کار را بدون استفاده از نمادها انجام دهد.[۳۸] اما موفقیت بیشتر ریاضیدانان به کاربرد کافی نمادهایشان بستگی داشت. چون ریاضیات قوهٔ فکر را گسترش می‌دهد، مهمتر از همهٔ ابزارهای علمی است. فکری که به شیوهٔ ریاضی مناسبی مجهز باشد ــ شیوه‌ای که نمادگرایی کاملاً سازگاری را با خود به همراه داشته باشد ــ می‌تواند قله‌هایی از تفکر را تسخیر کند که جز در این صورت، تسخیرناپذیر خواهد بود.

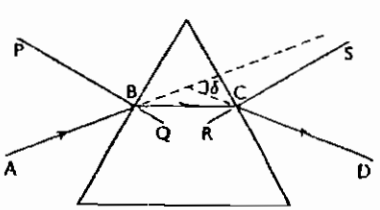
۵ نورشناسی پژوهش در رنگ کجنمایی، انحراف، پراکند
اختراع طیفسنج خطوط فراونهوفر

هنگامی که ریاضیات و هندسهٔ تحلیلی همچون ابزارهای فکری نوین علم روی به تکامل نهاده بودند، سدهٔ ۱۷ شاهد اختراع ابزارهای ارزشمند فیزیکی بیشماری بود؛ ابزارهایی که توانستند حواس آدمی را دقیق و عرصهٔ مشاهدهٔ او را فراخ کنند. در عین آنکه نباید ارزش دماسنج (گالیله؟)، فشارسنج (توریچلی)، تلمبهٔ هوا (گریکه)، آونگ ساعت (هویگنس) را دست کم گرفت، باید به

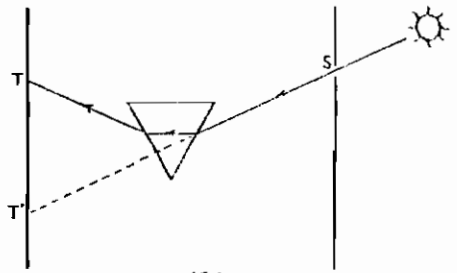
37. *Opticks* 38. De Morgan. *Essays on the Life and Work of Newton.*

ابزارهای نوری توجهی را که سزاوار است مبذول داشت. نورشناسی در سدهٔ ۱۷ بیش از همهٔ رشته‌های فیزیک، جز مکانیک، پیشرفت کرد و با کمک میکروسکوپ و تلسکوپ دنیاهای تازه‌ای را گشود. در اوایل سدهٔ ۱۷، عینک‌سازان هلندی با آزمایش و روی هم نهادن عدسیها، سرانجام به اصول تلسکوپ و میکروسکوپ پی بردند. دکارت با کشف قانون صحیح شکست نور، هلندیها را به ساختن عدسیهایی با کیفیتهای عالی توانا ساخت. همین کشف دکارت به درک بهتر نظریه و سرانجام پیشرفت کار طراحی عدسیها انجامید. چون تلسکوپ و میکروسکوپ از نوآوری پرجاذبه‌ای برخوردار بود، بزودی در زمرهٔ ابزارهای عملی علم درآمد. اما پیدایش این ابزارها براستی مرهون مهارت شیشه‌تراشان هلندی است. اسپینوزا که از مجازات گریخته بود و در هلند زندگی می‌کرد، از راه تراشیدن عدسی معاش می‌گذراند. ذرات شیشه برای ریه زیانبار است. مردی که عمری را صرف تفکر امور پیشینی کرده بود، تندرستی خود را در خدمت تجربه‌گرایی از کف داد.

تلسکوپ شکستی (انکساری) به دست مردانی چون گالیله و هویگنس تکامل یافت، اما در کار آنها نقصی بود که در آن وقت راه برطرف کردنش را نمی‌دانستند. این نقص، کجنمایی رنگی[39] بود. کجنمایی، رنگها را به هم می‌آمیخت و تصویر تلسکوپی را عیبناک می‌ساخت. به همین دلیل جیمز گرگوری[40] و نیوتون تلسکوپ بازتابی را که در آن آینه‌های منحنی جای عدسیها را گرفته بود، طراحی کردند. این مشکل جدی برطرف شد، اما مسئلهٔ کلی و مهم رنگ باز در استانهٔ حل قرار نگرفت. نیوتون دربارهٔ رنگ به پژوهش پرداخت و پایهٔ استواری برای کارهای بعدی گذاشت.



شکل ۵۳



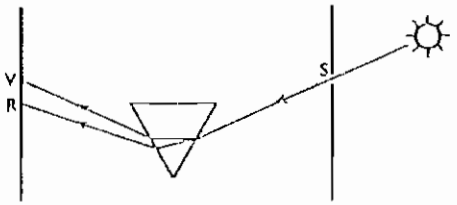
شکل ۵۴

برپایهٔ قانون سینل، پرتو ABCD به هنگام ورود به منشور شیشه‌ای در نقطهٔ B به حالت قائم PQ میل می‌کند و به هنگام بیرون رفتن از منشور از نقطهٔ C از حالت RS منحرف می‌شود. (شکل ۵۳) زاویهٔ δ که از پرتو تافتهٔ AB و پرتو بازتافتهٔ CD تشکیل می‌شود، انحراف[41] نام دارد.

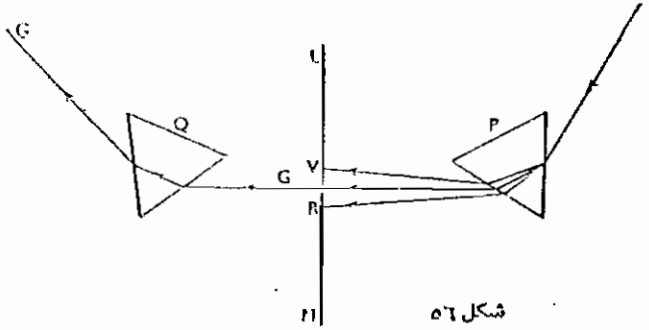
39. chromatic aberration 40. J. Gregory 41. deviation

نیوتون در اتاقی تاریک، پرتوی از آفتاب را از شکاف افقی S به گونه‌ای گذراند که از درون منشوری بگذرد و در نقطهٔ T به دیوار روبه‌رو بتابد (شکل ۵۴). منشور را که از سر راه برمی‌داشت، پرتوهای موازی مستقیماً از درون اتاق می‌گذشت و تصویری از شکاف S را در نقطهٔ T بر دیوار می‌انداخت. پس به ظاهر منشور پرتو را منحرف می‌ساخت و تصویر را به جای نقطهٔ T بر نقطهٔ T' می‌تافت، اما نیوتون دانست موضوع از آن قرار نیست. تصویر روشنی در کار نبود، بلکه دسته‌ای نور با رنگهای گوناگون، از قرمز در پایین و به ترتیب: نارنجی، زرد، سبز، آبی، و بنفش در بالا تشکیل می‌شد. چگونگی قرار گرفتن رنگها به همان ترتیبی بود که در رنگین کمان دیده می‌شد.

توضیح نیوتون این بود که نور به ظاهر سفید خورشید آمیزه‌ای از پرتوهای رنگین بسیار است، و برخی از رنگها پرشکست‌تر از رنگهای دیگرند. نور قرمز که از سایر نورها کمتر منحرف می‌شود، به نقطهٔ R می‌تابد (شکل ۵۵). اما نور بنفش که بیشتر از همهٔ نورها منحرف می‌شود، به نقطهٔ V می‌تابد. سایر نورها که انحرافشان در حد فاصل میان نور قرمز و بنفش است، با ترتیبی که یاد شد، در نقاط میان R و V می‌تابند. این پدیده را پراکند[42] می‌نامند و دسته پرتو رنگارنگی که از پراکند نتیجه می‌شود، طیف (بیناب)[43] می‌خوانند.



شکل ۵۵



شکل ۵۶

42. dispersion 43. spectrum

نیوتون نتیجه‌ای را که به دست آورده بود، از دو راه بررسی کرد. همان طور که او حدس می‌زد، ممکن بود رنگها اجزای جداگانهٔ نورسفید اصلی نباشند. مثلاً ممکن بود به هنگام گذر نور از منشور، رنگها به گونه‌ای بر آن افزوده شده باشند. پس نیوتون آن سوی منشور P، پردهٔ LM را کشید و منشور دیگری (Q)، مطابق شکل ٥٦، طرف دیگر پرده قرار داد. دربردهٔ LM شکاف باریکی داد، چندان که تنها یك رنگ ــ مثلاً رنگ سبز ــ بتواند از آن بگذرد. او دریافت که پرتو سبز درگذر از منشور Q نه پراکنده می‌شود و نه تغییر رنگ می‌دهد. این نتیجه، عقیدهٔ او را تحکیم کرد که رنگها از نور سفید پدید آمده‌اند، زیرا نور سفید مرکب است و می‌تواند به چندین جزء اساسیش تجزیه شود. پرتو سبزرنگ یکی از این اجزاء اساسی است و بیش از این تجزیه‌شدنی نیست.

نیوتون به این نتیجه نیز رسید که اگر بتوان نور سفید را تجزیه کرد، پس باید راهی برای تشکیل نور سفید از پرتوهای تشکیل دهندهٔ آن باشد. برای این منظور صفحهٔ ملوری ترتیب داد و قطاعهای آن را با رنگهای طیف رنگی نقاشی کرد و کشف کرد با چرخش تند صفحه هیچ یك از رنگها به تنهایی دیده نمی‌شود، بلکه بر اثر به هم آمیختن رنگها، رنگ صفحهٔ چرخان سفید به نظر می‌رسد.

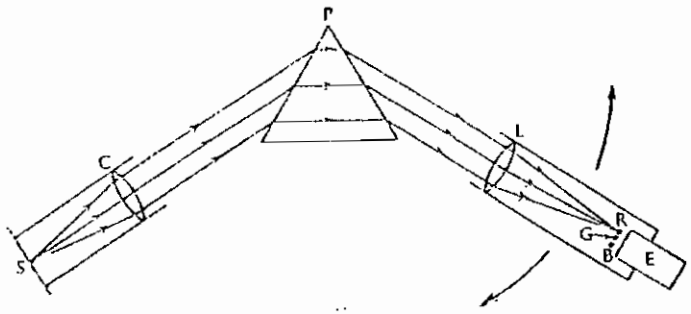
این کشفیات راه را برای فهم بهتر رنگ گشود. آن پندار قدیمی که اجسام رنگین به نوری که برآنها بتابد چیزی می‌افزایند، جای خود را به این تصور داد که این گونه اجسام چیزی از نور می‌کاهند. بنابراین، اگر نور سفید از شیشهٔ قرمز بگذرد، شیشهٔ قرمز بعضی از رنگها ــ قرمز و شاید مقداری نارنجی ــ را عبور می‌دهد، اما بقیهٔ رنگها را عبور نمی‌دهد و به خود جذب می‌کند. شیشه چون صافی عمل می‌کند. اگر از درون آن نگاه کنیم، رنگ اصلی را با ماده‌ای رنگین که به آن افزوده شده باشد نمی‌بینیم، بلکه رنگ اصلی را بدون عناصر زرد، سبز و آبیش می‌بینیم. مثال دیگر: برگ، سبز است، چون پرتو قرمز و بنفش را (که برای کنشها و واکنشهای شیمیایی درونی خود نیاز دارد) جذب می‌کند و بخش عمدهٔ پرتوهای زرد، سبز و آبی را بازمی‌تابد. کجنمایی رنگی برای این است که عدسی پرتوهای رنگی‌مختلف را می‌شکند و به نقاط مختلف می‌تاباند. تلسکوپ بازتابی این نقص را ندارد، چرا که قانون بازتاب دربارهٔ پرتو همهٔ رنگها راست است. می‌توان عدسیهایی را که از چند نوع شیشهٔ مختلف ساخته شده باشند به گونه‌ای ترکیب کرد که یك عدسی اثر پراکند عدسی دیگر را خنثی سازد، اما هیچ تأثیری در انحراف آن نداشته باشد. به این دلیل بود که ساخت تلسکوپهای شکستی تکفام[44] ممکن شد. نیوتون از این موضوع بی‌اطلاع بود.

نظریهٔ دقیقی دربارهٔ رنگین کمان مطرح شد که تشکیل کمان را به طور مبهم به پراکند پرتو آفتاب و شکست نور در دانه‌های باران نسبت نمی‌داد. این نظریه از دقت برخوردار بود و ارقامی که به دست می‌داد، قابل اندازه‌گیری بود. براساس همین نظریه، پهنای کمان محاسبه شد و معلوم گردید

44. achromatic

کمان وقتی به طور کامل تشکیل خواهد شد که ارتفاع خورشید کمتر از ۴۱° باشد. ترتیب قرار گرفتن رنگها و کمان دوم، که ترتیب قرار گرفتن رنگهایش برعکس کمان اول است، با این نظریه توضیح داده شد.

مطالعهٔ رنگ، طیفسنج[45] را برای علم به ارمغان آورد، ابزاری که ارزش آن تقریباً با ابزارهای رهاورد کاوش در بازتاب و شکست نور برابر بود. طیفسنج اختراع سدهٔ ۱۷ نیست، اما شاید بی‌مناسبت نباشد در همین جا چند کلمه‌ای دربارهٔ اختراع آن بگوییم. می‌توان به کمك طیفسنج نوری را که از هر منبعی تابیده شود، به پرتوهای رنگی تشکیل دهنده‌اش به دقت تجزیه کرد و با نوری که از منبعهای دیگری بتابد به مقایسه گذاشت.



شکل ٥٧

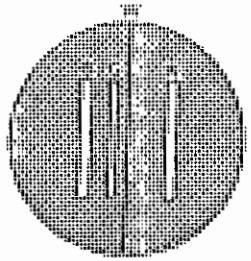
در شکل ٥٧ اصول طیفسنج نشان داده شده است. بهتر است نخست فرض کنیم پرتوی که می‌خواهیم مورد آزمایش قرار دهیم از یك رنگ، مثلاً قرمز باشد. پرتو را از شیار باریك S می‌گذرانیم. پرتوهایی که از شیار به درون می‌تابند، از عدسی C می‌گذرند و عدسی آنها را موازی می‌کند. سپس پرتوها از منشور P می‌گذرند (چون همه از یك رنگ هستند) منشور همه را به یك نسبت می‌شکند. سپس L: عدسی دیگر تلسکوپ، دوباره آنها را جمع می‌کند و تصویر قرمز رنگ شیار را در نقطهٔ R تشکیل می‌دهد. این تصویر از درون E که چشمی دوربین است، دیده می‌شود.

حال اگر پرتو سبز را با قرمز همراه کنیم و از شیار بگذرانیم، پرتو سبز بیش از قرمز می‌شکند و تصویر سبز رنگ در نقطهٔ G دیده می‌شود. اگر پرتو آبی را بیفزاییم، تصویر آبی رنگ در نقطهٔ B تشکیل می‌شود. بنابراین، از شیار سه تصویر موازی و با سه رنگ متفاوت خواهیم دید.

صفحهٔ عمودی که تصویرهای B و G و R بر آن می‌افتد، صفحهٔ کانونی[46] تلسکوپ نام دارد. در

45. spectrometer 46. focal plane

این صفحه، مفتول سیمی عمودی W کارگذاشته شده است. این مفتول را که از بالا تا پایین صفحه کشیده شده، به همراه تصویرها (شکل ۵۸) می‌توان دید. می‌توان تلسکوپ را به راست یا چپ گرداند؛ همان گونه که در شکل ۵۷ با پیکان نشان داده شده است. محل قرار گرفتن تلسکوپ به کمک عقربهٔ روی صفحهٔ مدوری نشان داده می‌شود. فرض کنید تلسکوپ را حرکت می‌دهیم تا مفتول سیمی با تصویر قرمز منطبق شود. آنگاه درجهٔ عقربه را یادداشت می‌کنیم. حال تصوّر کنید که منبع تابش پرتو قرمز دیگری را جایگزین منبع نخستین کنیم. می‌خواهیم بدانیم آیا پرتو قرمز اخیر مانند پرتو قرمز سابق است یا نه. با توجه به اینکه تصویر اخیر با مفتول سیمی منطبق شود یا نه، بیدرنگ درخواهیم یافت پرتوها همانندند یا نیستند. اگر منطبق باشند، پرتوها همانندند. چنانچه برای انطباق آن دو ناگزیر از حرکت دادن تلسکوپ باشیم، پس مقدار حرکت تلسکوپ نشانهٔ میزان اختلاف آن رنگهاست. قدرت تشخیص انسان در مقایسهٔ رنگها خطاپذیر است. طیفسنج رنگها را با دقت و اندازه‌گیریهای غیر مشخصی نشان می‌دهد، به گونه‌ای که مشاهدهٔ رنگ با این ابزار همان قدر قابل اعتماد است که انواع مشاهده‌های دیگر.



شکل ۵۸

نتایج کاربرد طیفسنج در اخترشناسی قابل توجه بود، اما به کشفیات آنی نینجامید. این نتایج، تنها پس از انجام کارهای مفصل و پشت صحنه‌ای به دست آمد. افتخار این کارها از آن گروهی از نورشناسان، اخترشناسان و شیمیدانان سدهٔ ۱۹ است. شاید بتوان گفت که سرآمدان آنها سرجان هرشل، ژان‌برنار فوکو، گوستاو کیرشهوف[47]، روبرت بُونزن[48] و نارمن لاکیر[49] بوده‌اند.

پرتو پایی که از جسم فروزان می‌تابد، از همهٔ رنگها تشکیل یافته است و اگر از طیفسنج بگذرد، تصویر نشیار را با همهٔ رنگهای ممکن پدید می‌آورد. این رنگها در کنار همند و دسته پرتو رنگین پیوسته‌ای را تشکیل می‌دهند که با سایه روشن از قرمز تا بنفش تغییر می‌کند. این پدیده را طیف پیوسته[50] می‌نامند. هنگامی که نور خورشید تجزیه می‌شود، طیفی پیوسته که با خطوط تیرهٔ

47. G. Kirchoff 48. R. Bunsen 49. N. Lockyer 50. continous spectrum

بسیاری قطع شده، نمایان می‌شود. این خطوط تیره، سایهٔ پرتوهای رنگی خاصی هستند که یا به ما نرسیده‌اند یا محو شده‌اند. این خطوط تیره را خطوط فراونهوفر[51] می‌نامند. نخستین بار در سال ۱۸۱٤، فراونهوفر نورشناس که ابزارهای کار پسیل را برای او می‌ساخت، این خطوط را بدقت مورد مطالعه قرار داد.

تفسیر خطوط فراونهوفر به دو کشف دیگر بستگی داشت: نخست به این نکته پی بردند که هر عنصر شیمیایی در حالت گازی فروزان، پرتوی را می‌تاباند که رنگ یا ترکیبی از رنگها نشانهٔ نمایان آن است. برای مثال، سدیم دو پرتو زردرنگ، و جیوه پرتوهای خاصی به رنگ زرد، سبز و بنفش می‌تابانند. دوم آنکه کشف شد بخار هر عنصر می‌تواند پرتو رنگهایی را که تابیده شده به خود جذب کند. بنابراین، اگر نور سفید رخشانی پیش از آنکه وارد طیفسنج شود از درون شعله‌ای که دارای بخار سدیم است بگذرد، بخار، پرتوهای زرد سدیم را به خود جذب می‌کند و طیف پیوستهٔ نورسفیدی که در طیفسنج تشکیل می‌شود، به جای زردهای سدیم، خطهای تیره‌ای را نشان می‌دهد.

این کشفیات به توضیح روشنی از خطوط فراونهوفر انجامید، زیرا این خطوط درست در جایی پیدا می‌شوند که رنگهای نمایانگر عناصر باید دیده شوند. پرتو سفید بخشهای درونی خورشید پیش از آنکه به ما برسد، ناچار از درون جو بخارهای فروزان خورشید می‌گذرد. هرعنصری که در این جوّ باشد، پرتو رنگهای مخصوص به خود را جذب خواهد کرد. به همین سبب روی طیف خورشیدی، خطوط تیره دیده می‌شود. با توجه به جای خطوط، می‌توان عناصر موجود در جو خورشید را تعیین کرد. اگر نور ستارگان دیگر هم تجزیه شود، مشابه همین خطوط تیره دیده خواهد شد؛ هرچند که طرح آن از ستاره‌ای به ستارهٔ دیگر فرق می‌کند. بنابراین، طیفسنج ما را توانا می‌سازد تا دست کم به بخشی از پرسشی که تاچندی پیش بی‌پاسخ می‌نمود، پاسخ دهیم. و آن پرسش، این بود: اختران از چه ساخته شده‌اند؟ فهم متعارف اخترشناسان سدهٔ ۱۷، عقیدهٔ ارسطویی به عنصر پنجم را نمی‌پذیرفت. وقتی دانستند اجسام زمینی و آسمانی از قانونهای مکانیکی یکسانی پیروی می‌کنند، پس بعید می‌نمود این اجسام از مواد کاملاً متفاوتی ساخته شده باشند. اما این تنها گمانی تیزبینانه بود و هیچ دلیل محکمی پشتیبان خود نداشت. سرانجام دلیل نیرومند و قاطع با طیفسنج به دست آمد و آن گمان با پیش‌بینی موفقی بیش از پیش تحکیم شد. خطوط فراونهوفری خاصی که با هیچ یك از عناصر شناخته شده پیوند نداشت، در سال ۱۸۷۸ به فرضیهٔ سر نارمن لاکیر انجامید. فرضیهٔ لاکیر این بود که خورشید شامل عنصری است که در زمین دیده نشده است. او پیشنهاد کرد این عنصر را هلیوم بنامند. بعدها گاز هلیوم در هوای معمولی کشف شد.

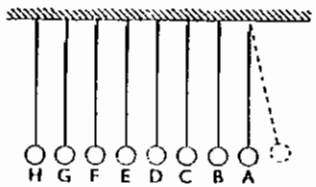
51. Frauenhofer lines

۶ سدهٔ ۱۷ و فرضیه‌های نوری

نظریه‌های نشری، ذره‌ای، موجی
تخمین سرعت نور — آزمایش تامس یانگ — پراش و تداخل
معمای باور ایسلندی — نظریهٔ مکسول — محاسن و معایب همانندی و قیاس
اصل دوپار در اخترشناسی

باید به فرضیه‌هایی که در سدهٔ ۱۷ در توضیح انتشار نور پرداخته‌اند اندکی بپردازیم. نظریهٔ انتشار ذره‌ای[52] از آن نیوتون است. این نظریه می‌گفت نور جریان ذراتی است که جسم نورانی از خود بیرون می‌تابد. اما نیوتون این دیدگاه را با احتیاطی که خاص خود او بود، اختیار کرده بود. هوک و هویگنس میان نور و صوت همانندی دیده بودند و نظریهٔ موجی[53] را برتر می‌شناختند.

صوت را اجسام پدید می‌آورند، مانند ارتعاش تند زنگها یا زه‌سازها. صوت از راه تکانه‌های پیاپی در هوا به گوش می‌رسد. ارزهٔ زه یا تکان زنگ بیدرنگ به لایهٔ هوای پیرامون منتقل می‌شود. این لایه با کمی درنگ در عمل، ارزه‌ها را به لایهٔ بعدی انتقال می‌دهد و عمل انتقال بدین سان ادامه می‌یابد. آشفتگی[54] که عبارت از ارتعاشهای کوچك و تند فشار است، در طول زمان به عصبهای گوش می‌رسد و احساس شنیدن صوت پدید می‌آید. شکل ۵۹ تا اندازه‌ای گذر امواج صوتی را نشان می‌دهد. گویهای بیلیارد A,B,C,D, ... با رشته‌های مساوی در کنار هم آویخته شده، اما



شکل ۵۹

کاملاً با یکدیگر مماس نیستند. فرض کنید گوی A را از محل خود حرکت دهیم و از جایی که با خطوط نقطه‌چین نشان داده شده، رها کنیم. حرکت حاصل، از A به B و از B به C می‌رسد و به همین نحو ادامه می‌یابد. اما حرکت هر گوی با کمی درنگ نسبت به حرکت گوی پیش همراه است. این حرکت در طول خط ادامه دارد، اما به تدریج خفیف‌تر می‌شود. دو نکته دارای اهمیت است: (۱) لازمهٔ انتقال آشفتگی، انتقال هوا از جایی به جای دیگر نیست؛ (۲) در خط AH ذرات جدا از هم به همراه انتقال آشفتگی مرتعش می‌شوند. موجی که بدین صورت ایجاد می‌شود، موج طولی[55] نام دارد. از توالی چنین امواجی با فاصله‌های منظم، نُتِ موسیقی پدید می‌آید که دانگ آن

52. corpuscular emission theory 53. wave theory 54. disturbance
55. longitudinal wave

به بسامد پی‌درپی امواج بستگی دارد. هرچه بسامد بیشتر باشد، نُتِ موسیقی زیرتر است.

دانشمندانی که به نظریهٔ موجی گرویده بودند، براین عقیده بودند که نور به همین طریق منتشر می‌شود. اما هوا نمی‌تواند رسانهٔ ارتعاش باشد، چون نور می‌تواند در خلأ عبور کند. آنها چاره‌ای نداشتند جز آنکه به اتر یا مادهٔ بسیار رقیقی که فضا را بیاکند، امواج را عبور دهد و با وصف این مانعی بر سر راه گردش سیارگان ایجاد نکند، قائل شوند. هویگنس نخستین کسی بود که روی نظریهٔ موجی به تفصیل کار کرد و فرض را براین پایه نهاد که امواج نوری مانند امواج صوتی طولی هستند. اما هوك می‌پنداشت امواج نوری، عرضی[56] هستند، به این معنی که اتر به نسبت امتداد حرکت امواج با زاویهٔ قائمه مرتعش می‌شود. چینهایی که بر سطح آبگیری تشکیل می‌شوند، از این نوعند. با حرکت افقی امواج، ذرات جدا از هم اب بالا و پایین می‌روند. فاصلهٔ میان برامدگیهای پیاپی موج را طول موج[57] و شمارهٔ برامدگیهایی را که در یك ثانیه از نقطهٔ معینی می‌گذرند، بسامد موج گویند. سرعت موج برابر است با طول موج ضرب در بسامد موج. به تجربه ثابت شده که سرعت موج در هر رسانهٔ معین ثابت است. از این روست که افزایش طول موج همیشه با کاهش بسامد موج همراه است.

بنابراین، در سدهٔ ۱۷ سه فرضیه رواج داشت: ذره‌ای، طولی و عرضی. هرسه فرضیه روح مکانیکی آن عصر را بازمی‌تافتند، زیرا هرسهٔ آنها نور را به اعتبار ماده و حرکت تفسیر می‌کردند. در عین حال هرکدام قوّت و ضعف خاص خود را داشتند.

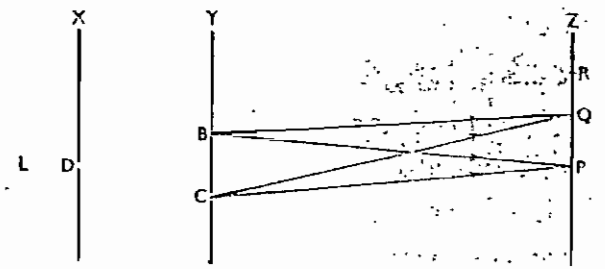
آشکار است که از وجود سایه می‌توان پی برد نور تقریباً، اگر نگوییم تحقیقاً، در خط مستقیم حرکت می‌کند. نیوتون با همهٔ توان به مخالفت با فرضیه‌های موجی از هر نوع برخاست، زیرا به نظر او این فرضیه‌ها از عهدهٔ توضیح واقعیت برنمی‌آمد. در آن وقت ایراد نیوتون به اندازهٔ کافی وارد می‌نمود. امواج صوتی در همه سو می‌پیچد، پس او دلیلی نمی‌دید تا گمان کند انتشار امواج نوری به طرزی سوای امواج صوتی است. از سوی دیگر، انتشار در خط مستقیم نتیجهٔ طبیعی نظریهٔ نشری[58] خود او بود. با همهٔ این دشواریها، نظریهٔ موجی جاذبه‌هایی نیز داشت. این نظریه می‌توانست تنوع رنگها را مانند تغییر بسامدها تبیین کند. تشبیه رنگ به دانگ صوت تشبیه چنان نزدیکی است که تبیین نظریهٔ نشری را طبیعی و متقاعدکننده جلوه می‌داد. بهتر است به یاد داشته باشیم مفاهیم دکارتی هنوز رواج بسیار داشتند. پیش از آن دکارت در توضیح حرکت سیال گردشارها و برای بیان مقصود خود به وجود نوعی اتر قائل شده بود.

اما آزمایشی بود که می‌توانست در نهایت تکلیف فرضیه‌های نیوتونی و موجی را تعیین کند. برپایهٔ فرضیهٔ نیوتونی، تنها با فرض اینکه در محیطی که از نظر نوری چگالتر باشد، نور تندتر سیر

56. transverse wave(= موج عرضی) 57. wavelength 58. emission theory

می‌کند، شکست نور تبیین می‌شود. به اعتبار فرضیهٔ دوم، در محیط چگالتر نور کندتر سیر می‌کند. با آنکه در سال ۱۶۷۶ رومر سرعت نور را در فاصله‌های اخترشناختی تخمین زده بود، اما در سده‌های ۱۷ و ۱۸ هنوز روشی برای اندازه‌گیری نور در فاصله‌های کوتاه کشف نشده بود. به همین سبب اختلاف حل نشدهٔ آراء همچنان باقی بود تا آنکه در سدهٔ ۱۹ آزمایش مهمی انجام گرفت. طبعاً احترام به نیوتون سبب شده بود که ذهنها از توجه به محاسن نظریهٔ موجی منحرف شود. سرانجام با پژوهشهای تامس یانگ[59] (۱۷۷۳ تا ۱۸۲۹)، اوگوستن فرنل[60] (۱۷۸۸ تا ۱۸۲۷) و ژان - برنار فوکو (۱۸۱۹ تا ۱۸۶۸) به نظریهٔ موجی اعتنای جدی شد.

تامس یانگ با پژوهش پیرامون تداخل[61] و پراش[62] هم دلایل تازه‌ای به سود نظریهٔ موجی بدست آورد و هم یکی از ایرادهای اصلی را که بران نظریه وارد می‌کردند، از سر راه برداشت. او و هویگنس معتقد بودند که امواج نور، طولی است و از نوسانهای سریع فشار در اتر پدید می‌آید؛ حال آنکه امواج صوتی، مایه‌ای که چون سایهٔ امواج نوری پیدا باشد، ایجاد نمی‌کنند. اگر امواج صوتی با مانعی از هم جدا شوند یا از درون شکافی بگذرند و در همهٔ جهات پراکنده شوند، باز می‌خواهند با هم جمع شوند. این پدیده را پراش می‌گویند. پراش بیشتر در امواج بلند کم بسامد دیده می‌شود، تا در امواج کوتاه و پربسامد. یانگ و نیوتون کشف کردند که اگر نور به راستی چون موج حرکت کند، پس باید مانند صوت دچار پراش شود. اما یانگ متوجه شد اگر طول موج کوتاه باشد، پدیدهٔ پراش به سختی محسوس خواهد بود. او دست به آزمایش بسیار ساده و جالبی زد که سه نتیجهٔ مهم به بار آورد. این آزمایش وجود پراش را نشان داد؛ پدیدهٔ دیگر (تداخل) که نظریهٔ موجی وجود آن را پیش‌بینی کرده اما نظریهٔ نشری پیش‌بینی نکرده بود، با آزمایش دیده شد؛ سرانجام این آزمایش یانگ را توانا ساخت طول و بسامد امواجی را که دیگر وجود انها بسیار محتمل می‌نمود، براورد کند.



شکل ۶۰

این نکته‌ها با شکل ۶۰ نشان داده شده است. سه پردهٔ موازی به نامهای X و Y و Z می‌بینید.

59. T. Young 60. A. Fresnel 61. interference 62. diffraction

D شیار باریکی روی پردهٔ Xاست و L چراغی است که پشت ان قرار دارد و کار نقطهٔ نورانی را می‌کند. نور به دو شیار باریك BوC که در نزدیکی هم و در پردهٔ Y قراردارند، می‌تابد. اگر نور ازشیارهای Bو C به صورت مستقیم و بدون پراش می‌گذشت، از هرشیار تصویرهای کاملاً واضح و جدا از همی روی پردهٔ Z می‌افتاد. اما در عوض انچه دیده می‌شود، مجموعه‌ای از چندین خط روشن و تیره است که با هم تداخل پیدا کرده‌اند. این ازمایش به روشنی نشان می‌دهد پس از گذر نور از درون شیارها، می‌بایست نوعی پراش یاپراکندگی، وجود داشته باشد.

برپایهٔ نظریهٔ موجی یانگ به سادگی می‌توان وجود لکه‌های متناوب روشن و تیرهٔ نوری را توضیح داد. نخست فرض کنید فاصلهٔ پرتوهای BP و CP که در نقطهٔ P بر روی پردهٔ Z روی هم می‌افتند، نسبت به دو نقطهٔ Bو C به یك اندازه باشند. هر پرتو از تکانه‌هایی با فشار زیاد و کم تشکیل شده که با فاصله‌های منظم به دنبال هم می‌ایند. چون فاصلهٔ پرتوها به یك اندازه است و هردو از یك منبع نوری می‌تابند، تکانهٔ فشار زیاد از نقطهٔ B همان لحظه‌ای می‌رسد که تکانهٔ فشار زیاد از نقطهٔ C. تکانه‌های کم فشار نیز بر هم منطبق می‌شوند. بنابراین، پرتوهای Bو C که در هم می‌امیزند، یکدیگر را تقویت می‌کنند و روشنایی‌ای پدید می‌اورند که برابر با مجموع انهاست. اما این همزمانی در نقطهٔ Q بهم می‌خورد، زیرا CQ بزرگتر از BQ است. اگر تصادفاً اختلاف میان CQ و BQ نصف طول موج نور باشد، پس تکانه‌های فشار زیاد C با تکانه‌های فشار کم B منطبق خواهد شد، تاثیر یکدیگر را از بین خواهند برد و به جای روشنایی تاریکی خواهد بود. در نقطهٔ R که اختلاف فاصله با طول موج برابر است، تکانهٔ فشار زیاد B برتکانهٔ فشار زیاد C منطبق می‌شود و تصویر در ان نقطه کاملاً روشن خواهد بود. پس براین اساس پدیدهٔ تداخل توضیح داده می‌شود، اما تبیین ان با نظریهٔ نشری بسیار دشوار است.

اندازه‌گیری اختلاف CQ–BQ از راه فاصله‌های اندازه‌گیری شدهٔ YZ و BC و PQ و سرانجام به دست اوردن طول موج نور آسان است. کشف شده که طول موج نور با رنگ آن تغییر می‌کند. طول موج نور ابی حدود ۰/۰۰۰۰۴۵ سانتی‌متر و طول موج نور قرمز حدود ۰/۰۰۰۰۸ سانتی‌متر است. طول موج صوت متوسط، مانند طول موج نت سی اکتاو دوم نزدیك به ۴ یاست. بنابراین، طول موج نور و صوت دو ترتیب کاملاً جداگانه دارند. مقدار پراش در نور به اندازه‌ای ناچیز است که مشاهدهٔ سطحی، حرکت نور را حرکتی کاملاً مستقیم‌الخط (البته بخطا) خواهد یافت.

هویگنس و نیوتون با معمای شکست دوگانه در بلور ایسلندی دست به گریبان بودند. اگر تکه‌ای از بلور ایسلندی را روی نقطه‌ای در صفحه‌ای از کاغذ بگذاریم، از ان نقطه دو تصویر در باور دیده می‌شود: یکی در محل عادی ان و تصویر دیگر، در نزدیکی تصویر اصلی. اگر باور روی کاغذ چرخانده شود، تصویر عادی سرجای خود می‌ماند، اما تصویر اضافی به گرد ان و در حول یك دایره می‌گردد. هویگنس نتوانست توضیح قانع‌کننده‌ای از این پدیده بدست دهد، اما نیوتون نتیجه گرفت

مقطع پرتو نور نمی‌تواند با صفحه‌ای که زاویهٔ آن نسبت به مسیر نور قائمه است، متقارن باشد. نیوتون از این پیشتر نرفت. پس بدین ترتیب، موج طولی نمی‌تواند بدون تقارن باشد. به همین دلیل، فرنل نظر هوك را از نو پیش کشید. برپایهٔ این نظریه امواج نور عرضی است و ارتعاشهای اتر در امتداد پیشروی امواج است. این نظریه لزوم نبودن تقارن را ممکن دانست، اما در عین حال به تبیین یانگ از تداخل خدشه‌ای وارد نساخت. (با جایگزین ساختن «برآمدگی» به جای «تکانهٔ فشار قوی» و «فرورفتگی» به عوض «تکانهٔ فشار ضعیف» ناگزیر تنها باید در عبارت توضیح تغییر داد.)

موقعیت نظریهٔ موجی بافوکو بیش از پیش تحکیم شد. او در سال ۱۸۵۰ راهی برای اندازه‌گیری سرعت نور در فاصله‌های کاملاً کوتاه پیدا کرد. و با این راه بررسی اختلاف سرعت نور در رسانه‌های شفاف کوناگون میسّر شد. نیز دانسته شد که نور در آب کندتر از هوا سیر می‌کند ــ واقعیتی که به اعتبار نظریهٔ موجی، نه براساس نظریهٔ نشری، می‌توانست قانون شکست سنل را تحلیل کند.

بدین ترتیب نظریهٔ عرضی بودن امواج نوری در نیمهٔ سدهٔ ۱۹ به آسانی استقرار یافت. اما هنوز ایراد بزرگی باقی بود. برای آنکه اتر امواج نور را به صورت عرضی انتقال دهد، می‌بایست بیشتر خواص کشسانی جامدات را می‌داشت، تا خواص سیالات را. ملاً ارسطویی- دکارتی که متخصصان علم بررسی هوا در سدهٔ ۱۷ با زحمات زیاد رد کرده بودند، انتقامجویانه بازگشته بود. پنداری فرضیهٔ فضای آکنده از مادهٔ سیال را تنها به این منظور ترك گفته بودند تا جای آن را به فرضیهٔ نامتقاعدکننده‌تر فضای آکنده از مادهٔ جامد بدهند. واقعیتهای نورشناختی به ظاهر گواه وجود چنین رسانه‌ای بود، اما چگونه می‌شد آن را با حرکت آزادانهٔ سیارگان آشتی داد؟ مشکل با پذیرفته شدن نظریهٔ الکترومغناطیسی مکسول از میان برخاست. نظریهٔ مکسول می‌گوید گذر قطار امواج نور بیشتر به نوسانهای متناوب کشش الکتریکی و مغناطیسی (هرچه که می‌خواهد باشد) بستگی دارد، تا به هر نوع ارتعاش مادّی دیگر. خواص الکتریکی و مغناطیسی به اتر نسبت داده شد، اما دیگر لزومی به خواص کشسان مواد ناخالص نبود. نظریهٔ مکسول گسترش نظریه‌ای بود که از لحاظ فلسفی اهمیت بسیار داشت، هرچند در عصر مکسول به اهمیت کامل آن پی نبردند. اعتقاد به اینکه طبیعت نمی‌تواند چیزی جز ماده و حرکت باشد، نسبت به اواسط سدهٔ ۱۷ کم‌کم به اعتقادی ژرفتر و گشاده نظرتر تبدیل گردید. نخستین نشانه‌های انصراف علمی از آن اعتقاد با نظریهٔ مکسول پدیدار شد.

از این رو، نظریهٔ موجی نور که یکی از برداشتهای سدهٔ ۱۷ بود، به سیمای راستهٔ الکترومغناطیس درآمد و یکی از اجزاء اصلی علم نوین را تشکیل داد و به یگانگی نورشناسی و علم برق انجامید. با کاربرد فنّی امواج برقی، تاثیرهای اجتماعی، نظامی و اقتصادی بیرون از حد و شمارش گذاشته شد. از همهٔ اینها مهمتر، جنبش اندیشهٔ علمی را آغاز کرد و آن را از بند نگرش

تنگ و محدود مادّی‌گرایی خشك آزاد ساخت. هرچند مادّی‌گرایی چند گاهی سودمند و شاید برای پیشرفت لازم بود، اما دیگر حتی برای علم فلسفه‌ای ناکافی بود.

در این پیشرفتها، همانندی (قیاس)[63] سهم بزرگی داشت. علم با همانند دیدن نور و صوت یا رنگ و دانگ صدا به راه خود ادامه می‌داد، اما هرگاه همانندیها بیش از اندازه نزدیك می‌شدند، مشکلی در کار پدید می‌آمد. همانندی کامل را تنها در منطق و ریاضیات می‌توان دید؛ همچنانکه در هندسهٔ تحلیلی میان حرکت منحنیها و معادله‌های آنها برقرار است. همین همانندی، مجرز منطقی ما را یاری می‌دهد خواص منحنیها را با اطمینان از معادله‌های آنها استنتاج کنیم. اما همانندیهایی که در علوم طبیعی الهامبخش است، نه کامل است و نه منطقاً محرز. در علوم طبیعی، همانندی در بیشتر موارد، تنها *احساسی* مبهم است، همان طور که نتیجهٔ تجربهٔ ناقص، مبهم است. این سخن ارزش همانندی را به عنوان راهنما نفی نمی‌کند، بلکه مراد این است که در دنبال کردن همانندی باید جانب احتیاط را نگاه داشت؛ به جستجوی همانندی برآمد، اما نتایج به دست آمده را با احتیاط بررسی کرد. توانایی تشخیص این نکته از بزرگترین مواهبی است که دانشمندی می‌تواند از آن برخوردار باشد، اما وارسیهای مستقل از یکدیگر باید همواره وجود داشته باشد. همانندی به عنوان برهان، عموماً بی‌ارزش، اما به عنوان منبع الهام غالباً با ارزش است.

اکنون می‌توان یکی دیگر از کاربردهای مهم ملیمنسنج دراخترشناسی را شناخت. رصدکردن اختری که از برابر چشم ما حرکت می‌کند، آسان است. امّا رصدکردن اختری که مستقیماً به سوی ما نزدیك یا مستقیماً از ما دور می‌شود، آسان نیست. تغییراتی که در اندازهٔ ظاهری یا درخشندگی اختر براثر حرکتش پدید می‌آید، ناچیزتر از آن است که قابل اندازه‌گیری باشد. اما برای از میان برداشتن این دشواری می‌توان از خطوط فراونهوفر استفاده کرد. صدای سوت قطاری که به ما نزدیك می‌شود، ریزتر از صدای سوت قطاری است که از ما دور می‌شود. این پدیده را اثر دوپلر[64] (یا اصل دوپلر) می‌نامند. دلیلش این است: هنگامی که حرکت قطار به سوی ما باشد، تکانه‌هایی که صوت را پدید می‌آورند با توالی سریعتری به ما می‌رسند، تا اینکه قطار در حالت ایستادن سوت بزند. بنابراین، نُتی به گوش ما می‌رسد که هم بسامدش بیشتر است و هم دانگش بالاتر است. امواج نور نیز به همین ترتیب است. اگر منبع‌نورانی به ما نزدیك شود، نور آن پربسامدتر از حالت عادی است و اگر از ما دور شود، نور آن کم بسامدتر از حالت عادی است. آخرین حدّ قرمز طیف نور کم بسامدترین حدّ است. حد آبی پربسامدترین حدّ است. به همین دلیل اختری که به ما نزدیك می‌شود، نورش کمی آبی‌رنگ‌تر و اختری که از ما دور می‌شود، نورش کمی سرخ‌تر به نظر می‌رسد.

در بررسی این گونه از تغییرات رنگ می‌توان از خطوط فراونهوفر به عنوان نشانه استفاده کرد.

---

63. analogy 64. Doppler's effect

هر عنصری، فرض کنید ئیدروژن، خطوطش انگارهٔ مشخصی دارد. به هنگام بررسی طیف نوری اختر، گاه معلوم می‌شود انگارهٔ مشخص طیف ئیدروژن اندکی جا به جا شده است. اگر انگارهٔ طیف به سرخی زده باشد، پس می‌توان نتیجه گرفت چون اختر از ما دور می‌شود بسامد نوری آن نیز کم شده است. اما اگر انگاره به آبی زده باشد، نشانهٔ آن است که اختر به ما نزدیك می‌شود. با سنجیدن طیف نوری اختر و خطوط ئیدروژنی که از یك منبع نوری ثابت تشکیل شده باشد، می‌توان آن تغییر را اندازه گرفت و بنابراین، سرعت نزدیك شدن یا دور شدن اختر را نیز محاسبه کرد.

اصل دوپلر در بررسی نظر مکسول در این باره که حلقهٔ زحل نمی‌تواند جامد باشد بلکه می‌بایست از ذرات بسیاری تشکیل شده باشد، به کار گرفته شد و معلوم شد بخشهای درونی حلقه تندتر از بخشهای بیرونی آن به گرد زحل می‌گردند. اگر حلقهٔ زحل جامد می‌بود، طبیعتاً چنین گردشی امکان نداشت. اما شگفتی انگیزتر از همه، کشف سحابیهای برونکهکشانه‌ای بود که همگی دارای حرکت ظاهری پسخرامی هستند. این سحابیها هرچه دورتر باشند، حرکت پسخرامی آنها بیشتر است. از این رو، با تصوّر گیتی رو به گسترش، کار هندسه کیهانی دشوار شده است.

۷ نقادی جورج بارکلی از دعاوی علم بارکلی و هستی ماده و ذهن بارکلی و علم و دین

اندیشه‌های بارکلی و آثار او
ماده و ذهن از نگاه مکتبهای فلسفی

اعتماد به نفس علمی که در سدهٔ ۱۷ دست به تجهیز نیرو زده بود، از اسقف جورج بارکلی[۶۵] (۱۶۸۵ تا ۱۷۵۳) که به خطر فلسفهٔ مادّی‌گرای ساده انگاشت توجه کرده بود، نخستین ضربهٔ جدی را خورد. چون حمله‌های بارکلی بر بنیاد نقّادی ریاضیات و نورشناسی استوار شده، شاید بجا باشد هم اینجا به بررسی آن بپردازیم.

برخلاف بیشتر مخالفان کلیسایی علم، بارکلی می‌دانست با چه چیزی به معارضه برخاسته است. هرکس *رسالهٔ دربارهٔ نظریهٔ جدید رویت*[۶۶] را بخواند، خواهد دید بارکلی توانایی آن را داشته که کارهای علمی فراز اولی را به ثمر برساند. نقّادی او پرمایه، خردمندانه، معتدل و مشفقانه است. بیشتر انتقادهای او هنوز وارد است. با آنکه در کار خود هدف دینی را دنبال می‌کرده، اما مقصود خود را با چنان مهارت و سلامت عقلی پرورانیده که ضمن دفاع از دین، بنیادهای فلسفی علم را نیز روشن ساخته است.

65. G. Berkelay 66. *An Essary Towards a New Theory of Vision*

هر چند نیوتون و لاك باور داشتند علم عصر آنها می‌توانسته مقاصد خود را با کمك مفهوم ماده و حرکت به بهترین صورت ادا کند، در عین حال کاملاً توجه داشتند آن دو مفهوم را از هر حیث کامل تلقّی نکنند. اما هواداران ناپختهٔ آنها چون پنداشتند تفکّر در قالب ماده و حرکت به پیروزیهای علمی بیسابقه دست یافته است، پس فرض را بر این نهادند چنین تفکّری ارزشمندترین نوع تفکّر است. آنها مفهومهایی را که برای علم عصر خود کافی می‌دیدند، بدون ملاحظه تنها مفهومهای موردنیاز علم قلمداد کردند و در عین حال از این نکته غافل شدند که پیروزی علمی تنها هدف کوشش بشر نیست. ولتر پس از بازگشت به فرانسه با شور و حرارت و بی‌پروایی مبلّغان تندرو به ترویج آرای لاك و نیوتون پرداخت. کار ولتر از جهتی بدان سبب بود که او به اهمیت آرای آن دو پی برده بود و تا اندازه‌ای نیز به لحاظ انزجاری بود که از اقتدار مدنی و حاکمیت کلیسا داشت. اصحاب دایرةالمعارف فرانسوی[۶۷] تحت تاثیر ولتر به فلسفهٔ مکانیکی، مانند فلسفهٔ دموکریتوس، گراییدند و براین عقیده شدند هر چیزی، حتی روح را، می‌توان با حرکت اتمها و برپایهٔ قوانین محقّق تبیین کرد. به راستی آنها می‌پنداشتند دراستانهٔ شناخت انسان از همه سو هستند. این فلسفه به موجبیّت مجبّض[۶۸] گرایید و لاپلاس آن را در تخیّلات خلاف آمد خود خلاصه کرد. به خیال لاپلاس اگر به ذهنی که توانایی کافی می‌داشت (البته به شرطی که جزئی از عالم مادّی نمی‌بود!) موقعیت معیّن، سرعت و جرم همهٔ ذرات مادّی داده می‌شد، می‌توانست سراسر آینده را پیش‌بینی کند.

بدون شكّ دانشمندان آگاه بودند تا از بلندپروازیهای مابعدالطبیعی دست بردارند و به جستجوی قاعده‌های منظم سطحی در طبیعت برآیند. آنها در عین حال متوجه بودند ماده و حرکت را چون مفهومهای ابتدایی که بیشتر به هدف محدود آنها در زمان معین خدمت می‌کرد، در نظر آورند. هستی مجرّد مادّهٔ در حال حرکت، موضوعی کاملاً جدا و در زمرهٔ اعتقادات دینی است؛ و استنتاج موجبیّت کلی از کشف چند قاعدهٔ منظم که از این سو و آن سو فرا آمده باشد، هرچند که جالب توجه باشد، حسابش از هر نظر جداست. بارکلی چنین تعمیمهایی را پیش‌بینی می‌کرد و همهٔ کوشش خود را به کار می‌بست تا از پیداشدن آنها پیشگیری کند. او در عصر خود موفقیت چندانی به دست نیاورد. دانشمندان سده‌های ۱۸ و ۱۹ که از دستاوردهای علمی خود به هیجان آمده بودند، در این حال و هوا نبودند که درنگ کنند و به نکوهشهای خردمندانه و مهربان بارکلی گوش فرا دهند. آنها از دخالت نابجای فیلسوفان درگذشته چنان برآشفته بودند که حتی حاضر نبودند حرفهای بارکلی را بشنوند. اما اگر بارکلی می‌آمد و با پیشاهنگان علم معاصر به گفتگو می‌نشست (البته نه با پیروان کم مایهٔ آنها)

۶۷. French Encyclopaedists مؤلفان *Encyclopédie* [دایرةالمعارف]. این اثر در ۳۵ جلد و از ۱۷۵۱ تا ۱۷۸۰ به تدریج انتشار یافته است.

68. absolute determinism

از بسیاری جهتها خود را با آنها همعقیده می‌یافت. او با اینشتین و حتی مکسول همسخن می‌شد، اما از حرفهای لاپلاس اصلاً سردرنمی‌آورد. بازگشت روح فروتنانهٔ نیوتونی به علم تا اندازه‌ای نتیجهٔ تاثیر دیرپای بارکلی است.

اندیشه‌های ویرانگر و ثابتِ بارکلی روی هم رفته اندیشه‌هایی بجا بود و شاید بیش از آرای فیلسوفان پس از سقراط به «عصارهٔ گیاهانی که مصرفشان سلامتی را به بدن بازمی‌گرداند»، شباهت داشت.[۶۹] او در *گفتار خطاب به ریاضیدان نامتدین*[۷۰] (۱۷۳٤) سخن خود را با نقل آیهٔ پنجم از باب ۷ *انجیل متی* آغاز کرده است.[۷۱] او ریاضیدانان را متهم کرده که همواره آماده‌اند تا برای هرچیزی قانونی وضع کنند، بدون آنکه نخست نظم و قاعده‌ای به کار خود بدهند. بارکلی این نکته را با نقادی زیرکانه‌ای از استدلال نیوتون در قضیهٔ دوم مقالهٔ دوم کتاب *اصول* قوت بخشیده است. نیوتون در آنجا کوشیده تا فرضیهٔ اصلی فلوکسیونها را ثابت کند. او به سهم خود در این کار حق داشته است. ریاضیدانان در آغاز پیدایش حساب دیفرانسیل و انتگرال غالباً به منطق خود اعتنایی نداشتند. با توجه به این واقعیت که عموماً شهود ریاضیدانان آنها را به تصحیح نتیجه‌گیریهایشان راه برده است، پس آنها را حقی نمی‌ماند تا از کسانی که در حوزهٔ کار خود ایمان یا شهود را مقدم بر منطق قرار می‌دهند، شکوه کنند.

در عصر پیشرفت سریع، طبیعی است دانشمندان از هر سنخ که هستند به شهود میدان دهند. در مراحل نخستین کار، توجه بسیار به منطق می‌تواند سدّ راه پیشرفت باشد. غالباً متفکران متأخرتری که می‌خواهند پیشرفت را تحکیم بخشند، منطق دقیق را پی‌ریزی می‌کنند. پس از ۲۰۰ سال کاربرد حساب دیفرانسیل و انتگرال، در اواخر سدهٔ ۱۹ بود که این ریاضیات بنیادهای منطقی مناسب خود را کسب کرد. اعتراض بارکلی به ریاضیدانان برای این است تا دانشمندان رشته‌های دیگر به همان آزادی که خود برای کارخود قائل هستند برسند؛ برای این است که این قدر جزم اندیش نباشند و احتیاط کنند تا از چیزی که *بنیانهای منطقی* ویژهٔ خود را ندارد، نتیجه‌های منطقی خیالی بیرون نکشند؛ برای این است که درنگ کنند و تا نتایج تفکر را در قلمروی جزئی گسترش نداده باشند، به حوزهٔ عمومی فلسفه تسرّی ندهند. در دوره‌های پیشرفت شتابناک علمی، مانند دورهٔ ما، هشدار

---

۶۹. اشاره به گفتهٔ رابرت بریجز که در فصل دوم همین کتاب و دربحث پیرامون شکاکیت از آن یاد شد. ــ م.

70. *A Discourse Addressed to an Infidel Matematician*

۷۱. «و چونست که خس را در چشم برادر خود می‌بینی و چوبیکه [در] چشم خود داری نمیابی. یا چگونه به برادر خود می‌گوئی اجازت ده تا خس را از چشمت بیرون کنم و اینک چوب در چشم تست. *ای ریاکار اول چوب را از چشم خود بیرون کن آنگاه نیک خواهی دید تا خسرا از چشم برادرت بیرون کنی.*» *انجیل متی*، باب ۷: ٤ تا ٦. ــ م.

بارکلی پیوسته به قوّت خود باقی است. اکنون دانشمندان نسبت به گذشته در داوریهایشان کم تعصّب‌تر و محتاطترند. اما گاهی اوقات وسوسهٔ روزنامه‌نگاری و مردمپسندی آن هشدارها را از یاد آنها می‌برد. باید همواره مراقب بود تا مبادا ایمان نوین علمی جای ایمان کلیسایی ــ که علم در تلطیف آن ان‌قدر کوشید ــ بگیرد و از آن با چشم بسته پیروی شود.

به گفتهٔ بارکلی نورشناسان وقت زیادی بر سر نظریهٔ هندسی گذاشته‌اند، ولی به اندازهٔ کافی به روانشناسی رؤیت اعتنا نکرده‌اند.[۷۲] اگر آنها به دقّت توجّه می‌کردند ذهن چگونه تاثیرهایی را که نور بر چشم می‌گذارد تفسیر می‌کند، آن‌گاه پاره‌ای از دشواریهایشان حل می‌شد. آنچه ذهن ما عملاً از خارج می‌گیرد، تنها تصویر مسطحی است که نور بر پردهٔ شبکیهٔ چشم می‌اندازد. بخشهای گوناگون این تصویر در فاصله‌های مختلف قرار ندارند. پس چگونه است ما دربارهٔ فاصلهٔ چیزهایی که می‌بینیم حکم می‌کنیم؟ پاسخی که کتابهای درسی می‌دهند، این است که هرگاه به چیزی نگاه می‌کنیم، ناگزیریم به چشمان خود کمی فشار بیاوریم تا محورهای نوری چشم ما با آنچه در معرض دید ماست، همگرا شود. هرچه شیء در معرض دید نزدیکتر شود، بر زاویهٔ میان محورها افزوده می‌شود. براساس همین زاویه است که ما نسبت به فاصله‌ها حکم می‌کنیم.

بارکلی این تصوّر را که ما به هنگام داوری دربارهٔ فاصلهٔ اشیاء، نیمه‌آگاهانه محاسباتی می‌کنیم، به استهزا گرفته است. او به نورشناسان توصیه کرده از حسّ واقع‌بینی پیروی کنند. جانوران، کودکان و مردم درس نخوانده که هیچ اطلاعی از زاویه ندارند، بخوبی ریاضیدانان در بارهٔ فاصله‌ها حکم می‌کنند. اگر بهترین ریاضیدان کور مادرزاد باشد و ناگهان نیروی بینایی پیداکند، در آغاز کار کاملاً خطا می‌کند. در واقع ما به اعتبار مقدار جنبشی که صرف رسیدن به اشیاء می‌کنیم، دربارهٔ فاصله‌های آنها داوری می‌کنیم. پیش از آنکه بتوانیم با نیروی بینایی حکم کنیم، تجربه باید به ما آموخته باشد حس بینایی خود را با احساس بساوایی و حرکت اندام پیوند دهیم. باید به تجربه بیاموزیم تصویرهای ریز و کوچك را با گامهای بلند و تصویرهای بزرگ و نزدیك را با تماس آنی پیوند دهیم و به همین قیاس.

حمله‌ای که بارکلی در نخستین کتابش به برداشتهای متداول نورشناختی برده، فتح باب نبردی دامنه‌دار و درخشان علیه مادّی‌گرایی علمی است. او به دانشمندان نشان داده ارزش کار آنها را براستی می‌شناسد. آنها را دوستان تجربه‌گرا خطاب کرده و با این رفتار از همان آغاز خود را در موقعیت محکمی قرار داده است. بارکلی می‌پذیرد تجربه اساس معرفت است و به این نکته توجه دارد که نقد رزین از علم هیچ‌گاه نمی‌تواند بر انکار تجربه‌گرایی تکیه کند. او پس از هشدارهایی که دربارهٔ *برداشت نادرست* و ساده انگاشت از تجربه به دانشمندان می‌دهد، یورشهای خود را برجناح

---

۷۲. *رساله دربارهٔ نظریهٔ جدید رؤیت* (۱۷۰۹).

اسیب‌پذیر حریف متمرکز می‌سازد.

در واقعی بودن احساسهایی که ما «دیدن میز» و «بسودن میز» می‌نامیم، هیچ تردیدی نیست. تجربه به ما می‌آموزد هرگاه یکی از احساسها را داشته باشیم، عملی ارادی (مثلاً حرکت دست یا گشودن چشم) ما را توانا می‌سازد احساس دیگری را نیز داشته باشیم. با این وصف، آیا می‌توان پنداشت بیرون از ذهن ما «شیء» مستقلی باشد که به گونه‌ای هردو احساس را *برانگیزد*؟ پاسخ بارکلی منفی است. می‌دانیم احساسها با هم وجود دارند، اما به این اعتبار نمی‌توان نتیجه گرفت (بنا به نظر لاک) که آنها علت مادّی همانندی دارند، یا حتی اساساً علتهایی مادّی داشته باشند. در هر حال اگر چنین نتیجه‌ای هم بگیریم، چیزی به چنگ نیاورده‌ایم. آنچه برما تاثیر می‌گذارد، مجموعهٔ احساسهایی است که تجربه می‌کنیم. این *است* واقعیت. آن طور که دانشمندان به ظاهر می‌پندارند، ما در ترتیب دادن مفهوم ماده به واقعیتی ورای نمودها نمی‌آویزیم، بلکه عالمی وهمی و لاضرور را برای اثبات واقعیتی که از پیش قائم بذات بوده می‌آفرینیم.

انکار بارکلی از واقعیت مادّه را به خلاف نظر دکتر سمیوئل جانسن[۷۳] باید جدّی تلقی کرد.[۷۴] در رسالهٔ *مبادی علم انسانی*[۷۵] (۱۷۱۰) این انکار مطرح گردیده و در کتاب *سه گفت و شنود*[۷۶] از آن دفاع شده است. در بررسی این انکار باید به چند نکته توجه داشت. ازمایشی که جانسن از سنگ کرد، مظنناً با احساس سختی و صلبی همراه بود، اما بارکلی که منکر وجود چنین احساسی نیست. او بر *واقعیت* احساسهایی مانند «حس کردن سنگ» و «دیدن سنگ» تاکید می‌ورزد. آنچه بارکلی نمی‌پذیرد، حق ما در استنتاج هستی ماده از چنین احساسهایی است.

73. Dr. S. Johnson

۷۴. «پس از آنکه از کلیسا بیرون آمدیم، دربارهٔ سفسطه‌های ماهرانهٔ اسقف بارکلی قدری به گفتگو پرداختیم... من متوجه شدم هرچند عقیدهٔ اسقف را درست نمی‌دانیم، اما توانایی ردّ آن را هم نداریم. پاسخ بجای جانسن را هرگز فراموش نمی‌کنم. جانسن به تکه سنگ بزرگی چنان لگد محکمی زد که خود عقب نشست و گفت: «من عقیده‌اش را این طور رد می‌کنم!»».

(Boswell. *Johnson aetat 54.)*

«جانسن با شخص محترمی می‌گذشت. آن شخص نسبت به سفسطهٔ استادانهٔ اسقف بارکلی که می‌گوید اگر ذهنی نباشد تا درک کند، هیچ چیز وجود ندارد، نظری موافق داشت. جانسن روی به او کرد گفت: «جناب، لطفاً ما را ترک نکنید، چون ممکن است فراموش کنیم به شما فکر کنیم و آن وقت وجود جناب‌عالی لاوجود خواهد شد!»».

(*Ibid.*, aetat 71.)

۷۵. این رساله به فارسی ترجمه شده و چندبار به چاپ رسیده است. ارجاع ما در این کتاب به این چاپ است: «مبادی علم انسانی» در کتاب *فلسفهٔ نظری*، ترجمهٔ منوچهر بزرگمهر (تهران، بنگاه ترجمه ونشر، ۱۳۵۰، ۲ ج)، ج ۲، ص ۱ تا ۱۱۳ — م.

۷۶. این کتاب هم به فارسی ترجمه شده است: سه گفت و شنود. ترجمهٔ منوچهر بزرگمهر، دانشگاه تهران، ۱۳۵۵ — م.

بارکلی می‌گوید اگر دانشمندان برای محاسبات خود سودمند بدانند، هیچ چیز نمی‌تواند حق انها را در به کار گرفتن *فرضیهٔ* ماده انکار کند. اما به هنگام تفسیر *نتایج* استنباطهاست که دانشمندان باید جانب احتیاط را نگاه دارند. برای آسانی ریاضی یا زبانشناسی می‌توان همگونگیهای طبیعی (یا قوانینی) را که دانشمندان از راه تحلیل تجربه‌ها کشف می‌کنند، با تعبیرهای فرضی ماده و حرکت بیان داشت. اما استنتاجهایی که بر چنین قوانینی استوار باشد، هیچ نکته‌ای دربارهٔ عالم مستقل مادّی بازنمی‌گوید؛ این گونه قوانین به ما یاری می‌دهد تا ادراکهای حسی آتی خود را پیش‌بینی کنیم. اخترشناسی که به پیش‌بینی خور گرفت می‌پردازد، قاعدتاً خورشید، ماه و زمین را مجسم می‌کند که از مادّهٔ دارای نیروی گرانشی ساخته شده‌اند و وضع هندسی خاصی دارند. او احتمالاً محاسبه می‌کند این اجسام مفروض چه وقت در یک خط مستقیم قرار می‌گیرند. ممکن است او نتیجهٔ کار خود را چنین اعلام کند: «فردا ظهر خورگرفتی رخ خواهد داد.» اما آنچه به راستی از معنای سخن او برمی‌آید این است که «وقتی فردا سایهٔ شاخص آفتابی از رقم ۱۲ گذشت، حلقهٔ سیاهی خواهیم دید که به تدریج حلقهٔ تابناکی را در زمینه‌ای آبیرنگ می‌پوشاند.» و مطمئناً این همان چیزی است که برای ما مهم است. ارنست ماخ[۷۷] نیز در اواخر سدهٔ ۱۹ از نتایج علمی چنین برداشتی داشت. اما این گونه برداشت اکنون میان دانشمندان متداول شده است.

بنابراین، هدف بارکلی ویران کردن بنای علم نیست، بلکه بازداشتن علم از غفلت نسبت به مسائل و نیازهای انسانی است. انسان به حواس خود، آگاهی *بیواسطه* دارد و نه به چیز دیگر. بنابراین، حواس و ذهن — که به عقیدهٔ بارکلی محل حصول حواس است — دو رکن اساسی هستند که هرگز نباید از آنها غفلت ورزید. پیام بارکلی از آن است که شیفتگی به علم، برداشتی که علم از ماده دارد و قوانین مکانیکی وابسته به آن، عامل ذهن را از نظر دور دارد و کار به آنجا برسد که وجود ذهن تنها به منزلهٔ جلوهٔ سطحی امور مادی موجود انگاشته شود. او ضرورت مبرمی احساس کرده تا پیش از آنکه کار از کار بگذرد، اهمیت اساسی ذهن انسان را یادآور شود. بارکلی برای رسیدن به این مقصود کوشیده است تا با تصوّری پنداشتن مادّه و با تاکید براینکه در راه تلاش برای تفسیر کردن تجربه، ماده چیزی بیش از اعتبار ذهن نیست، به حد مقابل برسد.

در باب ذهن و ماده سه رأی معارض هست: (۱) به عقیدهٔ ذهنیگرایان (ایدئالیستها) واقعیت غائی از آن ذهن و مادّه اعتبار ذهن است؛ (۲) به عقیدهٔ مادی‌گرایان (ماتریالیستها)، واقعیت غائی از آن مادّه و ذهن معلول صرف بازآرایی‌های اتمی است؛ (۳) به عقیدهٔ دوگرایان (قائلین به ثنویت)، واقعیت از آن هر دوست و هر دو با هم وجود دارند. شاید گرفتن تصمیم نهایی در باب اینکه کدامیک از این عقیده‌ها راست است، ناممکن باشد. اما دشواریهایی که از عقیدهٔ (۱) برمی‌خیزد، از

77. Ernst Mach

دشواریهای (۲) و (۳) غامضتر نیست؛ و نیز بیشتر آرایی که دربارهٔ دیدگاه بارکلی ابراز داشته‌اند، حق مطلب را ادا نمی‌کند.

می‌شود پذیرفت که مغز ماشینوار مادّی بتواند کارکردهای جسم را کنترل کند و مانند تلفون خودکار پیامهای عصبی را بگیرد، پیامها را مبادله کند و دستورهای لازم برای عمل را صادر کند. اما تاکنون هیچ مادّیگرایی نشان نداده مغز با چنین اوصافی چگونه توانسته جایگاه آگاهی شود و حق این را که ذهن خوانده شود به دست آورد.

به نظر دوگرایان که مادّه و ذهن را دو جوهر مختلف می‌دانند، این مشکل با این توضیح که یکی بر دیگری تاثیر می‌گذارد، قابل حل نیست. چگونه عمل ذهنی اراده به حرکت دادن پا می‌انجامد؟ دکارتیها و پاره‌ای از دوگرایان کوشیده‌اند تا به تمهید عجیب و غریب تقارن یا توازی روانشناختی[78] براین دشواری چیره شوند. این مفهوم دور از ذهن برپایهٔ این فرض بناشده که از یك سو توالی اعمال جسمانی و از سوی دیگر توالی اعمال ذهنی، از پیش تعیین شده است. این دو مجموعهٔ متوالی با هم مرتبط نیستند، اما مانند دو ساعت جدا از هم که وقت یکسانی را نشان می‌دهند، همزمان پیش می‌روند. قانونهایی که بر توالی افعال حاکم است، بطرزی است که هر عمل جسمانی با عمل ذهنی متناسبی همراه است. بنابراین، قانونهای توالی جسمانی همواره درست همان لحظه‌ای را برای حرکت پاهای من تعیین می‌کند که قانونهای توالی ذهنی نیاز رفتن به فلان جا را در من برمی‌انگیزد. با آنکه تنها اعمال جسمانی، حرکت پاهای مرا از پیش تعیین می‌کند و تنها اعمال ذهنی، خواست ذهنی مرا از پیش تعیین می‌کند، اما من دچار این توهّم هستم که خواست من، علت حرکت پاهای من است. به سخن دیگر، خیال می‌کنم ذهن بر ماده تاثیر می‌گذارد. کسی که پیرو این نظریه باشد می‌تواند به دوگرایی پای‌بند بماند، سهل است، مسئولیت کارهای ناشایست را از دوش خود بردارد. شاید همهٔ خوبی این نظریه در این است که نکتهٔ موجّهی ندارد.

ذهنیگرایی با این دشواری روبه‌رو نیست. تجربه نشان می‌دهد ذهن توانایی تخیّل دارد. بنابراین، برای ذهنیگرا اعتقاد داشتن به اینکه ماده اعتبار ذهن باشد ساده‌تر است تا آنکه مادّی‌گرا با کمك مادّه ذهن را تبیین کند. واگر واقعیت مادّه انکار شود، پرسش از اینکه ذهن و مادّه چگونه بریکدیگر تاثیر می‌گذارند پیش نمی‌آید. اما ذهنیگرایی دشواری خاص خود را دارد. بدین معنی که یافتن توضیح برای قاعده و انسجامی که در تجربهٔ روزمره پیدا باشد، دشوار است. بدون چنین قاعده‌ای، حصول علم ناممکن است؛ و اگر فلسفه‌ای نتواند جایی برای امور ممکن و آشکار علمی داشته باشد، فلسفه‌ای ناقص است. مادّیگرایان به گمان اینکه تجربه، ادراك جهان مادّی خارج است و براین جهان قانونهای مکانیکی حکمفرماست، قاعده را تبیین می‌کنند. شاید مادّیگرایان منطقاً ایراد

78. psychological parallelism

کنند اگر همه چیز تصوّری است، پس کل تجربه همان قدر گسیخته است که خواب و رؤیا، همچنانکه اگر استخوان‌بندی اندام جانداری را که به چشم دیده نمی‌شود بردارند، به تودهٔ بیشکلی تبدیل خواهد شد. اگر ذهنیگرا می‌خواهد در سخن او به جدّ بنگرند، ناگزیر است این ایراد را پاسخ گوید.

بارکلی بیدرنگ به این ایراد پاسخ می‌گوید و غرض اصلی همهٔ اندیشه‌های باریك‌بین خود را آشکار می‌کند:

> اگر به نور عقل مهتدی شویم می‌توانیم از وحدت صورت و ثبات نحوهٔ احساسهای خویش به رحمت و حکمت آن *عقل کلی* که آنها را در نفس ما برمی‌انگیزد پی ببریم.[79] (*مبادی علم انسانی*، بخش ۷۲).[80]

این قسمت جملاتی از استدلال مفصّل (و نیرومندی) است که نقش مهمّی در فلسفهٔ بارکلی دارد و به قصد اثبات وجود، حکمت، و اهمیت مستدام خداوند تعبیه شده است. ما نباید به استدلالهای همانندی که فیلسوفان دیگر، از افلاطون گرفته تا ویلیام پالی[81] آورده‌اند، کم ارج دهیم. اما دشوار بتوان استدلال دیگری یافت که چون استدلالهای بارکلی متقاعدکننده و درجزئیات غنی باشد. بارکلی می‌گوید اگر فلسفهٔ ذهنیگرایی را بپذیریم، تنها یك راه برای توضیح ثباتی که علم در تجربه نشان می‌دهد، هست؛ به این معنی که بینگاریم ادراکهای حسّی ما انگاره‌ای مفهوم و موثق ارائه می‌دهند، زیرا آن ادراکها را خدایی حکیم و رحیم مستقیماً در ما برانگیخته است. اما *ناگزیریم* ذهنیگرایی را بپذیریم، چون ایرادهایی که بر مادّی‌گرایی و دوگرایی وارد می‌آید، ابطال‌پذیر نیست. پس باید به خدای حکیم و رحیم ایمان داشت.

برخی‌هایی که در استدلال بارکلی هست، به آسانی می‌توان انگشت نهاد. اما آنچه مهم است این است که بارکلی در تعمیم استدلال خود، کوشش بسیار کرده تا نشان دهد چگونه علم و دین می‌توانند دوش به دوش و با صلح و صفا پیش روند. او هم دعویهای پرگزاف ایمان دینی را تعدیل می‌کند و هم مدعاهای پرطنطنهٔ اتکاء به نفس علمی را. بارکلی شیوه‌ای از نقّادی را به کار بسته که هم خوبیهای تجربه‌گرایی و علم را بازشناخته و هم زیانهای آنها را. او در عین آنکه دین را در برابر فزونخواهی علم حراست می‌کند، به دانشمندان نیز موضع فلسفی قابل دفاعی پیشنهاد می‌کند.

۷۹. نقل ترجمه از: *فلسفهٔ نظری*، ج ۲، ص ۶۳. — م.

۸۰. نیز نگاه کنید به: بخشهای ۳۰ تا ۳۳ [= ص ۳۹ تا ۴۱ ترجمهٔ فارسی. — م.].

81. W. Paley

۸ دیوید هیوم و شکاکیّت هیوم و علت و معلول ژان ژاك روسو و عاطفه روسو و علم خردگریزی

همچنانکه بارکلی شکّاکتر از لاك است، دیوید هیوم (۱۷۱۱ تا ۱۷۷۶) نیز از بارکلی شکّاکتر است. لاك ما را مجاز می‌داند که از ادراکهای حسّی، تنها وجود ماده را استنتاج کنیم. او بر این عقیده است که نمی‌توانیم دربارهٔ ماده چیزی بدانیم، جز اینکه ماده تنها در ادراك حسّی ماست؛ بارکلی ما را از اینکه حتی وجود ماده را استنتاج کنیم بازمی‌دارد. تنها چیزی که او مجاز می‌شناسد، این است که وجود ذهن را که محل حصول ادراکهای حسّی است و هستی خدا را که به آن ادراکها نظام و انسجام می‌بخشد، از ادراکهای حسّی‌مان استنتاج کنیم. هیوم می‌گوید: تنها باید به ادراکهای حسّی پای‌بند[82] کرد، زیرا استنتاج ماده و ذهن از ادراکهای حسّی نمی‌تواند معتبر باشد.

اما مهمترین آرای هیوم دربارهٔ علت و معلول است. هرگاه دریابیم ب همواره از پس الف روی می‌دهد، بلافاصله می‌پنداریم در نهان میان الف و ب رابطه‌ای پنهانی هست که به سبب آن، ب *لزوماً* از پی الف روی می‌دهد. تنها نشانهٔ بیرونی و آشکار این رابطه، توالی ظاهری و ثابت رویدادهاست. این رابطه را این طور بیان می‌کنیم: الف *علت* ب است. هیوم می‌گوید: از این میان نباید رابطه‌ای نهانی را استنتاج کرد. به سخن او، جز واقعیت مشهود رابطهٔ ثابت الف و ب در گذشته، هیچ چیز دیگری نیست. ما حق نداریم در ورای این رابطه، به سازوکاری که تضمینی برای تکرار رابطه‌ای ثابت و همانند در آینده باشد، قایل باشیم. عقیدهٔ هیوم ادامهٔ طبیعی ذهنیگرایی بارکلی است. سازوکار پنهانی که ممکن است ما بدون احتیاط در پس ظاهر رویدادها فرض کنیم، سازوکاری مادّی است ــ سازوکار مادّی، ارتباط مکانیکی حرکتهای اتمی فرضی الف با حرکتهای اتمی فرضی ب است. اگر ماده را انکار کنید، نیز ناگزیرید وجود هر سازوکاری که رابطهٔ ثابت رویدادها را تبیین کند، انکار کنید. بارکلی برای غلبه بر این دشواری دست به دامن خدا می‌شود، اما شکّاکیت کاملتر هیوم به او اجازهٔ چنین کاری را نمی‌دهد.

هم پیش‌بینی علمی و هم روال زندگی عادی برپایهٔ این فرض است که می‌توان انتظار همگونگیهای طبیعی مشهود در گذشته را در آینده نیز داشت. اگر در بسیاری از موارد گذشته، ب از پی الف روی داده است، ما فرض را براین می‌گذاریم در رخداد بعدی، ب احتمالاً پس از الف روی خواهد داد. با شمارهٔ دفعاتی که توالی الف ب در گذشته دیده شده، بر میزان انتظار ما برای آینده افزوده خواهد شد. هیوم هر چه دلش می‌خواهد، بگوید. اما ما این فرض را نگاه خواهیم داشت، زیرا بدون آن نمی‌توانیم زندگی کنیم. فرض، نوعی عقیده[82] است. تا وقتی راهنمای بهتری

82. belief

نیافته‌ایم، ناچاریم براساس عقیده‌ای که می‌داشته‌ایم عمل کنیم.

گرچه هیوم نتوانسته بنای عقیده را ویران کند، اما پایه‌های عقلی فرضی آن را در هم شکسته است. به رغم میل باطنی، ناگزیر باید پذیرفت به هیچ گونه ساز و کار پنهانی نمی‌توان اطمینان داشت. می‌توان دل به امیدی خوش داشت و استنتاجهای خود را برپایهٔ فرضیهٔ چنین سازوکاری بنیاد نهاد، اما نمی‌توان وجود سازوکار را به یقین دلیلی برای عقیدهٔ خود قلمداد کرد. با توسّل به تجربهٔ گذشته هم نمی‌توان عقیدهٔ خود را به طریق تجربی مجوز داشت. اصلی که باید بنیاد نهاد این است که *همگونگیهای مشهود گذشته محتملاً در آینده ادامه خواهد داشت*. اگر این اصل را به این دلیل راهنمای آینده قرار دهیم که تجربه راهنمایی موثق آن را در گذشته اثبات کرده است، گرفتار دور باطل خواهیم شد؛ زیرا به اصلی استناد می‌کنیم که می‌خواهیم آن را بنیاد گذاریم. از این رو، هیوم برای اصل عمده‌ای که علم طرفه نو[83] ما بر آن استوار شود، هیچ مبنای عقلی تجویز نمی‌کند. اگر ما به آن اصل متوسّل می‌شویم، نه برای این است که عقلاً دلیلی کافی است، بلکه تنها به این دلیل ساده است که ما اصل بهتری نداریم تا موافق آن عمل کنیم.

فهم متعارف تاب تحمّل شکّاکیت کاملی چون شکّاکیت هیوم را ندارد. اگر به اعتبار واکنش سمیوئل جانسن داوری کنیم، حتی بارکلی نیز از فهم متعارف بسیار دور شده است. با وصف این، مهم این است که چنین شکّاکیت افراطی می‌بایست منطقاً قابل دفاع نشان داده می‌شد. بارکلی و هیوم به تفکّر خدمتی بزرگ کردند. آنها همان اندرز الیور کرامول[84] به انجمن کلیسای اسکاتلند را: «شما را به حقیقت مسیح سوگند می‌دهم فکر کنید ممکن است شما نیز اشتباه کنید» به اهل علم تذکّر دادند. تاثیر شکّاکیت بارکلی و هیوم برعلم هرچند آنی نبود، اما در طول زمان شتابخش بود.

ژان ژاك روسو[85] که معاصر هیوم بود، از راه کاملاً متفاوتی به انتقاد از علم پرداخت. روسو با کوشش بسیار به ترویج این پندار خطرناك پرداخت که داوری کار قلب است، نه مغز. او معتقد بود عاطفه[86] راهنمای بهتری است تا عقل. جنبش رمانتیك سدهٔ ۱۹ به اشاعهٔ چنین اندیشه‌ای پرداخت. درست است که احساس عاطفی بی‌لگام ویلیام بلیك[87]، سمیوئل تیلر کولریج[88] و لودویگ فان بتهوون[89] توانسته هنر شکوهمندی بیافریند، اما کافی است تنها به کارهای الگزاندر پوپ[90] یا ولفگانگ آمادئو موتسارت[91] نگاه کنیم تا بدانیم حتی در هنرهای زیبا عقل خاموش جای خود را دارد. دست کم می‌توان گفت تصور اینکه عاطفهٔ افسارگسیخته جای عقل را در زمینه‌های دیگر بگیرد، در خور تامل است. روسو و رمانتیکها را تا اندازه‌ای باید مسئول گرایشهای نازیسم یا به عبارت

83. brave new science 84. O. Cromwell 85. J. J. Rousseau 86. feeling
87. W. Blake 88. S. T. Coleridge 89. L. V. Bethoven 90. A. Pope
91. V. A. Motzart

دیگر، گرایشهای گریز از عقل[۹۲] (خردگریزانه)ای دانست که سلامت فکر و آن اعتدالی را که به اهتمام مردانی چون گالیله، نیوتون، لاک و بارکلی به دست آمده بود، تضعیف کرده‌اند. می‌توان خطرهای چنین گرایشی را، از احساس قلبی آدولف هیتلر، پرستش ایدئولوژیها و قدرت خطابه‌های هیجان‌برانگیز دید.

روسو مردی هوشناک بود و از انضباط اخلاقی بهرهٔ کمی داشت. او توانایی و پشتکار (اگر نخواهیم بگوییم مغز) پدید آوردن اثری که چون دستاوردهای پژوهشی ماندگار باشد نداشت، اما کوشید تا با پیچیدن تعمیمهای مبهم در لفاف زبان عاطفی (گو اینکه در کوشش خود ناموفق هم نبود) چنان اثری را پدید آورد. گفته است هیچ گاه نتوانسته در زبان لاتین یا هندسهٔ مختصراتی مهارت یابد (*اعترافات*، کتاب ششم)[۹۳]. از اقلیدس بیزار بود و با این عبارت که مقصود اقلیدس تنها «سلسلهٔ براهین» بوده است، او را به باد استهزا می‌گرفت. از سر تفنّن به اخترشناسی پرداخت و دربارهٔ آن گفت: «اگر به کاربردهایش نیاز می‌داشتم» به آن علاقه‌مند می‌شدم. اما «از روی ناچاری» به «تصور کلی از موقعیت اجرام فلکی» بسنده می‌کرد. با همهٔ اینها، آن قدر جسارت داشت تا رسالهٔ مفصل *گفتار در باب تاثیرات اخلاقی هنرها و علوم* را بنویسد. و از آن مهمتر، جایزهٔ پژوهشگاه دیژون[۹۴] را نیز برای آن ببرد. او حالت روحی خود را به هنگام نوشتن آن رساله چنین وصف کرده است:

> با سرعتی باورنکردنی عواطفم از اوج اندیشه‌هایم برگذشت. همهٔ دلهره‌های کوچک من با شیفتگی به حقیقت، آزادی و فضیلت فرونشست و شگفتی‌انگیزترین حادثه، که همانا بروز این حالت باشد، بیش از چهار تا پنج سال با قوّت تمام در قلب من ادامه داشت. شاید بیش از همیشه و بیشتر از حالت هرکس دیگر، این احساس با من بود. (*اعترافات*، کتاب هشتم.)

با چنین منطقی، کوشش هر کس در ارزشیابی عمیق وصبورانهٔ آرای متفکران علمی، کوششی عبث است. می‌توان گفته‌های روسو را نادیده گرفت، اما این واقعیت نیز هست که نوشته‌های او واکنش گسترده‌ای را برانگیخته است.

روسو شورشگرانه به ترویج این دیدگاه می‌پرداخت که جهل بسیط حالتی از معصومیت روستایی و شادمانی است، اما هیچ دلیلی برای این سخن خود ارائه نمی‌کرد. به نظر او از سوی دیگر، تجمّل مصنوعی و تباهی اخلاقی تنها رهاورد تمدن است. آدمی به انگیزهٔ عاطفه و وجدان باطن بهتر

92. flight from reason

۹۳. *confession*. به فارسی ترجمه شده (*اعترافات*، ترجمهٔ رضا مشایخی، تهران، ابن‌سینا) و بارها انتشار یافته است. ــ م.

94. Academie de Dijon

رهبری می‌شود تا به تکلیف راسخ عقل. روسو از این مقدمات سست براحتی این نتیجه را گرفته که علوم و هنرها پوچ و بیهوده‌اند و دربهترین صورت خود، تنها لذّت گذرایی هستند که برای به فراموشی سپردن بدبختیهای زندگی متمدن به کار می‌آیند.

این پندار سهمی جدّی در تفکر ندارد، سهل است، موثرترین تبلیغ ضد علمی نیز هست.[۹۵] بشر از تفکر غیرعاطفی علمی بیمناک است، چه این تفکر پرسشهای دشواری پیش می‌آورد و تصویرهای او را به مبارزه می‌خواند. مردم بسادگی قانع می‌شوند که این سنخ تفکر شادمانی‌شان را تباه می‌کند. مردم دیگری که راه دانش و عقل را بسیار دشوار و ناهموار می‌دانند، به سخن هرکسی که راهی هموارتر و پرهیجان‌تر را توصیه کند، بسادگی گوش فرامی‌دارند. بنابراین، باوری که روسو کشته، خاک مناسب نمو خود را یافته است. از زمانی که روسو آثارش را نوشته، گرایش به برتر شمردن غریزه بر عقل رشد کرده است.

شاید حملهٔ روسو به عقل جاوه‌ای از نومیدی ناشی از شکست او در راه رسیدن به هدف بود. شاید شکّاکیت افراطی اندیشهٔ هیوم را دلیلی بر بی‌ثمری کامل عقل می‌انگاشت. گویی که در این مورد خردگرایی لاک و نیوتون جوانه‌های ویرانی خود را خود رویانده بودند. روانشناسی گریز از عقل (خردگریزی) از مباحث جالب توجه است.[۹۶] شناختن خردگریزی به منزلهٔ جنبشی که باید با آن رویاروی شد، مهم است. احتمالاً خردگریزی یا به هرج و مرج می‌انجامد یا به استقرار تعصّب در جامه‌ای دیگر.

۹ از کیمیاگری تا شیمی نوین — پاراسلسوس و شیمی پزشکی

ازمایش وان هلمون — الکاهست، مادهٔ اولی، جوهر
ترفند زبان و خطای تفکّر — مادهٔ اولی و مُثُل افلاطونی
رابرت بویل و *شیمیدان شکاک* — عنصر شیمیایی — بنای شیمی نو

اخترشناسی بطلمیوسی و فیزیک ارسطویی که در برابر یورشهای اخترشناسی و فیزیک نوین تاب پایداری نداشت، سلاح از کف داد. اما پیش از آنکه اندیشه‌های نوین در زمینهٔ شیمی امادگی جانشینی اندیشه‌های کهن را کسب کند، اندیشه‌های کهن واژگون شده بود. رابرت بویل در کتاب

۹۵. مخالفان گالیله از این طرز فکر غافل بودند.

۹۶. دربارهٔ خردگریزی بحثی هرچند گزنده اما دلکش در کتاب *The Comforts of Unreason* [آسودگیهای بیخردی] نوشتهٔ Rupert Crawshay-Williams آمده است.

شیمیدان شکاک[97] (۱۶۶۱) بر نظریه‌های قدیمی و قرون وسطایی نقدی ویرانگر نگاشته بود. با آنکه بویل اندیشه‌های تازه‌ای آورده که شیمی نوین برشالودهٔ آنها افراشته شده، اما او اندیشه‌های خود را با دقت کافی جمع و جور نکرده و به فرضیهٔ کار عملی که مبنای آغاز کاملاً تازه‌ای قرار گیرد، تبدیل نساخته است. اگر شما باغچه‌ای را وجین کنید، اما گل و گیاهی در آن نرویانید، باز علفهای هرز باغچه را پر می‌کند. نخستین هدف کوشش بویل برای پیراستن شیمی ناکام ماند، زیرا جنبهٔ سازندهٔ کوشش او ضعیف بود. چندگاهی اندیشه‌های قدیمی با ظاهری مبدّل دوباره برای مدتی بازگشت؛ چه اندیشه‌های تازه به اندازهٔ کافی قوت نگرفته بود تا از بازگشت آنها جلوگیری کند. شیمی روزگاری درهم و اشفته داشت. بیش از صد سال طول کشید تا شیمی توانست با اخترشناسی و فیزیک همپا شود.

هدف اصلی کیمیاگری، تبدیل فلزهای پست به طلا بود. اما یك پزشك عجیب و غریب سویسی که خود را پاراسلشوس[98] می‌نامید و از همعصران کوپرنیك بود، با هدفی کمتر گمان آلود به پژوهش در زمینهٔ شیمی پرداخته بود. نام کامل او فیلیپوس اورئولوس تئوفراستوس بومباستوس ـ فون هوهنهایم بود. او به خلق و خوی به رابله[99] می‌ماند و ظرفیتی بس زیاد در میگساری و استعدادی بس بزرگ در خوشگذرانی داشت. زندگانیش در هاله‌ای رازآلود وناشناخته فرورفته است. امتیاز بزرگ علمی او در برتر شماردن مشاهدهٔ دست اوّل بر اتکای به احکام مولفان قدیم بود. او این نظر را تبلیغ می‌کرد، گو اینکه آثار جالینوس و ابن سینا را در برابر دیدگان دانشجویان پزشکی به آتش کشید. پاراسلسوس پیشاهنگ شیمیدانان پزشکی[100] است. آنها براین باور بودند که هدف اصلی شیمی باید تهیهٔ دارو باشد. اگرچه این عقیده گاه به مسموم شدن بیماران می‌انجامید، اما شیمی پزشکی از چند جهت پیشرفت محسوس کرد. شیمی پزشکی به عنوان نخستین گسست جدّی از سنت کیمیاگری جای مهمّی دارد. اما نخستین کسی که به شیمی هدف علمی اصیلی بخشید، بویل بود. او می‌گفت: برای دانش باید کوشید تا تفاوتهای میان مواد آشکار شود. او شیمی را شاخه‌ای از فلسفهٔ طبیعی به شمار می‌آورد، نه وسیلهٔ مال‌اندوزی یا خدمتگزار پزشکی.

بویل بیش از آنکه کوشش در راه این هدف تازه را بیاغازد، خود را ناگزیر دید تا شیمی را از چنگ نظریه‌های باستانی که دست و پای شیمی را بسته بود، آزاد کند. متداولترین این گونه نظریه‌ها، نظریهٔ یونانی عناصر چهارگانه بود که در آن وقت هنوز کاربرد داشت و با آنچه از آرای ارسطو به قوّت خود باقی مانده بود، تحکیم و تقویت می‌شد. حتی وان هلمون[101] (۱۵۷۷ تا ۱۶۴۴)

97. *The Sceptical Chymist* 98. Paracelsus 99. Rablais
100. iatrochemistry (= شیمی پزشکی) 101. Van Helmont

شیمیدان بلژیکی، عقیدهٔ طالس را (اب، مادةالمواد است) از نو طرح کرد. او با آزمایشی کمّی که در نوع خود از جملهٔ مباحث نظری بی‌ثمر نبود، به عقیدهٔ کهن طالس بازگشت. هلمون مقدار خاکی که قلمهٔ بیدی در آن کاشته بود، پیش و پس از رشد بید وزن کرد و دریافت مقدار وزنی که خاك از دست داده، در برابر مقدار وزنی که بید بدست می‌آورده، ناچیز است. از این رو، فرض خود را براین پایه نهاد که بید مادهٔ خود را از اب بدست می‌آورد. از آنجا که وان هلمون نمی‌توانست بداند گیاهان بیشتر مواد موردنیاز خود را از انیدرید کربنیك موجود در هوا می‌گیرند، نتیجه‌گیری او خردپذیر می‌نمود. اما او نباید برپایهٔ آن آزمایش نظریه‌ای کلی بنا می‌نهاد. مبنای دیگری که نظریهٔ وان هلمون به آن اتکاء داشت، قدرت خلاّقیّت عنصر عجیبی به نام الکاهست[102] بود. به ادعای او، الکاهست همهٔ خواص مادهٔ اولا[103]ی پاراسلسوسی را دارا بود ـ البته چنین عنصری هیچ گاه کشف نشد. به اعتقاد وان هلمون، الکاهست می‌توانست همهٔ مواد را به صورت اولیهٔ ایگنوراموس تبدیل کند.

کیمیاگران خواص فلزها را به دو مادهٔ اولاّ نسبت می‌دادند: مادهٔ اولاّیی که طبیعتش از آتش و مادهٔ اولاّیی که طبیعتش از مایع بود. هرگاه فلزی می‌سوخت یا تکلیس می‌شد، به وجود آتش در طبیعت آن فلز تعبیر می‌کردند و می‌گفتند مادهٔ اولاّی آتشین از فلز جدا شده است. و هرگاه فلزی خاصیت گداز و پرداخت می‌داشت، به طبیعت مایع آن تعبیر می‌کردند. این دو مادهٔ اولاّ را گوگرد و جیوه می‌نامیدند، اما آن دو همان گوگرد و جیوه‌ای که ما اکنون می‌شناسیم، نبودند. در واقع منظور آنها را به سادگی نمی‌توان دریافت. ظاهراً آن دو مادهٔ اولاّ می‌بایست از عنصرهای ارسطویی تشکیل می‌شدند و تنها اجزای اصلی تشکیل دهنده ــ نه نهایی ــ فلزها بودند. از آن گذشته، مواد اولاّ صورتهای مادّی‌ای بودند که با وهم و گمان رازورانه به کیفیتهای انتزاعی خاصی نسبت داده می‌شدند. گوگرد، مظهر آتش و جیوه، مظهر گداز بود. حتی در تصویرها، این دو مادهٔ اولا را تجسّد می‌دادند. با این فرض که گوگرد و جیوهٔ یك فاز یا گوگرد و جیوهٔ فاز دیگر فرق دارد یا نسبت ترکیبشان متفاوت است، اختلاف میان فلزها را تبیین می‌کردند. پاراسلسوس مادهٔ اولای سوم (مادّه‌ای خاکی) برآن دو افزود. این مادهٔ خاکی، نمك بود. بنابراین، او نظریهٔ مواد اولای سه گانه (*تریا پریما*)[104] را پایه گذاشت. به تعبیر پاراسلسوس، وقتی براثر احتراق، گوگرد می‌سوخت و جیوه خالص به دست نمی‌آمد، آنچه به جای می‌ماند نمك بود.

نسبت دادن واقعیتهای مادّی توجیه‌پذیر به مفهومهای انتزاعی، جوهرانگاری[105] است. *مواد اولای سه‌گانه‌ی* پاراسلسوس در شمار عنصرهای جوهری است، زیرا این مواد اشکال مادّی‌ای هستند که با کیفیتهای انتزاعی متصوّر شده‌اند. خطر خلط مفاهیم آشکارا پیداست. با وجود این

102. Alkahst 103. principle 104. tria prima 105. hypostatisation

«عنصر»[۱۱۲] است. پیشینیان او عموماً از این دو اصطلاح مفهومی را اراده می‌کردند که برای علوم دقیق فایده‌ای در برنداشت. بویل دریافته بود شیمی علمی نمی‌تواند بر مفهومهای از پیش تعریف شده‌ای که دربارهٔ شماره یا طبیعت عنصرهای نخستین و تشکیل دهندهٔ اجسام باشد، تکیه کند. او می‌دانست با اتکا به مفهومهای پیشینی، نتیجه‌های تجربی را تفسیر کردن، نتیجه‌ای بهتر از پیشداوریهای فلسفی به بار نمی‌آورد. هرجا خود بویل برداشتی از عنصر داشته، همان دیدگاه وان‌هلمون دربارهٔ عنصر را ترویج داده است. به عقیدهٔ وان هلمون، هر ماده مادام که در برابر عمل تجزیه به عوامل تشکیل دهندهٔ ساده‌تر مقاومت کند، باید چون عنصر تلقی شود. این تعریف تجربی را بعدها لاووازیه[۱۱۳] برگرفت و تا مدتی دراز به شیمی خدمتی بس شایان کرد. این تعریف نه ما را توانا می‌سازد که به یقین بدانیم ماده عنصر است یا نه و نه می‌تواند به ما بگوید شمارهٔ عنصرها چندتاست. باید به این بسنده کرد که در هر زمان معیّن و تا آنجا که می‌دانیم، الف و ب و ج و جز آن عنصر بوده‌اند. شاید عنصرهای دیگری کشف کنیم یا سرانجام دریابیم مثلاً الف عنصر نیست. وظیفهٔ ما به عنوان شیمیدان این است تا برپایهٔ تعریف خود و به روش تجربی تصمیم بگیریم چه اجسامی عنصرند و چه اجسامی عنصر نیستند. دربارهٔ اجسامی که عنصر نیستند، باید سعی خود را به کار بندیم تا با آنیم کدامیک از عنصرهایی که می‌شناسیم در ترکیب آنها به کار رفته است. مطمئناً ما براین پندار نیستیم که همهٔ اجسام از چهار عنصر یا سه مادهٔ اولا ترکیب شده‌اند. در واقع این امکان هست به ترکیباتی برخوریم که عنصر مشترک نداشته باشند. مثلاً ترکیبی، از عنصرهای الف و ب و ج تشکیل شده باشد و ترکیبی دیگر، از عنصرهای ك و ل.

برداشتی که فعلاً از عنصر شیمیایی هست، پیچیده‌تر است. برپایهٔ نظاریهٔ برقی ماده، همهٔ مواد در اصل از پروتون، نوترون و الکترون تشکیل شده‌اند. در معنایی که مراد بویل بوده، علم نوین این ذرات بنیادی را به عنوان تنها «عنصرهای» تشکیل دهندهٔ اجسام می‌شناسد. پروتون حامل بار الکتریکی مثبت است و الکترون بار منفی برابر آن را دارد. بنابراین از جهت الکتریکی، ترکیب پروتون و الکترون خنثی است. اما جرم الکترون در برابر جرم پروتون تقریباً ناچیز است. جرم نوترون تقریباً به اندازهٔ جرم پروتون است، اما بار الکتریکی ندارد. هستهٔ اتم مرکب از پروتونها و نوترونهای نزدیك به هم است. بنابراین، بارالکتریکی هستهٔ اتم مثبت است و تقریباً تمام جرم اتم را همین هسته تشکیل می‌دهد. اگر بار الکتریکی پروتون را واحد فرض کنیم، بار الکتریکی هستهٔ اتم برابر با شمارهٔ پروتونهایی است که هر هستهٔ اتم دارد، و این را «عدداتمی»[۱۱۴] می‌گویند. تغییر در شمارهٔ نوترونها، جرم اتم ــ نه عدد اتمی ــ را تغییر خواهد داد. هستهٔ اتم با منظومهٔ الکترونها در میان گرفتهٔ شده است. هرگاه اتم در حالت عادی باشد، مجموع بار الکتریکی نظام الکترون، بار

112. element 113. Lavoisier 114. atomic number

الکتریکی هسته را خنثی نگاه می‌دارد. اگر اتم یونیده[۱۱۵] شود (به این معنی که یك یا چند الکترون خود را از دست دهد) بار الکتریکیش مثبت می‌شود. رفتار شیمیایی اتم و چگونگی ترکیب آن با اتمهای دیگر را طبیعت نظام الکترونی تعیین می‌کند و این نظام به نوبهٔ خود با عدد اتمیش تعیین می‌شود. از این رو، عدد اتمی مشخص عنصر شیمیایی است. هر ماده‌ای که عدد اتمیش یك باشد، ئیدروژن و هرماده‌ای که عدد اتمیش دو باشد، هلیوم نامیده می‌شود و به همین طریق. اتمهای هر عنصر لزوماً یکسان نیستند ئیدروژن معمولی از یك پروتون و یك الکترون به دور آن تشکیل شده است. اما در هستهٔ اتم «ئیدروژن سنگین» از پروتون گذشته، نوترون نیز هست. جرم ئیدروژن سنگین نزدیك به دو برابر جرم ئیدروژن معمولی است، اما نظام الکترون (و در نتیجه) رفتار شیمیایی آن دو همانند است.

شیمی به بررسی تفاوتهایی که میان مواد هست می‌پردازد. بنابراین، برای آنکه مقصود از عنصر در کار رده‌بندی شیمیایی بخوبی روشن باشد، پس لزوماً در تجزیهٔ ماده نباید آنقدر پیش رفت که تفاوت میان عنصرها از میان برود. ناگزیریم برای مفهوم ذرات نخستین، درجاتی را درنظر بگیریم، تا آنکه درجه‌ای برای مقاصد جاری شیمی مناسب باشد و درجهٔ دیگر به کار هدفهای ژرفتر فیزیکی بیاید.

چون بویل نتوانسته بود این تمیز را بگذارد، نکته‌ای که گفتیم در ذهن او مبهم مانده بود. وقتی دربارهٔ عنصر به منزلهٔ چیزی کاملاً نخستی می‌اندیشید، از اندیشهٔ فیزیکی ماده تصویر مبهمی در ذهن داشت. اما همین تصویر مبهم، ژرفتر از آن بود که به کار عاجل شیمی بیاید. جان دالتن[۱۱۶] از «عنصر» برداشتی کرد که برای شیمیدانان ارزش عملی داشت. او به این دلیل به آن برداشت عملی بسنده کرد، چون در نظر نداشت برای مدتی معین دامنهٔ کار را زیاد گسترش دهد. او با برداشت از اختلاف اساسی میان اتمهای اکسیژن، ئیدروژن و غیره، کار خود را در زمینهٔ شیمی آغاز کرد و پرسشهایی چون این پرسشها را: تفاوت میان مواد چگونه است؟ آیا ترکیبات از مواد اصلی همانندی درست شده‌اند یا نه؟ نادیده گرفت و براین پایه بنای شیمی را پی نهاد. از این رو بود که شیمی توانست پیشرفت خود را آغاز کند و حتی فیزیك نیز به اندازهٔ کافی گسترش یابد تا یورش خود را بر مسائل عمیقتری آغاز کند.[۱۱۷]

بویل چند برداشت ساده و روشن و هدفی علمی را فراراه شیمی قرار داد. از فرانسیس بیکن عمیقاً متاثر بود و با ستایش بسیار از او یاد می‌کرد. بنابراین، روش علمی او بیش از اندازه تجربی

115. ionized 116. John Dalton

۱۱۷- برای آگاهی از بحث مفصلی پیرامون شیوهٔ برخورد کاملاً فیزیکی بویل به نظاریهٔ اتمی، به فصل یازدهم این کتاب رجوع کنید: A.R.Hall, *The Scientific Revolution*

بود و به لزوم مبرم فرضیه‌های الهامبخش در مراحل آغازین کار درست پی نبرده بود. او به امتیازهای نظریهٔ اتمی در فیزیک توجه داشت، اما با وصف این، نظریهٔ خود را بطرزی ترتیب نداد تا نتیجه‌گیریهایش بتواند در شیمی آزمون‌پذیر باشد. به نظریهٔ نوین احتراق اشاره‌هایی داشت، اما آن نظریه را به اندازهٔ کافی گسترش نداد تا قابل استفاده باشد. بویل زمین را هموار کرد و پی‌های بنا را کند. بیش از یکصد سال گذشت، اما تا اسکلت نظری کافی فراهم نشد، ساختمان نوین شیمی فراز نیامد.

۱۰ فلوژیستون تکلیس و احیاء پریستلی و کشف گاز تازه آزمایش لاووازیه نظریه نوین احتراق تاثیر کشفیات پریستلی و لاووازیه در حوزه‌های دیگر چرخهٔ کربن و فوتوسنتز

برای آنکه شیمی بتواند روی پاهای خود بایستد، هنوز به نظریهٔ رضایت‌بخشی دربارهٔ احتراق و به نظریهٔ اتمی دقیقی نیاز بود. نخستین نظریه را آنتوان لوران دولاووازیه شیمیدان فرانسوی آورد. لاووازیه در ۱۷۴۳ به دنیا آمد و در ۱۷۶٤ به دست انقلابیون سراز تنش جدا شد. دومین نظریه را جان دالتن (۱۷۶۶ تا ۱۸٤٤) آورد. او معلم مدرسه بود، مشرب کویکری[۱۱۸] داشت و با عزت و احترام عمر خود گذراند. این دو دانشمند خلئی را که کار ویرانگر بویل برجای نهاده بود، پرکردند.

از روزگار باستانی یونان براین پندار بودند که احتراق، فرایند تجزیه و تلاشی است و جسم سوزان در این فرایند، عنصر خود را به آتش می‌سپارد. در عین حال اغلب اتفاق می‌افتد عنصرهای دیگری که در نهاد ساختمان جسم بوده‌اند، براثر سوختن از آن جدا می‌شوند. از این رو بود که بسیاری از شیمیدانان قرون وسطا گرما را وسیله و تنها وسیلهٔ تجزیهٔ شیمیایی می‌انگاشتند. بویل در این اعتقادات تردید جدی کرد، اما راه دیگری که قانع‌کننده باشد، پیش ننهاد و با آنکه در ارکان عقیده به عنصرهای چهارگانه و مواد اولای جوهری خلل راه یافته بود، اما نظریهٔ کهن احتراق با نظریهٔ فلوژیستون[۱۱۹] یوهان یواخیم بشر[۱۲۰] (۱۶۳۵ تا ۱۶۸۲) و ارنست گئورگ شتال[۱۲۱] (۱۶۶۰ تا ۱۷۴۳) جان تازه‌ای گرفت. فلوژیستون عنصر سوزنده‌ای بود که به گوگرد کیمیاگران و عنصر آتش ارسطویی شباهت بسیار داشت. گمان می‌کردند هرمادهٔ سوزنده‌ای دارای عنصر

---

۱۱۸. Quaker؛ لرزان. کویکر نام گروهی مذهبی است که در انگلیس سدهٔ ۱۷ پیدا شده‌اند. چون پیروان این فرقه به هنگام پرستش، از شور درونی می‌لرزند، به آنها کویکر (= لرزان) گفته‌اند. ــ م.

119. Phlogiston Theory 119. Phlogiston Theory 120. J. J. Becher 121. E. G. Stahl

فلوژیستون است و به هنگام سوختن، آن عنصر را پس می‌دهد. خیال می‌کردند اجسامی که آسان می‌سوزند، از عنصر فلوژیستون سرشارند و اجسامی که سخت می‌سوزند، عنصر فلوژیستونشان کم است. اما در هر حال، مقدار فلوژیستونی که هریك از اجسام می‌توانست داشته باشد، محدود بود. فلوژیستون نمی‌توانست جدا و مستقل از ماده باشد و باید در محلی جا می‌داشت.[۱۲۲] بنابراین، هیچ جسمی نمی‌سوخت، مگر آنکه جسم دیگری فلوژیستون ازدادشده‌اش را به خود جذب می‌کرد. احتراق، تنها *ازادشدن* فلوژیستون نبود، بلکه *انتقال* فلوژیستون از جسم پرفلوژیستون به جسم کم فلوژیستون نیز بود.

این روایت تازه و دقیقتر نظریهٔ کهن، با برخی از امور واقع مشهود بخوبی سازگار بود و بیش از یکصد سال رواج گسترده داشت. نظریهٔ فلوژیستون بهترین راهنمای نظری‌ای نبود که شیمیدانان می‌توانستند داشته باشند، اما بهتر از آن بود که هیچ نظریه‌ای راهنمای عمل نباشد؛ و نظریهٔ فلوژیستون به عنوان چارچوبی که آزمایش بیشتر بتواند در آن چارچوب با نوعی هدف، بافتهای همراه باشد، خدمت کرد. دست کم اینکه در آن وقت فرضیه‌ای بود که می‌توانست به اثبات برسد یا ابطال شود.

کار هوا در عمل احتراق این بود که فلوژیستون پس دادهٔ مادهٔ سوزان را جذب کند. و این نظر تبیین می‌کرد چرا جسم سوزنده تنها می‌تواند برای مدت محدودی در محفظهٔ سربسته بسوزد. چون براساس آن نظر، روشن بود که هوای درون محفظه بدان اندازه از فلوژیستون اشباع می‌شد که نمی‌توانست فلوژیستون بیشتری جذب کند. می‌دیدند «هوای اشباع شده از فلوژیستون» درون محفظه، شمع روشن را خاموش می‌کرد و مناسب تنفس نبود. این هوا به هوای آلودهٔ بازدم جانداران می‌مانست ــ واقعیتی که تنفس را در زمرهٔ احتراق قرار می‌داد، زیرا از آزاد شدن فلوژیستون نشانه داشت. فلزهای معمولی به معنای متداول کلمه احتراق‌پذیر نیستند، اما می‌توانند تکلیس[۱۲۳] شوند ــ یعنی در معرض گرمای مداوم، به خاکستر یا آهك تبدیل شوند. به همین سبب خیال می‌کردند فلزها از آهك و فلوژیستون ترکیب شده‌اند و با غمل سوختن، فلوژیستون آزاد می‌شود و آهك به جا می‌ماند. نتیجه‌گیری طبیعی این بود که اگر آهك با مادهٔ سوزنده‌ای مانند زغال، که از حیث فلوژیستون غنی است دوباره گرم شود، پس می‌بایست فلوژیستون به آهك بازگردد وفلز اصلی دوباره به دست آید. فرایند مقابل تکلیس را احیاء[۱۲۴] می‌نامند. فلزکران از دیرباز با امکان و اهمیت عملی احیاء در ذوب و گداز آشنا بوده‌اند.

---

۱۲۲. کسانی که به نظریهٔ فلوژیستون باور داشتند، می‌گفتند تصور فلوژیستون جدا از ماده همان قدر محال است که تصور مغناطیس جدا از آهنربا.

123. calcination 124. reduction

هرچند فلوژیستون توضیح بسیار قانع‌کننده‌ای بود، اما دشواری بزرگی بر سر راه قرار داشت. دشواری این بود که دریافته بودند وزن فلز تکلیس شده از وزن فلز اصلی بیشتر است. و این دشواری را به گمان اینکه فلوژیستون وزن منفی دارد، توجیه می‌کردند. مفهوم سببی ارسطویی که حتی از قلمرو مکانیک بیرون رانده بودند، به قلمرو شیمی بازگشته بود. و این بازگشت عمیقاً از این واقعیت حکایت داشت که مفهومهای علمی ارسطویی چنان ماهرانه درهم تنیده شده‌اند که یا باید با هم باقی بمانند یا با هم فروبپاشند. همان‌گونه که گالیله دریافته بود، ممکن نبود برخی از مفهومهای ارسطویی را نگاه‌داشت و پاره‌های دیگر را کنار گذاشت. کار انقلاب علمی تا آن وقت جایگزین ساختن نظام ارسطویی با نظام دیگر بود. اما باز این کار کافی نبود.

ازمایشی که به کنار نهادن مفهوم فلوژیستون انجامید، توسط جوزف پریستلی[۱۲۵] (۱۷۳۳ تا ۱۸۰٤) که از سرسخت‌ترین مدافعان آن بود، به عمل آمد. او کشیش ناتکانفرمیست[۱۲۶] بود، یا کلیسای حاکم درافتاد، از انقلاب فرانسه هواداری کرد و وجههٔ خود را به اندازه‌ای از دست داد که ناگزیر از مهاجرت به امریکا شد. سرگرمی اوقات فراغت او شیمی و بویژه مطالعهٔ گازها بود. پریستلی در ازمایشهایش به این نکته پی برد که اگر اکسید قرمز جیوه را به شدت حرارت دهد، گازی متصاعد می‌شود که بهتر از هوای معمولی به احتراق کمك می‌کند. جیوهٔ خالص نیز پسمانده دارد. نتیجتاً او پنداشت هوای معمولی حاوی مقداری فلوژیستون است، چون عمل احتراق و تنفس مداوم در سراسر جهان همواره عنصر فلوژیستون را در هوا وارد می‌کند. گو اینکه قدرت هوا در تداوم احتراق و زندگی گواه این واقعیت است که هوا با فلوژیستون اشباع نیست و باز می‌تواند فلوژیستون بیشتری جذب کند. گاز تازه‌ای که پریستلی کشف کرده بود، به ظاهر چون هوا بود؛ جز اینکه ظرفیت بیشتری برای جذب فلوژیستون داشت. از این رو، پریستلی پنداشت آن گاز همان هوای معمولی، اما بدون نسبت متعارف فلوژیستون است. او این گاز را «هوای بدون فلوژیستون» نامید. پریستلی توضیح قانع‌کننده‌ای نیاورد که چگونه می‌توان چنین گازی را از فلز تکلیس شده به دست آورد. براساس نظریهٔ فلوژیستون، اهاك یکی از عنصرهایی بود که شبه فلز جیوه از آن ساخته می‌شد.[۱۲۷] گفتن اینکه آن عنصر فرضی چگونه می‌توانست مواد دیگری را که متفاوت از خود بود نتیجه دهد، آسان نبود. اما پریستلی از آن فرضیه دست برنداشت و ترجیح داد به آن پای بند بماند.

در مهمانی ناهاری که لاووازیه در پاریس ترتیب داده بود، پریستلی از ازمایش خود سخن به

125. J. Priestley

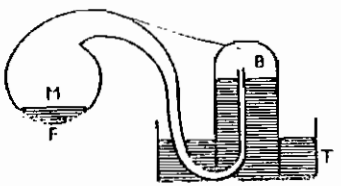
۱۲۶. Nonconformist، نام یکی از فرقه‌های مذهبی است که گرایش پروتستانی دارند و از کلیسای انگلیس جدا شده‌اند. پریستلی کشیش از پیروان این فرقه بود. — م.

۱۲۷. عنصر دیگر فلوژیستون بود.

میان آورد. لاووازیه برغور به اهمیت اساسی ازمایش او پی برد. ازمایش را تکرار کرد، ازمایشهای مشابه دیگری ترتیب داد و نتیجه‌هایی به دست امده را بدون پیشداوری تفسیر کرد؛ نه چون پریستلی که هنوز از فلوژیستون دست بردار نبود. حاصل کار لاووازیه، نظریهٔ نوین احتراق است. نظریه‌ای که احتراق را فرایند ترکیب می‌داند، نه فرایند تجزیه. این تغییر دیدگاه همان قدر عمیق بود که گالیله با ردّ عقیدهٔ ارسطو دربارهٔ اینکه لازمهٔ ادامهٔ حرکت یکنواخت وجود نیروست، ان تغییر را در مکانیك پدید آورده بود.

لاووازیه مقداری قلع را که وزنش معلوم بود، در بالون در بسته‌ای نهاد و آن‌گاه بالون محتوی قلع را وزن کرد. سپس آن قدر بالون را حرارت داد تا قلع به سر حد امکان تکلیس شد. پیش از انکه دهانهٔ بالون را بازکند، دوباره آن را وزن کرد. وزن کل ظرف و قلع هیچ تغییری نکرده بود. پس دانست به طور کلی از مواد ازمایش نه چیزی کاسته و نه چیزی بران افزوده شده است. سر بالون را که باز کرد، هوا به درون ان یورش برد و او دید پس از گشودن سر بالون، وزن ان بیشتر شد. پس روشن بود افزایش وزن براثر ورود هوا بود. سرانجام، لاووازیه قلع تکلیس شده و انچه از آن برجای مانده بود، از ظرف بیرون اورد. او به این نتیجه رسید مقدار هوایی که صرف تکلیس قلع درون بالون شده، تقریباً برابر با مقدار هوایی است که پس از گشودن بالون به درون ان راه یافته است. پس به ظاهر تکلیس قلع نتیجهٔ ترکیب ان با مقداری هوا بود.

لاووازیه برای اثبات این کشف، ازمایش پریستلی از جیوهٔ تکلیس شده را ماهرانه‌تر ترتیب داد. او جیوه(M)را در بالون گردن خمیده‌ای نهاد (شکل ٦١). دهانهٔ بالون به انتهای ظرف ازمایش دیگری (B) که در تشتك پر از جیوه (T) وارونه قرار داشت، باز می‌شد. از نقطهٔ F جیوهٔ درون ظرف را حرارت داد و برای چند روز حرارت را نزدیك به نقطهٔ جوش جیوه ثابت نگاه داشت. ذرات اکسید قرمز جیوه که بر سطح جیوه (M) شناور بود پدیدار شد، در حالی که سطح جیوه در ظرف وارونهٔ B بالا رفت، و این نشان می‌داد با افزایش تکلیس جیوه، هوانیز مصرف می‌شد. عمل تکلیس که متوقف شد، نزدیك به ⅙ هوای درون ظرف M و B مصرف شده بود. بازماندهٔ درون هر دو ظرف به کار احتراق و زیست نمی‌امد.



شکل ٦١

لاووازیه اکسید قرمز جیوه را در ظرف دربستهٔ دیگری نهاد و بشدت حرارت داد. جیوه دوباره ظاهرشد. گازی هم متصاعد شد که لاووازیه ان را گرداورد. حجم گاز به دست امده تقریباً برابر با

حجم هوایی بود که در جریان تکلیس جذب شده بود. این گاز به نسبت مقدار حجم هوای برابر، با دوامتر بود و مواد با درخشندگی غیرعادی در آن می‌سوخت. آن گاز همان «هوای بدون فلوژیستون» پریستلی بود که لاووازیه نام «هوای پاك قابل استنشاق» بر آن نهاد. او سپس آن گاز را «اکسیژن» نامید، زیرا به گمان او گاز اکسیژن در ترکیب اسیدها تاثیر داشت.[۱۲۸] لاووازیه کشف کرد هرگاه اکسیژن با هوایی که پس از تکلیس نخستین در ظرف مانده ترکیب شود، گازی تشکیل می‌گردد که همان خواص هوای معمولی را دارد.

اکنون نتایج خاصی به دست آمده بود که تردید بردار نبود؛ گرچه هواداران فلوژیستون از مقاومت لجوجانه دست برنمی‌داشتند، اما لاووازیه آن قدر زنده ماند تا شاهد جا افتادن کامل نظریهٔ نوین احتراق خود باشد. این نظریه را می‌توان چنین خلاصه کرد:

(۱) هوا عنصر نیست، بلکه مرکب است از مقداری اکسیژن و مقداری گاز یا گازهای دیگر.

(۲) تنفس، احتراق و تکلیس مثل هم عبارتند از ترکیب اکسیژن موجود در هوا با موادی خاص ـ فرایندی که اغلب با تولید گرما همراه است. سایر عنصرهای تشکیل دهندهٔ هوا نقشی در تنفس یا احتراق ندارند.

(۳) اکسید فلز، عنصر نیست، بلکه ترکیبی است که از یکی شدن فلز و اکسیژن پدیدار شده است.

(٤) اجزای فلز تکلیس شده، جدا شدن اکسیژنی است که با فلز ترکیب شده است. هنگامی که اکسیده قرمز جیوه حرارت ببیند، اکسیژن آزادشده به صورت گاز متصاعد می‌شود و ممکن است با مادهٔ موجود دیگری، مثلاً با زغال یا زغالسنگ ــ اگر که سنگ آهن ذوب شود ــ ترکیب شود.

(۵) در احتراق نه ماده‌ای پدید می‌آید و نه از بین می‌رود. اگر از محفظهٔ بسته چیزی خارج نشود، جرم کل یا جرم مواد اصلی (از جمله اکسیژن) که در کنش و واکنش شیمیایی به کار می‌روند، برابر خواهد بود.

(٦) برای تبیین فرایندهای شیمیایی به فلوژیستون نیازی نیست و در واقع هیچ دلیلی برای وجود فلوژیستون در دست نیست.

در سال ۱۷۸٤ کوندیش با اثبات اینکه آب از ترکیب اکسیژن و ئیدروژن پدید می‌آید، یکی دیگر از عناصر چهارگانهٔ ارسطویی را از مسند خود خلع کرد.[۱۲۹]

---

۱۲۸. oxygen از دو جزء oxys و gene ترکیب شده است. oxys در یونانی قدیم به معنای اسید بوده است. واژهٔ اکسیژن oxygen به معنی اسیدساز است. ــم.

۱۲۹. از ترکیب اسید سولفوریك با روی، ئیدروژن متصاعد می‌شود. ئیدروژن را «هوای قابل احتراق» می‌نامیدند.

کار لاووازیه و پریستلی برای تن ـ کارشناسی (فیزیواوژی) و شیمی‌زیست بسیار مهم بود. آن دو می‌دانستند تنفس با نوعی احتراق خفیف در سراسر بدن همراه است و در این احتراق اکسیژن نقش اساسی دارد. نیز می‌دانستند هوای الوده به بازدم جانوران می‌تواند با گاز گیاهان سبز، طراوت نخستین خود را بازیابد. با این کشفیات به فرایند مستمری که چرخهٔ کربن[۱۳۰] نام دارد و بنیاد زیستشیمی است، پی برده شد. جانداران اکسیژن را می‌گیرند، با مواد آلی که در خود دارند می‌آمیزند، توازن شیمیایی را حفظ می‌کنند و نیروی لازم برای زیست را پدید می‌آورند. اکسیژنی که پس می‌دهند با کربن، که به صورت انیدرید کربنیك است، آمیخته است. بنابراین، براثر زیست جانداران از نسبت اکسیژن آزاد موجود در جوّ کاسته و بر نسبت انیدرید کربنیك آن افزوده می‌شود.

فرایند مکمل از راه برگهای گیاهان که انیدرید کربنیك موجود در هوا را جذب می‌کنند، تداوم می‌یابد. گیاهان می‌توانند از انیدرید کربنیك، آب و نمکهای کانی مواد آلی پیچیده‌ای بسازند که برای زیستشان لازم است. در این فرایند زیستی که فوتوسنتز (نورساخت)[۱۳۱] نام دارد، گیاهان نیرویی را به کار می‌برند که سرچشمه‌اش نور خورشید است. کار فوتوسنتز آزاد ساختن اکسیژن و جذب انیدرید کربنیك است. کارکرد رنگیزه‌های سبز کلوروفیل[۱۳۲] در این میان ضروری است. بنابراین، تنفس جانوران و فوتوسنتز گیاهان روی‌هم رفته ثبات جوّ را تقریباً پایدار نگاه می‌دارند.

جانوران نمی‌توانند ترکیبات پیچیده‌ای را که سراسر زندگی بدانها وابسته است، بسازند. آنها تنها می‌توانند این ترکیبات را برای مصرف خود متناسب کنند. جانوران، نخست با خوردن گیاهان و جانوران دیگر ترکیبات را به دست می‌آورند. بنابراین، کربن به شکل ترکیبات آلی پیچیده، پیوسته از گیاهان به جانوران منتقل می‌شود و به صورت انیدرید کربنیك از جانوران به گیاهان پس داده می‌شود. در کار فوتو سنتز، گیاهان نیرویی را که از نور خورشید به دست می‌آورند، ذخیره می‌کنند. جانوران با سوزانیدن ترکیبات آلی که گیاهان ساخته و به آنها منتقل کرده‌اند، نیروی مورد نیاز خود را به دست می‌آورند. اکسیژن در این احتراق جانوران را توانا می‌سازد تا نیروی مورد نیاز خود را آزاد کنند و نیز عاملی است که به واسطهٔ آن، کربن در شکل قابل استفاده‌ای به گیاهان بازمی‌گردد.

باکتریهای موجود در خاك، مواد اندام مردهٔ گیاهی و جانوری را تجزیه می‌کنند. این تجزیه سرچشمهٔ دیگر انیدرید کربنیك هواست و گذشته از آن، موجب ترمیم نمکهای کانی خاك و بویژه نیتراتهایی است که موردنیاز گیاهان نوزسته است.

---

130. carbon cycle 131. photosynthesis 132. green pigment chlorophyll

۱۱ نظریهٔ تناوبی نظریهٔ اتمی نظریهٔ کالریك نظریهٔ جنبشی گرما
نظریه‌های جان دالتن قانون نسبتهای چندتایی

نظریهٔ اتمی یکی از مهمترین اندیشه‌های یونانی بود که در جریان رنسانس احیا شد. باید نظریهٔ اتمی را نقطهٔ مقابل نظریهٔ تناوبی[۱۳۳] به شمار آورد. نظریهٔ تناوبی که ماده را پیوسته می‌دانست بیشتر به واسطهٔ آرای ارسطو و رواقیون در قرون باستان و وسطا رواج داشت. برپایهٔ این نظریه که به پیوستگی ماده قایل است، ماده تا بی‌نهایت تقسیم‌پذیر است و هرچه در تقسیم پیشتر رویم، ماده باز به اجزای کوچکتری قابل تقسیم تواند بود. حال انکه به اعتبار نظریهٔ اتمی، ساختمان ماده از ذرات تشکیل شده و نتیجهٔ تقسیمهای پیاپی، سرانجام ذرات نهایی یا اتمهایی است که امکان تجزیهٔ بیشترشان نیست.

برپایهٔ ریشهٔ واژهٔ «اتم»، معنای اتم «چیزی است که نمی‌تواند تجزیه شود.»[۱۳۴] شاید زبانشناسی نکته‌بین این ایراد منطقی را بگیرد که اصطلاح «شکافتن اتم» که امروزه نزد همهٔ ما اشنا و رایج است، متضمن تناقض است؛ شکافتن چیزی که قابل شکافتن نیست، مانند کوسه و ریش بهن بودن است. ذراتی که یك قرن پیش تقسیم‌ناپذیر پنداشته می‌شدند، اینك تقسیم‌پذیرند. اسم بی‌مسمّا همچنان برجا مانده، حال انکه دلالت ریشه شناختی خود را از دست داده است. اما معنی سخن این نیست که علم از موضع خود پس نشسته است. مادّه از نوعی ذرات جدا از هم تشکیل شده که اغلب فاصلهٔ میان آنها به نسبت اندازهٔ آنها زیاد است. مراد از اصطلاح اتم صرفاً این است ذراتی که هنوز اتم *نامیده می‌شوند*، همان *ذرات نهایی‌ای نیستند* که روزگاری گمان می‌رفت اتمها باشند.

احیای نظریهٔ اتمی عامل مهم دیگری در واژگونی نظام ارسطویی بود، چرا که این نظریه قایل به وجود فضای تهی میان اتمهاست، ولی ارسطو وجود چنین فضایی را منکر بود. الحاد لئوکیپوس و دموکریتوس که بدون شك از دلیلهای اصلی رویگردانی از سایر آرای قابل قبولشان بود، با نظریهٔ اتمی آنها احیاء نشد. پیرگاشندی[۱۳۵] (۱۵۹۲ تا ۱۶۵۵) فیلسوف پروونسی[۱۳۶] که آرای آن دو را از نو طرح کرد، کشیش کاتولیك بود. اما اتمی مشربان سدهٔ هفدهمی برجسته‌ای چون گالیله، لاك، نیوتون و بویل که با مسیحیت رسمی از راههای گوناگون به مخالفت برخاسته بودند، نه ملحد بودند

133. alternative theory

۱۳۴. اتم atom از واژهٔ یونانی atomos گرفته شده و از دو جزء a(پیشوند نفی، به معنای نه) و tomos (بریده شده، تجزیه شده) ترکیب شده است. اشارهٔ نویسنده به ریشه‌شناسی اصل واژهٔ اتم است. ــم.

135. P. Gassendi 136. Provençal

و نه حتی باطناً مادیگرا . در میان بزرگان انقلاب علمی، دکارت به مخالفت با نظریهٔ اتمی شهره است. او براستی هیچ گاه از ارسطو نبرید و در تبیین عنصر ملأ کوشش بسیار کرد.

در نخستین مراحل پس از احیاء، نظریهٔ اتمی در زمینهٔ فیزیك با دشواریهای بیشتری روبه‌رو بود تا در قلمرو شیمی. همان طور که دیدیم، مفاهیم مرتبط با نظریهٔ اتمی، در مکانیك نوین ریشه داشتند. خاصیت کشسانی گازها که مورد توجه بسیار فیزیکدانان سدهٔ ۱۷ بود، بیشتر بر بنیاد این پندار بود که گاز رسانهٔ پیوستاری نیست، بلکه تودهٔ نامنظم ذراتی است که فاصلهٔ میان آنها زیاد است و ذرات در همهٔ جهات به سرعت حرکت می‌کنند. وجود فضای میان ذرات می‌توانست تبیینی برای چگونگی فشردگی گاز باشد. در عین حال، می‌شد فشار گاز را به ذرات بیشمار سریع‌الحرکت گاز نسبت داد که دیواره‌های محیط بستهٔ پیرامون خود را مرتباً بمباران می‌کنند. به سبب پیوندی که میان نظریهٔ اتمی و علم خواص هوا هست، دالتن در آغاز به نظریهٔ اتمی توجه داشت. او بعدها به امکانات این نظریه در شیمی توجه کرد.

وقتی نظریهٔ اتمی نقش جدّی خود را در قلمرو شیمی آغاز نمود، از دو راه ایفای نقش کرد. نظریهٔ اتمی به نظریهٔ نوینی دربارهٔ گرما و به برداشت دقیقتری از چگونگی ترکیب شیمیایی انجامید.

لاووازیه با واژگون کردن نظریهٔ فلوژیستون، براین عقیده که آتش و گرما جوهرهای مادی ــ مواد ریز سیّالی هستند که انتقالشان از یك جسم به جسم دیگر می‌تواند عامل احتراق یا تغییر دما باشد ــ خط بطلان کشید. لاووازیه هنوز به طبیعت مادّی گرما (در نقطهٔ مقابل آتش) اعتقاد داشت. او فکر می‌کرد همهٔ اجسام دارای عنصر کالریك[۱۳۷] هستند و اجسام براثر این عنصر گرم می‌شوند؛ هیچ شاهد مستقیمی که بر وجود چنین عنصری گواهی دهد وجود نداشت؛ امکان تجزیهٔ چنین عنصری از ماده نبود و تغییرات دما با تغییرات وزن همراه نمی‌شد. به همین دلیل نظریهٔ کالریك[۱۳۸] غیرقانع‌کننده و نظری بود.

اما اگر آتش و گرما جوهر مادی نمی‌بودند ــ چنانکه امروز محتمل به نظر می‌رسد ــ پس ضرورت مبرم داشت تا معلوم شود آن دو چه چیز دیگری می‌توانستند باشند. نظریهٔ اتمی با پیوندی که با نظریهٔ جنبشی گرما[۱۳۹] داشت، توانست به آن پرسش پاسخ گوید. نظریهٔ جنبشی قابل به این فرض است که گرما عبارت است از حرکت یا جنبش سریع ذرات بسیار ریزی که جسم از آنها تشکیل شده است. برای مثال، اگر کسی نوشته‌های جان لاك را بخواند، خواهد دید که پیش از پایان سدهٔ ۱۷، با این برداشت از گرما آشنا بوده‌اند. در واقع هرکس به ساختمان اتمی ماده معتقد باشد، طبیعتاً از گرما چنین برداشتی خواهد داشت. اما رواج این نظریه از هنگامی آغاز شد که بنجمین تامسن[۱۴۰] امریکایی (۱۷۵۳ تا ۱۸۱۴) معروف به کنت رامفرد نظر خود را در سال

137. caloric 138. Caloric Theory 139. kinetic theory of heat
140. B. Thompson

۱۷۹۸ در این باره اظهار داشت. او گفت ظاهراً برای کمیّت گرمای ناشی از مالش در نقطهٔ تماس محدودیتی نیست. اگر گرما مادّهٔ سیّالی باشد که در فلزات هست و می‌شود آن را از فلزات جدا ساخت، پس دلیلی برای این تصوّر هست که پس از مدتی نشر گرما لاجرم متوقف شود. اما اگر گرما نتیجهٔ جنبش ذرات فلز است، پس طبیعی است پنداشته شود مالش مداوم، جنبش مداوم ایجاد می‌کند و بنابراین، گرمای نامحدودی تولید می‌شود. بدین سان نظریهٔ جنبشی توانست خلئی را که براثر بی‌اعتبار شدن نظریات قدیمی سیّال گرما و آتش پدید آمده بود، پر کند.

در فصل چهارم به مهمترین امتیاز نظریهٔ اتمی اشاره شد. نظریهٔ اتمی با فرض اینکه در اصل همه چیز از مواد اصلی همانندی تشکیل شده، توانست خواص فیزیکی ثابت ماده را توضیح دهد؛ و از این گذشته، با نسبت دادن تفاوتها به تغییرات ساخت اجزای ماده، نه به مادهٔ آنها، تفاوتهای میان آنها را تبیین کند. اکنون تفاوتهای ساختی اساساً تفاوتی ریاضی است، چه این تفاوت به عدد و *آرایش* اجزای ماده بستگی دارد. دالتن نخست به اهمیت ساخت به عنوان مفهومی بنیادی در شیمی توجه کرد و به واسطهٔ این توجّه، به اندیشهٔ شیمی جنبهٔ ریاضی بیشتری داد و برای شیمیدانان پایه‌ای گذارد تا آنها توانستند شیمی را نظام یافته‌تر از پیش بر بنیاد آن استوار سازند. دالتن با روش علمی جا افتاده و پذیرفته شده، فرضیه‌های دقیقی را که با واقعیتهای کشف شدهٔ قبلی عرضه شده بود، جمع‌بندی کرد و از این رو پیش‌بینی‌های منطقی که از نظر تجربی آزمون‌پذیر باشد، میسّر شد. اصلاح و گسترش فرضیه‌های اصلی دالتن ضروری بوده است. اما فرضیه‌های او در جامه‌ای نو، هنوز هم در نظریه‌های شیمی نقش بسیار مهمّی دارد. مقصود اصلی دالتن از این قرار بود:

(۱) ماده از اتمهایی تشکیل شده که نه می‌توانند پدید آیند و نه نابود شوند. تغییر شیمیایی عبارت از ترکیب اتمهایی است که از هم جدا برده‌اند یا جدا شدن اتمهایی است که پیش از آن مرکب بوده‌اند. در خود اتمها هیچ تغییری راه ندارد.

بنابراین، نظریهٔ دالتن در اساس به اصل «بقای ماده» ناظر است. این اصل را که به احتراق بازمی‌گردد، لاوازیه بیان داشته است. آزمایشها تاکنون درستی این اصل را در همهٔ انواع واکنشهای شیمیایی به ثبوت رسانده است. این اصل جلوه‌ای از نظریهٔ اتمی نظری لئوکیپوس و دموکریتوس بود.

(۲) اتمهای هر عنصری عیناً همانندند؛ اتمهای عنصرهای گوناگون بویژه از جهت وزن با هم فرق دارند. این اصل پس از دالتن اصلاح شده است. اکنون اتمهایی را می‌شناسیم که وزنشان متفاوت و خواص شیمیایی‌شان مشابه است. به این دسته از اتمها ایزوتوپ[۱۴۱] (همجا) می‌گویند.

141. isotope

هتروتوپهای هم فشار[۱۴۲] هم هستند که وزنشان مشابه، اما خواص شیمیایی‌شان متفاوت است. آن طور که دالتن می‌پنداشت، طبیعت شیمیایی اتم ارتباط کاملی با وزن آن ندارد. برابری عددهای اتمی ــ نه برابری وزنهای اتمی ــ است که سبب می‌شود دو اتم در پیوندهای شیمیایی با اتمهای دیگر، مانند هم عمل کنند. دالتن نتوانست پیش‌بینی کند اتمهای تجزیه‌ناپذیر فرضی او می‌توانند ساخت برقی اجزاء را نشان دهند. به همین دلیل او نتوانست مفهوم عدد اتمی را روشن کند. فرضیهٔ او دربارهٔ اینکه خواص شیمیایی معین هرچیز مطابق با وزن اتمی همان چیز است، با تجربه‌هایی که در سراسر زندگیش داشت و حتی تا چند سال پس از مرگ او، سازگار می‌نمود. درهر حال فرضیهٔ دالتن کاری را که از فرضیه‌ای مناسب برمی‌آید، انجام داد و یك رشته آزمایش نظام یافته را به راه انداخت که لاجرم به اثبات و ابطال فرضیه‌ها انجامید. این آزمایشها که بیشتر به محاسبهٔ دقیق وزنهای اتمی توجه داشت، سرانجام به نتایجی رسید که در راه بردن به نظریهٔ نوین برقی ماده مؤثر قرار گرفت؛ به نحوی که اکنون مرز مشخّصی میان شیمی و فیزیك نیست. پیامدهای فنی و علمی این نظریه بس عظیم و شگفتی‌آور بوده است.

دالتن برای نشان دادن اتمهای عنصرهای گوناگون، نمادهای تازه‌ای ابداع کرد. او اتمهای هیدروژن، ازت، کربن، اکسیژن، فسفر و گوگرد را به ترتیب با نمادی ⊙ و ① و ② و ○ و ④ و ⑥ نشان می‌داد. نمادهای دالتن نخستین نمادهای شیمیایی نیست. کیمیاگران معتقد بودند میان بعضی از فلزها و اختران پیوندی هست. آنها نمادهای ویژهٔ اخترگویی را برای این فلزها به کار می‌بردند. نمادهای کیمیاگران مواد را به طرز روشنی نشان نمی‌دادند، اما نمادهای دالتن اتم هر عنصر را به دقت نشان می‌داد. نمادهای دالتنی هیچگاه کاربرد گسترده نیافت، زیرا مدت کوتاهی پس از دالتن، برزلیوس شیمیدان سوئدی و مبدع نشانه‌ها و فرمولهای نوین شیمیایی، برای نشان دادن عناصر، روش اسانتری را با حرفهای گویا پیشنهاد کرد.[۱۴۳]

(۳) کوچکترین ذرات ترکیب شیمیایی مفروض عیناً همانندند. اگر X و Y و Z عنصری باشند که ترکیب شیمیایی از آنها حاصل شده باشد، عنصر X از x اتم، عنصر Y از y اتم و عنصر Z از z اتم تشکیل شده‌اند و به همین نحو. x و y و z عددهای صحیح کوچکی هستند که مقادیرشان برای ترکیب موردنظر ثابت است.

اکنون به کوچکترین ذرات جسم مرکب مولکول می‌گویند. دالتن به این ذرات «اتمهای مرکب» می‌گفت، اما این عبارت مناسب نیست. دالتن با فرض اینکه مولکولهای جسم مرکب، از نظر ساخت

142. isobaric heterotopes

۱۴۳. مانند حرف H به جای hydrogen [هیدروژن]، CA برای Calcium[کلسیوم] و Pb برای plumbum[سرب]

یکسانند، به مفهوم ترکیب شیمیایی دقت بخشید و میان آمیختن مکانیکی و ترکیب شیمیایی فرق آشکار گذاشت. از این رو، انیدرید کربنیک امیزهٔ درهم و برهم ذرات اکسیژن و کربن نیست، بلکه مرکب از مولکولهایی است که همگی همانندند وهریك تنها از یك اتم کربن و دو اتم اکسیژن تشکیل شده‌اند. دالتن مولکول انیدرید کربنیک را با نماد ○◉○ نشان می‌داد. برزلیوس آن را CO^2 نوشت و اکنون ما CO_2 می‌نویسیم.

این فرمول بر پایهٔ این نظریه است که وزن اکسیژن و کربن انواع انیدرید کربنیک باید به یك نسبت باشد. به همین قیاس، مولکول آب با فرمول H_2O نشان داده می‌شود. دالتن تصور می‌کرد فرمول آب باید HO باشد، اما خطای او، استنباطش را دربارهٔ اینکه آب همواره حاوی اکسیژن و ئیدروژن به نسبت ثابت است، از اعتبار نمی‌اندازد. از سوی دیگر، ممکن است اجزای مخلوط مکانیکی نسبتهای متفاوتی داشته باشند. آمیختن اکسیژن و ئیدروژن به رو در رو شدن ناگهانی یك دسته سرباز با یك دسته دختر می‌ماند. اما ترکیب اکسیژن و ئیدروژن (آب) چنان است که بازوان هر سرباز را دو دختر گرفته باشند؛ شبیه دستهٔ هماوازان در اپراکمیك[۱۴۴]: هر سرباز در میان دو دختر. این آرایش ثابت در همه جای صحنه به چشم می‌خورد.

بنابراین، قاعده‌ای که نسبت عنصرها در ترکیبهای شیمیایی را نسبتِ ثابتی فرض می‌کند، پیامد منطقی نظریهٔ دالتن و فراهم کنندهٔ نخستین آزمون تجربی برای آن است. این قاعده آزمون تجربی را تداوم بخشید و از سوی برزلیوس آگاهانه بکار گرفته شد. همو بود که بسیاری از ترکیبهای شیمیایی را بدقت تجزیه کرد.

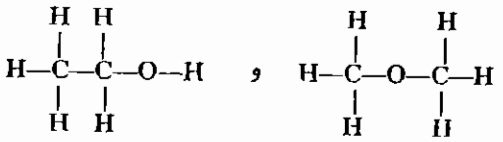
پیامد دیگر نظریهٔ دالتن ــ که این یکی نیز با برزلیوس به اثبات رسید ــ قانون نسبتهای چندتایی[۱۴۵] است. این قانون می‌گوید ترکیبهای مختلف، مثلاً P و Q، می‌توانند از عنصرهای مشابه، مانند X و Y، به دست آیند. فرض کنید در حالت P، یك مثقال X با P مثقال از Y ترکیب شود؛ حال آنکه در حالت Q، یك مثقال X با Q مثقال y ترکیب شود. این قانون می‌گوید: نسبت p/q همیشه می‌تواند با عددهای صحیح کوچك بیان شود. برای مثال، ترکیب دوم کربن و اکسیژن، منوکسید کربن نام دارد و مولکول آن CO است. بنابراین، روشن است وزن اکسیژنی که در این ترکیب با یك مثقال کربن ترکیب می‌شود، باید نصف مقداری باشد که با یك مثقال کربن در انیدرید کربنیك ترکیب می‌شود. نسبت ئیدروژن در اتان (C_2H_6) دقیقاً سه چهارم متان (CH_4) است.

اینها تنها معیارهایی نیستند که نظریهٔ دالتن با آنها استقرار یافته است، بلکه برای مثال بیان شدند. تاکنون در درستی کلی دیدگاههای دالتن تردید جدّی نشده و ارزش این دیدگاهها با گذشت زمان آشکارتر گردیده است. بزودی دریافتند می‌توانند برای هندسه و حتی حساب ساختهای

144. Comic opera

145. Law of Multiple Proportions(= قانون نسبتهای اضافی)

مولکولی فرضیه‌هایی را ترتیب دهند و به محك آزمایش بزنند. تازگی نیز شواهد مستقیمی دربارهٔ پراکندگی مکانی اتمها در بعضی از ترکیبات شیمیایی بدست آمده است. خواص جسم مرکب، تنها به طبیعت و شمارهٔ اتمهای تشکیل دهنده‌اش بستگی ندارد، بلکه به چگونگی ترکیب آنها نیز وابسته است؛ چنانکه از جهت محاسبهٔ ریاضی، الکل اتیلیك و دی متیل اتر با فرمول C_2H_6O نشان داده می‌شود؛ حال آنکه این دو، ماده‌های شیمیایی متفاوتی هستند و ساخت مولکولی آنها به ترتیب از چپ به راست با فرمول نشان داده شده است.



اکنون ساختهای بسیاری از مولکولها بقدری شناخته شده است که مدلهای سه بعدی آنها را می‌توان ساخت.

این پیشرفتها زمینهٔ رشد گستردهٔ شیمی و صنعت شیمیایی سدهٔ ۱۹ را فراهم آورد. مرحلهٔ دیگری که شیمی وارد آن شده است، توجه به ساخت برقی اتمهاست. این مرحله مشابه (و در عین حال محصول طبیعی) توجهی است که در سدهٔ ۱۹ به ساخت اتمی مولکولها می‌کردند. این مرحله به شناخت سازوکار ترکیب شیمیایی انجامیده است. امروزه شیمیدانان غالباً می‌توانند به اعتبار ساخت مواد، خواص آنها را پیش‌بینی کنند یا پیشاپیش بگویند موادی که خواص مورد نیاز را داشته باشد، چگونه باید ترکیب کرد.

۱۲ زیستشناسی و دیدگاههای مکانیکی

ویلیام هاروی و کشف گردش خون

مدرسهٔ پزشکی پادوا

کولومبو و مالپیگی

دیدگاه مکانیکی همان اندازه در زیستشناسی شایستهٔ توجه است که در طبیعیات سدهٔ ۱۷ در خور اعتنا بود. در آن عصر گرایش بران بود تا موجودات زنده و بویژه جانوران را چون ماشین بینگارند و با توجه به بنیادهای نوین ئیدروستاتیك (علم تعادل مایعات) و دینامیك (علم تغییرات حرکت) به بررسی آنها بپردازند. الفونسو بورلی که به عنوان پیشگام نظریهٔ گرانش پیشتر با نام او آشنا شدیم، کتابی دربارهٔ مکانیك دویدن، جهیدن، پرواز کردن و شناکردن نوشت.[۱۴۶] دکارت بدن انسان و

146. *De Motu Animalium*. Rome, 1680 - 81.

حیوان را چیزی بیش *از* ماشینهای دقیقی که عیناً برطبق قانون فیزیکی کار می‌کند، نمی‌دانست. اعتقاد مذهبی دکارت وی را واداشته بود تا برای پیکر ماشینوار انسان به نَفْسی که جایگاه شعور باشد قایل شود، اما با آنکه تن منزل نَفْس بود، کاملاً جدا از یکدیگر بودند و می‌شد تن و نفس را مستقل از هم بررسی کرد. همان طور که دیدیم، مشکلی که دکارت در توضیح کنشهای متقابل تن و نفس داشت، او را به فرضیهٔ عجیب تقارن روانشناختی راه برد. دکارت جانوران را که به نظر او به ماشینهای خودکار می‌مانستند، دارای نفس یا ذیشعور نمی‌دانست. از این رو، او در رده‌بندی پدیده‌های طبیعی، مشخص‌ترین مرز را میان نوع انسان و سایر پدیده‌های طبیعی کشید. تجربه نشان داده که مرزبندی نامنعطف رشته‌های علمی کار بخردانه‌ای نیست، اما اگر قرار باشد مرزی کشیده شود، مطمئناً تلقی جدید براین است که این مرز میان پدیده‌های جاندار و بی‌جان کشیده شود.

بدون شك گسترش چنین دوگرایی فراگیری، ساده‌انگاشتن بیش از اندازهٔ معضل بزرگ زیست است. ما ناگزیریم چشم و جان را همراه یکدیگر در نظر آوریم. راه بررسی مناسب این موضوع هیچ‌گاه نمی‌تواند در جدایی کامل جنبه‌های جسمانی و روانی باشد. بنابراین، جداپنداشتن این دو از هم در دوره‌ای از زمان به علم خدمت کرده است. پیشرفت علمی غالباً تدریجی است و از توجه و دقت صبورانه به هدفهای کاملاً محدود فرامی‌آید. گاهگاه ترکیب بزرگی پدید می‌آید؛ نتیجه‌های کاوشهای محدود و فراوان به گونه‌ای کنار هم قرار می‌گیرد که تصویر منسجمی از قلمروی گسترده‌تر پدیدار می‌گردد. با آنکه ممکن است انسان براین عقیده باشد هرکاری که می‌کند جزئی از طرح علمی گستردهٔ آینده را تشکیل خواهد داد، اما کار جاری و روزمرهٔ او، بررسی مسائل جزئی است و او *ماهیت* ترکیب این اجزاء را پیش‌بینی نمی‌کند. جدایی ساختگی دوجنبهٔ اصلی زیست نمی‌توانست مشخصهٔ ثابت طرح علمی باشد، اما همین جدایی زمانی راه پیشرفتهای اصیلی را در یکی از شاخه‌های فرعی علم گشود؛ حال آنکه کوششهایی که برای بررسی این دو جنبه به عنوان یك کل به کار می‌رفت، رشد نایافته و ناموفق بود. هم اکنون نشانه‌هایی دیده می‌شود که تن ـ کارشناسی (فیزیولوژی) و روانشناسی می‌توانند از پاره‌ای جهات به گونه‌ای ثمربخش با هم یکی شوند، اما لازم بود که این دو علم نخست جدا از هم به پختگی و کمال می‌رسیدند.

پیروزی بزرگ تن ـ کارشناسی سدهٔ ۱۷ در قلمرو مکانیك حیوانی، کشف گردش خون به وسیلهٔ ویلیام هاروی بود. کشف گردش خون در حوزهٔ مربوط به خود همان اندازه مهم بود که کشف گردش زمین از سوی کوپرنیك؛ هرچند کشف گردش خون بازتاب کشف کوپرنیك را در بیرون از حوزهٔ علم نداشت. کشف گردش خون کلید حل بسیاری از مسائل را به دست داد و در پیکر تن ـ کارشناسی همان روحی را دمید که دیدگاه خورشید ـ مرکزی در کالبد اخترشناسی دمیده بود. هنگامی که به جزکتهای قلب و گردش خون پی بردند، برای شناختن اعمالی چون تنفس و گوارش راه باز شد. کار خون با وظیفه‌هایی تك تك اعضای بدن چنان پیوند نزدیکی دارد که پیشرفت جدّی

در زمینهٔ تن ـ کارشناسی بدون شناخت درستی از کار خون تقریباً ناممکن بود.

هاروی مانند نیوتون به پیشینیان خود دَین بسیار داشت و همانند او از پیشینیان خود فراتر رفت. دانشمندان باستان از ارسطو و جالینوس گرفته تا اسکندرانیها، دانش کالبدشناسی (آناتومی) پرغنایی به جا گذاشتند که بیشتر آن دقیق بود. کالبدشناسی در عصر رنسانس و بویژه در ایتالیا پیشرفت کرد؛ کشوری که بهترین مدرسهٔ پزشکی جهان را در شهر پادوا[۱۴۷] داشت و آنجا که لئوناردو داوینچی شگفتی‌آورترین شکلهای کالبدشناختی را که گاه انگیزهٔ هنری و گاه انگیزهٔ علمی داشته، رسم کرده است. هاروی در پادوا به تحصیل پزشکی پرداخت و در همان جا با روحیهٔ مستقل آندرئاس وسالیوس[۱۴۸] بنیانگذار کالبدشناسی نوین آشنا شد. احاطه بر روش و تازه‌ترین اطلاعات کلی مربوط به کالبدشناسی و تن ـ کارشناسی را در پادوا به دست آورد و همینها او را برای پژوهش پیرامون مسئله‌ای اساسی که سرانجام به حل آن توفیق یافت، مجهز ساخت. مسئلهٔ موردنظر هاروی تنها با آزمایش روی جانوران یا کالبد انسان زنده (در جریان عمل جراحی) حل می‌شد. او این نکته را یادآوری می‌کند که یکی از رایجترین اشتباهاتی که تن ـ کارشناسی را به بیراه برده بود ـ این اشتباه که کار سرخرگها را فرو بردن هوا[۱۴۹] می‌انگاشتند ـ ناشی از این تجربهٔ عمومی بود که تشریح جانداران به خونریزی و مرگ آنها می‌انجامید.

هاروی مدعای خود را با چنان منطق استواری عرضه داشته که در کار او تردید نمی‌توان کرد.[۱۵۰] او ساخت و کار بخشهای گوناگون دستگاه خون بدن را بررسی کرده است. سپس فرضیه‌ای طرح کرده و بر بنیاد آن، طرز کار خون را به روش تجربی رسیدگی کرده است. هاروی نشان داد انقباض قلب با انبساط سرخرگها همراه است. و این بدان معناست که یا (الف) انقباض قلب، خون را در درون سرخرگها به جریان می‌اندازد یا (ب) انبساط سرخرگها، خون را ازقلب می‌مکد. هاروی با مشاهدهٔ اینکه پاره شدن سرخرگ (اگر سرخرگ نیروی مکش داشته باشد، پس با پاره شدنش این نیرو مطمئناً از بین می‌رود) جریان خون را کند نمی‌کند، به این نتیجه رسید که مورد (الف) بایستی درست باشد. بنابراین، منبسط شدن قلب تلمبه‌ای عضلانی است که نیروی محرك دستگاه خونی بدن را تامین می‌کند.

طرح بخشهای اشکارتر دستگاه خونی پستانداران که محصول کشف کالبدشناسی است، در

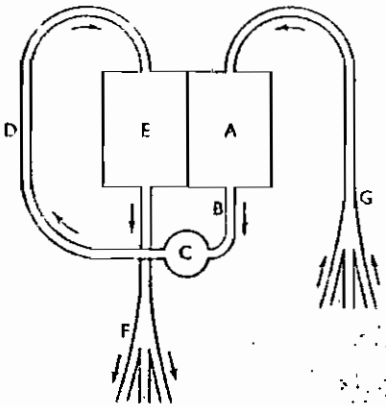
147. Padua 148. A. Vesalius

۱۴۹. در زبان انگلیسی به سرخرگ artery می‌گویند که از ریشهٔ یونانی arteria گرفته شده و با واژهٔ aorta (آئورت) از ریشهٔ یونانی aeirien (به معنای کشیدن یا فروبردن هوا) خویشاوندی دارد. اشارهٔ نویسنده به ریشه‌شناسی این واژه و نشان دادن خطایی است که معنای ریشه شناخت واژه نیز گواه آن است. ـ م.

۱۵۰. او کتاب خود را نخستین بار در سال ۱۶۲۸ و به زبان لاتینی انتشار داد. ترجمهٔ عنوان کتاب او این است: *The Motion of th Heart and Blood in Animals* [حرکت قلب و خون در جانوران. ـ م.]

شکل ٦٢ نشان داده شده است (نخواستیم شکل حقیقی اندامها نشان داده شود.) قلب با جداری نفوذناپذیر به دو حفرهٔ A و E تقسیم می‌شود. A و E دو تلمبهٔ نیروی جداگانه و کنار همند، اما E که تلمبهٔ سمت چپ است، نیرومندتر از A است. رگهای B و D از راه ریه‌ها A (C) و E را به یکدیگر مرتبط می‌کنند. سرخرگ (F) که از E سرچشمه می‌گیرد، با شاخه‌هایش خون را در سراسر بدن پخش می‌کند، اما سیاهرگ (G) خون را از سراسر بدن به درون A می‌ریزد. گردش خون یکسویه است و تنها در جهتی حرکت می‌کند که نوک پیکانهای شکل ٦٢ نشان می‌دهند.

شکل ٦٢



سرخرگهایی که خون را از قلب بیرون می‌برند، محکمتر از سیاهرگهایی هستند که خون را به قلب می‌آورند. از آن گذشته، سیاهرگ برخلاف سرخرگ دریچه‌ای ندارد که مانع از بازگشت خون شود. معلم هاروی که هیرونوموس فابریکیوس[151] نام داشت، در سال ۱۵۷٤ شرحی از این دریچه‌ها داده بود، اما هاروی نخستین کسی بود که به کار دریچهٔ آنها به دقت پی برد (درواقع طرز کار این دریچه‌ها، بیش از هر عامل دیگری الهام‌بخش اکتشاف هاروی بود). هاروی با پرسش در این‌باره که نتیجهٔ *کار* این دریچه‌ها چه می‌تواند باشد، اندیشه‌های تازهٔ خود را پروراند. و این یکی از موردهای نادری است که علم با تحقیق در علت غایی پیش رفته است. پادوایی دیگری به نام کولومبو[152] گذر خون از A به E از راه C را کشف کرد، اما او به اشتباهی دچار شد و پنداشت که خون هم از راه سرخرگها بیرون می‌آید و در سراسر بدن پخش می‌شود و هم از طریق سیاهرگها.

هاروی پس از اثبات گردش خون، که همواره مسیر GABCDEF (از G تا F) را سپری می‌کند، با رسیدگی به دو پرسش به واپسین اکتشافش راه یافت: خون از کجا به درون G می‌آید؟ خون درون F به کجا می‌رود؟ او کاهش حجم قلب را ــ بدین معنی که با هر ضربان مقداری خون از

151. H. Fabricius 152. Colombo

قلب بیرون می‌رود ــ نتیجهٔ انقباض آن دانست. او حجم خونی که با هر ضربان از قلب خارج می‌شود، در دفعات ضربان قلب ضرب کرد و مقدار خونی که در ۲٤ ساعت از G گرفته و به F داده می‌شود، اندازه گرفت. هاروی دریافت این مقدار خون بیش از آن است که در چنین مدتی کوتاه از راه غذا به دست آید، یا صرف رشد و تغذیهٔ بافتهای بدن شود. به سخن خود او «بدیهی است نه دستگاه گوارش می‌تواند این مقدار را هضم کند و نه این مقدار برای تغذیهٔ بدن لازم است.»

تنها یك استنباط ممکن می‌نمود: با این حجم خون، امکان جریان مستمر خون *تازه* از سرچشمه به محل مصرف نیست، پس باید راهی باشد تا خونی که از F بیرون رانده می‌شود، بتواند به G بازگردد. گردش بی‌درنگ چنین جریان عظیمی از خون، در تمام مدت و در *یك* جهت، تنها تبیین بود.

اما هاروی نظریه‌اش را، یعنی اینکه همهٔ خونی که با رشته‌های سرخرگ از قلب بیرون برده می‌شود با رشته‌های سیاهرگ به قلب بازمی‌گردد، تنها پایهٔ همان استدلال منطقی قرار نداد. هرچند که آن استدلال بسیار نیرومند بود. او دست به آزمایش (تجربی) دیگری زد. ثابت کرد سرخرگ هرچه به قلب نزدیکتر باشد، منبسطتر و هرچه از قلب دورتر باشد، منقبض‌تر است؛ حال آنکه در سیاهرگها عکس این صادق است.

هاروی می‌دانست که انتهای سرخرگها و سیاهرگها به هم راه دارند، اما نمی‌توانست ردّ این راه را پیدا کند. این راه با مالپیگی[153] که در سال ۱٦٦۱ مویرگهای بسیار ریز را دید، کشف شد.

کشف هاروی بنیادی بود، زیرا با گذشت زمان وظیفهٔ خون به عنوان وظیفهٔ حمل و نقل در بدن معلوم شد. خون، غذا و اکسیژن را در سراسر بدن پخش می‌کند، ضایعات را گرد می‌آورد و به اندامهای دفع کنندهٔ مناسب می‌رساند. آگاهی از این واقعیتها، تنها مبنای ممکن برای تن‌کارشناسی دقیق بود.

153. Malpighi

فصل نهم

سدهٔ نوزده و اندیشه‌های تطوّرگرا

۱ درامد انقلاب علمی

دو دستاورد، اساسی‌ترین دستاوردهای انقلاب علمی بود: نخست، ابطال آن دسته از مفهومهای نادرست یونانی که در خلال قرون وسطا جسته و گریخته و تنها به طریق دست دوم فراچنگ آمده و بدون بحث و نقادی در زمرهٔ آرای مدرسی قرار گرفته بود؛ دوم، احیای روحیهٔ یونانی تحقیق آزاد ــ روحیه‌ای که از ویژگیهای حوزهٔ علمی اسکندریه بود ــ به جای ریزه‌خواری خوان مراجع. نوآرایی نظریهٔ اتمی از سوی دالتن، نظریه‌ای که مدتی بس دراز از آن غفلت کرده بودند، نشانهٔ پایان دوره‌ای است که با کوپرنیک آغاز شده بود. با آنکه ریاضیات، اخترشناسی، نورشناسی و مکانیک ازادی خود را تا پایان سدهٔ ۱۷ بازیافتند، اما مفهومهای منسوخ شیمی تا پایان سدهٔ ۱۸ سخت جانی کردند.

اما حدود سال ۱۸۰۰ علوم طبیعی همهٔ مشخصات فرضی صورتها و روشهای نوین علمی را با خود داشتند. سدهٔ ۱۹ عصر تحکیم این علوم بود. برنامهٔ گستردهٔ پیشرفت همه جانبه که بر پایهٔ کارهای بنیادی انقلاب علمی استوار بود، در سدهٔ ۱۹ تکمیل شد؛ و در همین حال، علوم مختلف در درون طرح علمی بزرگی تا اندازهٔ زیادی یکپارچه شدند. به موازات آن، پیشرفت علم محض با فن‌شناسی (تکنولوژی) صنعتی پیوند نزدیکتری یافت. آغاز دورهٔ انقلاب صنعتی ــ رشد صنعت شیمیایی مستقل، کاربرد نیروی بخار در استخراج معدن و ابزارهای ماشینی در صنایع پارچه بافی ــ یا واپسین مرحلهٔ انقلاب علمی همزمان شد. از آن پس، نتایج پژوهشهای علمی بیش از پیش در صنعت به کار رفت و در عین حال با ابزارهای فنی که صنعت در خدمت هدفهای دانشمندان قرار داد، بنیهٔ پژوهش علمی قوّت گرفت. هر چند ضرورتی نیست که پیشرفتهای فنی را به تفصیل دنبال کنیم، اما مهم است بدانیم چگونه فن‌شناسی در ۱۵۰ سال گذشته علم را در محاصرهٔ خود گرفته است. با آنکه راه بیشتر کوششهایی که هدفهای فنی را دنبال می‌کنند جداست، اما حجم کل آثار علمی چنان رشد هنگفتی داشته که دانش محض با سرعتی بمراتب بیشتر از سرعت گذشته

اندوخته شده است. در هر حال، جست‌وجوی دانش محض غالباً به طرزی به کاربردهای فنی پیش‌بینی نشده انجامیده، که اکنون حتی سوداگران به پشتیبانی یا تامین هزینهٔ چنین پژوهشهایی مشتاق هستند. از سوی دیگر، پژوهشهایی که هدفهای فنی را پی می‌گیرند، به دانش محض ــ که محصول جنبی آنهاست ــ پیوسته دست می‌یابند.

۱ برق گالوانی، ولتا، دیوی، فاراده ، اورستد، آمپر الکترومغناطیس آزمایش ژول و قانون بقای انرژی زبك، هلمهولتس، کلاوزیوس، کلوین ترمودینامیك شیطان خیالی مکسول

پیش از آنکه به موضوع اصلی این فصل، یعنی تاثیر تطور بپردازیم، لازم است به اقدامهایی که در سدهٔ ۱۹ علوم طبیعی را با یکدیگر یکپارچه ساخت، توجه کنیم. درجای خود به اتّحادی که بیشتر از پژوهشهای پیرامون برق و گرما ناشی شده، خواهیم پرداخت.

از دورهٔ یونان باستان، برق ساکن را که براثر اصطکاك پدید می‌آید، می‌شناختند. حتی طالس از خواص کهربا آگاه بود و می‌دانست کهربا براثر مالش، چیزهای کوچك را به خود جذب می‌کند. بررسی منظم برق ساکن با گیلبرت آغاز شد و از زمان او تاکنون به نکته‌های بسیاری دربارهٔ آن پی برده‌اند. فرانکلین ثابت کرد که آذرخش پدیده‌ای برقی است؛ و همزمان با او، پریستلی، کوندیش و کُولُن[1] کشف کردند که نیروی میان بارهای برقی، مانند کرانش از قانون عکس مجذور پیروی می‌کند. با آزمایشهایی که اویجنی گالوانی[2] تن ـ کارشناس ایتالیایی در سال ۱۷۸۶ انجام داد، به امکان گردش مداوم (یا جریان) برق پی برده شد. گالوانی دریافت اگر میله‌های فلزی از جنسهای مختلف به هم متصل شوند و با پاهای قورباغه تماس پیداکنند، عضلات پای قورباغه تکان می‌خورد. ایتالیایی دیگری به نام آلساندرو وُلتا[3] گفت نیرویی که از این راه تولید می‌شود، نه براثر عضلات قورباغه، بلکه نتیجهٔ اتصال فلزهای ناهمجنس است. ولتا از ورقه‌های روی، مس و کاغذ آغشته به نمك، پیل ساخت. شدت تاثیر پیل ولتا بیشتر از میله‌های فلزی گالوانی بود. پیل ولتا، نخستین باتری برقی بود. در آغاز گمان می‌کردند نیروی پیل ولتا از همان منشاء نیروی ناشناختهٔ میله‌های پیشی است و به همین جهت نام «گالوانیسم»[4] را برآن گذاشتند.

بزودی آشکار شد که کشف گالوانیسم بیشتر برای فیزیك و شیمی مهم است تا برای تن ـ کارشناسی. ولتا و عده‌ای دیگر به طرز متقاعدکننده‌ای ثابت کردند گالوانیسم چیزی جز برق در

1. Coulomb 2. L. Galvani 3. A. Volta 4. galvanism

حرکت نیست. باتریهای کارآمدتری ساخته شد و دانشمندان بسیاری با شور و شعف به بررسی اثرات جریان برق پرداختند و دانستند جریان برق می‌تواند بسیاری از ماده‌های شیمیایی را تجزیه کند. سر هامفری دَیوی[5] تقریباً بیدرنگ به کمك برقکافت (الکترولیز)[6] فلزهای قلیایی: پتاسیم و سدیم را تجزیه کرد. برزلیوس گفت عنصرها در ترکیبهای شیمیایی براثر نیروی برق با هم جمع می‌شوند. فاراده (مایکل فَرَدی، ۱۷۹۱ تا ۱۸۶۷) همکار دیوی در انجمن سلطنتی انگلستان، قانونهای کمّی الکتروشیمی را کشف کرد. برای مثال، او کشف کرد اگر جریان برق معیّنی در مدت زمان معیّن برقرار باشد، در یك زمان نقره ازاد می‌کند و در زمانی دیگر، کلر. مقدار نقره و کلر ازاد شده به نسبتی است که این دو عنصر به صورت شیمیایی با یکدیگر ترکیب خواهند شد.

هانس کریستیان اوُرستِد[7] در سال ۱۸۲۰ کشف کرد جریان برق برعقربهٔ مغناطیسی که در نزدیکی جریان باشد، تاثیر می‌گذارد. در اختراع تلگراف برقی از این خاصیت استفاده شد؛ اختراعی که از اهمیت نظامی، سیاسی و اجتماعی عظیمی برخوردار است. اما آندره ـ ماری آمپر[8] و فاراده نکته‌های مهمتری در کشف اورستد یافتند. آنها به پیوندهایی که میان برق و مغناطیس هست، از هرجهت پی بردند و از این رو، علمی را که امیزه‌ای از آن دو است و الکترومغناطیس[9] نام دارد، پدید آوردند. دو آزمایش فاراده، ماهیت و اهمیت نتایج به دست آمده را نشان می‌دهد. او کشف کرد هرگاه آهنربا در نزدیکی سیم‌پیچ حرکت کند، جریان برق در سیم پیچ پدید می‌اید. پس کار مکانیکی می‌تواند تولید جریان کند. این کشف فاراده راه تولید برق به مقیاسهای عظیم را گشود: دینامو[10] ماشین ساده‌ای است که سیم پیچ درون آن در نزدیکی چند آهنربا می‌چرخد. او نیز کشف کرد که قطع و وصل جریان برق در سیم پیچ، در سیم پیچ دیگری که در میدان برقی سیم پیچ اوّل قرار داشته باشد، اما وصلِ به آن نباشد، جریان برق را القاء[11] می‌کند. این کشف به فنّی برای تبدیل جریان زیاد با فشار کم و به جریان کم با فشار زیاد و برعکس انجامید ــ فنّی که در توزیع اقتصادی نیروی برق استفادهٔ بسیار دارد. موتور برقی که از جریان برق کار مکانیکی ایجاد می‌کند، برپایهٔ کشف آمپر ساخته شده است. جریان برق بر جریان دیگر برق و نیز براهنربا نیرو وارد می‌کند. مهندسی نوین برق یکسره محصول این کشفیات است. پیش از این دیدیم کار ریاضی مکسول چگونه الکترومغناطیس را بطرزی شگرف به نورشناسی پیوست و امکان تلگراف بدون سیم را نشان داد.

پیوند دیگری که از اهمیت نظری و عملی برخوردار است، با این کشف آشکار شد که جریان برق با عبور از اجسام رسانا[12] آنها را گرم می‌کند. بیش از چند سال از حرکت غیرعادی پای قورباغه

5. Sir H. Davy 6. electrolysis 7. H. C. Orsted 8. A - M. Ampère
9. electro - magnetism 10. dynamo 11. induction 12. conductor

نگذشته بود که مجموعه‌ای از پیوندهای متقابل زایا و شگفتی‌آور میان الکترواستاتیک، گرما، نورشناسی، مغناطیس، شیمی و مکانیک و جزآنها کشف شد.

در این میان، بررسی گرما به اصل مهم و یگانه‌ساز بقای انرژی انجامید. از بررسیهایی که پیرامون بلندکردن وزنه‌ها به عمل آمد، مفهوم دقیق «کار» در علم مکانیک ناشی شد. مقدار کاری که برای بلند کردن یك کیلوگرم به ارتفاع یك متر و در راستای قائم لازم است، یك کیلوگرم متر است. هرگاه جسمی به وزن X کیلوگرم به ارتفاع Y متر بلند شود، کار انجام شده XY کیلوگرم متر است. مفهوم انرژی (کارمایه) از کار گرفته می‌شود: انرژی دستگاه مکانیکی، توانایی انجام کار آن دستگاه است. جسمی که از زمین بلند شده باشد یا فروافتادن، فنری که فشرده شده باشد با بازشدن، چرخ لنگر دورگرفته با بازگشت به حالت سکون، می‌توانند کار انجام دهند. هرسه جسم دارای انرژی هستند. به انرژی جسم بلند شده یا فنر ــ که به وضع و حالت آن نیز بستگی دارد ــ انرژی پتانسیل[13] می‌گویند. به انرژی چرخ لنگر ــ که به حرکت آن بستگی دارد ــ انرژی جنبشی[14] می‌گویند. این دوگونه انرژی قابل تبدیل به هم‌اند. می‌توان انرژی پتانسیل فنر را به انرژی جنبشی عقربه‌های ساعت تبدیل کرد. دوچرخه‌سواری که خود را به بالای بلندی رسانده است و آنگاه سرازیر می‌شود، انرژی پتانسیل را به انرژی جنبشی تبدیل می‌کند و بالعکس.

پیداست کار مکانیکی که صرف مالش اجسام به هم شود، می‌تواند گرما تولید کند؛ و اختراع موتورهای بخار نشان داد گرما می‌تواند کار مکانیکی تولید کند. مهندسان دورهٔ انقلاب صنعتی که به افزایش کارایی ماشینهایشان توجه داشتند، به این پرسش علاقه‌مند بودند که از هرمقدار معین گرما چه اندازه کار می‌توان گرفت. این پرسشها به علم گستردهٔ ترمودینامیك انجامید. پیشگام علم ترمودینامیك، ژول (جیمز پرسکت جول[15] ۱۸۱۷ تا ۱۸۸۹) شاگرد دالتن است.

ژول مقدار گرمایی که بتواند دمای یك پاوند آب را یك درجه افزایش دهد، واحد گرما فرض کرد. او آب را با چرخ پره‌داری که در آب می‌گشت، گرم کرد. چرخ پره‌دار براثر سقوط وزنه به گردش درمی‌آمد. ژول با بررسی از بین رفتن گرما ثابت کرد مقدار کار معین همیشه مقدار گرمای معین تولید می‌کند. او نتیجه گرفت ۷۷۲ پا ـ پاوند کار برابر با یك واحد گرماست. مقدار پذیرفته شده، ۷۷۸ است؛ اما اشتباه محاسبهٔ ژول ناچیز است. نکتهٔ مهم در اثبات ژول این است که گرما تنها به طور مبهم به کار مکانیکی نسبت داده نشده، بلکه گرما با آهنگ ثابت و محاسبه‌پذیری قابل تبدیل به کار است. آزمایش ژول نشان داد گرما عملاً نوعی از انرژی است. این نتیجه‌گیری با نظریهٔ جنبشی بخوبی سازگار است. برپایهٔ نظریهٔ جنبشی، گرما می‌تواند انرژی جنبشی پنهان مولکولهای درحال حرکت سریع باشد. طبعاً عمل اصطکاك و مالش، حرکت مولکولی را تشدید می‌کند و نتیجتاً دما را

13. potential energy 14. kinetic energy 15. J. P. Jule

بالا می‌برد.

ژول هنگامی که اثر حرارتی جریان برق را آزمایش کرد، به نتیجه‌ای همانند دست یافت. او کشف کرد مقدار معیّن برق که از رسانای معینی بگذرد، مقدار گرمای ثابتی تولید می‌کند. چون قبلاً دانستیم این گرما با مقدار معینی انرژی مکانیکی هم‌ارز است، پس این نتیجه به دست می‌آید که جریان برق نیز هم‌ارز مکانیکی ثابتی دارد. اورستد، امپر و زودتر از همه فاراده ثابت کردند انرژی مکانیکی مستقیماً به برق تبدیل‌پذیر است و *بالعکس*. توماس یوهان زیبك[16] در سال ۱۸۲۲ ترموکوپل[17] (دماجُفت) را کشف کرد و با این کشف، تبدیل مستقیم انرژی مکانیکی به برق نشان داده شد. دو سیم فلزی از دو جنس مختلف که به هم وصل شده باشند، مدار بسته‌ای را تشکیل می‌دهند. اگر یکی از نقطه‌های اتصال گرم شود، در حالی که نقطهٔ دیگر اتصال سرد بماند، جریانی در مدار ایجاد می‌شود.

مشاهده‌هایی از این نوع، ژول و هرمان هلمهولتس[18] را متقاعد ساخت که انرژی شکلهای گوناگونی دارد؛ مانند انرژی کشسانی، گرانشی، گرمایی، جنبشی، برقی، مغناطیسی، تابشی، شیمیایی و جز آنها. نبودن نوعی از انرژی همواره با پیدایش *مقدار معیّنی* از نوع دیگر بهمراه است. انرژی نابود و آفریده نمی‌شود، بلکه تنها از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌گردد. تجربهٔ بیشتر در یکایك رشته‌های علمی این اصل را ثابت کرده است. این اصل در شکل نخستینش که دربارهٔ هم‌ارزی مکانیکی انرژی و گرما بود، همان قانون اوّل ترمودینامیك است. اما در شکل کلی‌ترش و با توجه به همهٔ انواع انرژی، قانون بقای انرژی است. از این رو، علم ترمودینامیك، به قانونی بظاهر کلی دست یافته که بر تمام امور طبیعی ــ حتی امور زیستی ــ حاکم است. این قانون، قانونی مکانیکی، اخترشناختی یا تن ـ کارشناختی نیست؛ حتی قانونی الکتروشیمیایی یا ترمودینامیکی یا ترموالکتریکی هم نیست، بلکه بدون تردید قانونی *علمی* است که بر همهٔ زمینه‌های علوم طبیعی حاکم است. این قانون نه تنها رشته‌های گوناگون علوم طبیعی را با یکدیگر مرتبط می‌کند، بلکه علوم طبیعی و زیستی را نیز یگانه می‌سازد. لازمهٔ چرخهٔ کربن، مبادلهٔ مداوم انرژی ــ تبادل انرژی تابشی به شیمیایی در کار فوتوسنتز گیاهان ــ است؛ تبدیل انرژی شیمیایی به گرمایی و جنبشی در جانورانی که زندگیشان به محصول فوتوسنتز گیاهان بسته است.

چون ترمودینامیك با کسانی مانند هلمهولتس، رودلف کلاوزیوس[19] و کلوین گسترش یافت، اصل عمومی و گستردهٔ دیگری در ترمودینامیك پیدا شد. این اصل می‌گوید هرچند انرژی اتمی نمی‌تواند نابود شود، اما می‌تواند پراکنده و نامنظم گردد و سرانجام به هدر رود. انرژی تنها در صورتی برای جانداران و بویژه انسان ارزشمند است که برای نگاه داشتن گرما، حرکت دادن اجسام

16. T. J. Seebeck 17. thermocouple 18. H. Helmholtz 19. R. Clausius

سنگین ــ مثلاً بدن خود یا مواد مورد نیازشان ــ میسر باشد. دستیاب بودن انرژی برای تامین چنین هدفهایی به سازمان آن بستگی دارد: ما به انرژی‌ای نیاز داریم که به نحو مناسب و در جای مناسب متمرکز یافته باشد.

دو مثال می‌تواند به روشن شدن این نکته کمك کند. جسم سنگین در حال حرکتی را که دارای انرژی جنبشی است، می‌توان طوری هدایت کرد که کار مفید انجام دهد. حال فرض کنید این جسم به چند گونی پر از شن برخورد کند و از حرکت بازایستد. انرژی جنبشی از بین نمی‌رود، بلکه به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و گونیهای شن را قدری گرم می‌کند. بنابراین، حرکت سازمان یافتهٔ مولکولها که در یك امتداد است به هم می‌خورد و تبدیل به حرکتی آشفته می‌شود. انرژی هنوز هست، اما دیگر نمی‌تواند به همان مقیاس و مانند پیش بر جهان بیرون تاثیر بگذارد، زیرا سازمان انرژی نمی‌تواند بازگردد. انرژی در میان ذرات ریز آن دو جسم کاملاً تقسیم شده است و حرکتهای درهم و برهم این ذرات نمی‌تواند در خدمت مقصود مشترکی باشد.

یا اینکه دستگاهی را درنظر بگیرید که بخشی از آن گرم و بخشهای دیگر نسبتاً سرد باشد. این گونه حالت، تصادفی نیست. مولکولهای دستگاه با سرعتهای مختلف حرکت می‌کنند. اگر عامل تصادف در کار بود، سرعت حرکت چنین عدهٔ زیادی از مولکولها به یك نسبت و دمای بخشهای مختلف دستگاه نیز به یك اندازه بود. تراکم حرکت سریعتر مولکولها در یك بخش از دستگاه، نشانهٔ روشنی از وجود سازمان است. دانشی که از موتورهای حرارتی داریم، نشان می‌دهد حالت سازمان یافته‌ای از این نوع شرط لازم کار دستگاه است. تنها اگر گرما بتواند از جسم داغ به جسم سرد سرایت کند، موتورهای حرارتی می‌توانند کار مکانیکی مفید انجام دهند. موتورهای حرارتی نمی‌توانند کرمای سازمان نیافته را ــ بدین معنی که گرما به صورت یکنواخت پراکنده شده باشد ــ به کار گیرند.

اصل عمومی دوم ترمودینامیك این است که هرچند انرژی جهان ثابت می‌ماند، اما درجهٔ بی‌سازمانی آن همواره میل به افزایش دارد.[۲۰] دربارهٔ منشاء چنین سازمانی که از گذشته بوده، سخنی نیست، اما مشاهده نشان می‌دهد فرایندهای طبیعی مانند احتراق و سرایت گرما از اجسام گرم به سرد، پیوسته سازمان را به هم می‌زنند. تجدید سازمان در موردهای جزئی نامتداول نیست و غالباً درکار موجودات زنده دیده می‌شود. فوتوسنتز نمونهٔ گویایی از تجدید سازمان است، اما روند کلی همواره به سوی بی‌سازمانی است: به سوی آن گونه پراکندگی یکنواخت انرژی که باید انتظار بروز آن را به حسب تصادف داشت. گفته‌اند روند کلی به سوی بی‌سازمانی، اساساً روندی محتوم است که زمان، یگانگی ظاهری امتداد خود را با آن نگاه می‌دارد. افزایش *کلی* سازمان می‌تواند

۲۰. به این مرتبهٔ بی‌سازمانی، گاه انتروپی entropy می‌گویند.

چون بازگشتی به گذشته جلوه کند، اما ما چنین افزایشی را تجربه نمی‌کنیم.

این موضوع پرسشهایی را پیش می‌آورد که از حوزهٔ صلاحیت علم بیرون است. اصل عمومی دوم ترمودینامیك می‌گوید سیر جهان به سوی حالتی است که همهٔ انرژی به حرکت سازمان نیافتهٔ ذرات جزء جهان تبدیل خواهد شد. امور بزرگ جهان که لازمه‌اش رفتار هماهنگ شدهٔ ذرات بسیار است، به تدریج کم بسامدتر و سرانجام متوقف خواهد شد. طرحی که جهان را این سان پرشور و فسون ساخته ناپدید خواهدشد. پایان جهان یکنواختی ابدی خواهد بود. بی‌خدایان اینرا دستاویز قرار می‌دهند و دلیلی بر نبودن خداوندی خیر می‌دانند. پاسخی که مخالفان بی‌خدایان می‌دهند، این است که اگر در گذشته سازمانی پدید آمده، پس احتمال اینکه در آینده بازسازمانی‌پدید آید، هست. تجدید سازمان در توان موجودی تواند بود که از موهبت توانایی ذهنی کاملاً هوشمندانه‌ای برخوردار باشد. شیطان خیالی مکسول در استانهٔ دری که میان دو اتاق باز می‌شود ایستاده است. از آن دو اتاق، یکی خالی و دیگری از ذره‌های گاز پر است. حرکت ذرات گاز بدون سازمان، تصادفی، تند و کند و آشفته است. هنگامی که ذرهٔ تندروی نزدیك می‌شود، شیطان در را بازمی‌کند و می‌گذارد وارد اتاق خالی شود. اما اگر ذرهٔ کند روی نزدیك شود، در را به روی آن می‌بندد. سرانجام گاز گرم در یك اتاق و گاز سرد در اتاق دیگر گرد می‌آید، اما انرژی باز قابل مبادله است. شاید این تشبیه خیالپرورد بتواند تجدید سازمانهای پراکنده‌ای را که همواره با زندگی پیوسته است، نشان دهد. تجدید تراکم انرژی به خار و خاشاکی می‌ماند که گرد می‌کنیم تا با آن آتشی برافروزیم. دست آخر پای قدرت اراده و انتخاب و بظاهر کار و کوشش فکری در میان است. تصادف که طبیعتش درهمی و آشفتگی است، نمی‌تواند عامل تجدید سازمان باشد.

۴ دگرگونیهای یکنواخت، متناوب و اتفاقی در سدهٔ ۱۹ — دگرگونی و پیشرفت تطورگرایی

ار. و. ساوثرن[۲۱] در فصل پنجم کتابش چنین عبارتی دارد:[۲۲]

> در ژرفناکترین مدارج تجربه، درکنه ذات خداوند و نظام عالم که نظر اندازید و با بینشی نو در تواناییها وناتوانیهای بشردقت‌کنید، خواهیددیدکه‌چرخ بازیگرتاریخ‌تاکیدوتوجیه‌خودرادارد هرکس تاریخ علم سدهٔ ۱۹ را با این حکم ارزیابی کند، احتمالاً رشد اندیشه‌های تطورگرا را چون جنبشی که بیشترین اهمیت را داشته، خواهد دید. پیشرفتهای فنی و فکری در علوم طبیعی تاثیرات

21, 22 R. W. Southern. *The Making of the Middle Ages.*

اشتند، اما زیستشناسی و جنبهٔ تطورگرایانه‌اش بود که براستی سدهٔ ۱۹ را تکان داد؛ که اخترشناسی سدهٔ ۱۷ را ارزانده بود. جهان اندیشه سراسر به پا خاست؛ مجادله‌های و دشمنیهای بسیاری برانگیخته شد. آشفتگی در سیاست، فلسفه، ادبیات، جامعه‌شناسی ۱۹ آشکارا پیداست.

ای تطورگرا بدون آنکه با مقاومتی روبرو باشند، از راه اخترشناسی و ژمینشناسی به علم تند. اهمیت واقعی این اندیشه‌ها تنها وقتی آشکار شد که به طور جدی در زیستشناسی د. پیش از آنکه به بحث پیرامون رشد این اندیشه‌ها بپردازیم، لازم است چند نکتهٔ کلی رگونی[۲۳]، ثبات[۲۴] و پیشرفت[۲۵] بیان داریم.

ممکن است یکنواخت باشد یا متناوب یا اتفاقی. دگرگونی یکنواخت[۲۶] هنگامی روی همهٔ تغییرهای جزئی در یك جهت باشند؛ به گونه‌ای که حتی اگر خود تغییرات کوچك جام تأثیر آن انباشته و نیرومند است. دگرگونی متناوب[۲۷] آن گاه روی می‌دهد که تغییرها نونه‌ای داشته باشند؛ بدین معنی حالت معینی که یك بار پیدا شده، باید در زمانی دیگر ار شود. دگرگونی اتفاقی[۲۸] هنگامی رخ می‌دهد که وقوع تغییرهای جزئی ــ که احتمالاً ت بزرگ یا کوچك باشند ــ از راههای متفاوت صورت گیرد. این سه نوع دگرگونی را ترتیب به سه نمونهٔ زیر تشبیه کرد: دگرگونی یکنواخت، چون پایان گرفتن یك بازی نی متناوب، مانند نوسان اونگ؛ و دگرگونی اتفاقی به تغییر نقشهای خوش نقش‌نما وب)[۲۹] می‌ماند.

یکنواخت محض، تداول ندارد. اما اگر اکثریت تغییرهای جزئی در یك سو باشد، تأثیر ، یکنواخت خواهد بود. این همان دگرگونی است که معمولاً به هنگام بررسی طبیعی که یکنواخت می‌نمایند، با آنها برخورد می‌کنیم. بنابراین، اگرچه در برخی از دست دادن گاه به گاه انتروپی هست، به دست آوردن انتروپی قاعده‌ای کلی و فراگیر ن رو، تغییر انتروپی در سراسر جهان مشهود، دقیقاً یکنواخت است.

دیگر، دگرگونی متناوب، متداول است. برای مثال، ارتعاش دیاپازون یا حرکت ظاهری وب است. نیز چیزهای بسیاری هست که تقریباً دستخوش دگرگونی متناوب است. ییر فصلها از سالی به سال دیگر عیناً یکسان نیست، اما برای بیشتر مقاصد عملی دگرگونی را چون دگرگونی متناوب به شمار آورد.

دگرگونی متناوب، حفظ نوعی ثبات پویاست. نوسان از یك کران به کران دیگر

23. change 24. stability 25. progress 26. monotonic cha
27. periodic change 28. random change 29. kaleidoscope

هست، اما میان دوکران حالت میانگینی برقرار است که دستگاه دستخوش حرکت متناوب، میل ثابتی برای بازگشت به آن حالت دارد. اگر به نوسانی که تناوب آن طولانی باشد برای مدت نسبتاً کوتاهی توجه شود، ممکن است شبههٔ دگرگونی یکنواخت پدید آید. این شبهه به نیوتون القا شد و پنداشت تغییرات تدریجی (در خروج از مرکز و زاویهٔ میل) مدار سیارگان انباشته شده و ممکن است منظومهٔ خورشیدی را از هم بگسلد. اما لاپلاس که توانسته بود دیدگاه گسترده‌تری اختیار کند، دانست که آن دگرگونیها متناوب است.

نوسان متناوب گاه در حدّ میانه‌ای روی می‌دهد، که خود آن حدّ دستخوش دگرگونی یکنواخت است. برای مثال، میانگین جمعیتی که روزهای تحلیل به تفریحگاه می‌روند، به تدریج در طول چند سال افزایش می‌یابد، اما در درون همین دگرگونی یکنواخت، نوسانهای فصلی هم هست. در این گونه موردها که بی‌نظمی نوسانهای فصلی به ویژه بسیار بزرگ است، غالباً دگرگونی مهمتر که همان دگرگونی یکنواخت باشد، ممکن است از نظر پنهان بماند.

اگر دگرگونی اتفاقی گسترده باشد، می‌تواند ثبات بسیار زیادی پدید آورد. بهتر است این گفتهٔ خلاف آمد را با مثالی بیان کنیم. فرض کنید در اتاقی که حجم آن ۱۰۰ مترمکعب باشد، زنبور خشمگینی را رها کنیم. طبیعتاً زنبور شروع به پرواز در اطراف اتاق می‌کند. چون تغییر سرعت و جهت حرکتش اتفاقی است، به هیچ روی نمی‌توان پیش‌بینی کرد زنبور در هر لحظهٔ معین از زمان در کدام نقطهٔ اتاق است. حال فرض کنید یك میلیون زنبور خشمگین در همان اتاق باشد. در این حال با اطمینان زیاد می‌توان پیش‌بینی کرد که در هر لحظهٔ معین و در هر گوشه از اتاق، هزاران زنبور در هر مترمکعب هست. یا فرض کنید کسی ساعت شماطه‌ای را با چشم بسته کوك کند. او نمی‌داند ساعت چه وقت زنگ می‌زند. اما اگر یك میلیون ساعت شماطهٔ کوك شده در اطراف او باشد، مطمئناً در مدت ۱۲ ساعت صدای متّصل زنگ ساعتها را خواهد شنید. البته *احتمال* اینکه ساعتها با هم زنگ بزنند یا برای مثال به مدت ۵ دقیقه هیچ ساعتی زنگ نزند، هست. اما مطمئناً می‌توان امکان وقوع چنین اتفاقاتی را نادیده گرفت. زیرا در برابر رقم یك میلیون، چنین احتمالاتی بسیار ناچیز است.

اینها نمونه‌هایی از یکنواختی آماری است. چنین یکنواختی کلی، ناشی از رفتار اتفاقی امور بسیار زیادی است. این یکنواختی را با اطمینانی بیش از سایر پدیده‌های طبیعی می‌توان پیش‌بینی کرد. با فزونی شمارهٔ اجزاء، اطمینان نیز افزایش می‌یابد. در این باره نمونه‌های طبیعی بسیاری هست؛ به ویژه این نکته دررفتار گازها آشکارا پیداست. در شرایط عادی، هر سانتی‌مترمکعب گاز شامل حدود $۲/۷\times۱۰^{۱۹}$ مولکول است که حرکت آنها اتفاقی است.[۳۰] مولکولهای گاز که دارای حرکت سریع

۳۰. اگر مولکولهای یك سانتی‌متر گاز به طور یکنواخت در فضای آزاد پراکنده شود، در حجمی به اندازهٔ حجم اتاق

...تند، دیواره‌های محفظه را پیوسته از درون بمباران می‌کنند. فشار گاز نتیجهٔ همین بمبارانهاست. باری که گاز بر هر نقطه وارد می‌کند، به شدّت بمباران گاز بستگی دارد. با اطمینان عملی می‌توان ...بینی کرد فشار گازدر همهٔ نقاط به یك اندازه است: به این دلیل ساده که هرگاه تعداد این اندازه ...اد باشد، احتمالِ (قابلِ محاسبهٔ) تفاوتِ محسوس ناچیز است.

دگرگونی و پیشرفت را نباید با هم خلط کرد: پیشرفت متضمن دگرگونی هست، اما دگرگونی ...ماً متضمن پیشرفت نیست. پیشرفت تنها زمانی مطرح است که رسیدن به مقصودی یا مطلوبی ...میان است. مقصود، به داوریِ ارزشیِ اخلاقی، استحسانی یا اقتصادی بستگی دارد و کار علم ...ست. بنابراین، موضوع پیشرفت، موضوع علمی محض نیست.

این نکته‌ها به حل ناهمسازی ظاهری کمك می‌کند. پیداست که جهان دستخوش دگرگونی ...ت. اگر دگرگونی نمی‌بود، هیچ رویدادی نبود. حال اگر در صدد تحقیق برآییم و ببینیم در جهان ...حال ثبات زندگی می‌کنیم یا در عالم دستخوش دگرگونی، ظاهراً تحقیق ما چند اهمیت خواهد ...شت. می‌پرسید چه طور؟ پاسخش ساده است: ما به واژهٔ «دگرگونی» در مضمونهای متفاوت ...ناهای متفاوتی نسبت می‌دهیم. وقتی از دگرگونی جهان (در برابر ثبات) سخن می‌گوییم، مرادما ...سان متناوب یا مجموعه‌ای از حرکتهای اتفاقی که اثر یکدیگر را کاملاً خنثا سازند نیست، بلکه ...صود ما دگرگونی مداوم و یکنواخت است. برای دانشمندانی که پیرامون دنیای کنونی مطالعه ...کنند، طبیعی است از اینکه آیا چنین دگرگونیهایی همیشه بوده یا همه چیز همواره بدان سان که ...نون هست وجود داشته، به شگفتی درآیند: شاهدهایی که در همهٔ رشته‌های علمی، به ویژه در ...شناسی و زیستشناسی در دست است، تردید زیادی دربارهٔ این پاسخ به جا نمی‌گذارد. در گذشته ...رگونیهای بسیار ژرفی روی داده و هنوز هم دگرگونیها در حال روی دادن است. پرسشهای فرعی ...اهمیتی مطرح است: آیا دگرگونی فاجعه‌آسا و ناگهانی (کاتاستروفیك)[31] که در گذشته روی داده، ...جهٔ تغییرات دفعی بزرگ بوده یا اینکه دگرگونی، حالات تطوّری داشته و فرایند مستمر آن را تنها ...دوره‌ای دراز می‌توان دید؟ اگر دگرگونی گذشته تطوّری بوده، از چه اصلی پیروی می‌کرده است؟ ...دلیلی هست که از وجود قصد و غایتی حکایت کند؟ در هر صورت، آیا دگرگونیهای گذشته ...ضمن پیشرفت بوده‌اند؟ این پرسشها که از پرسشهای آشنای فلسفهٔ یونانی است، در دورهٔ دراز ...طهٔ حکومت ارباب کلیسا توجه چندانی را متوجه خود نساخت، اما در سدهٔ ۱۹ از نو طرح گردید و ...یشه‌ها را به خود مشغول داشت. این پرسشها با مضمونی عاطفی مطرح شد و همین عامل سبب ...دید تا از موضوعهای کاملاً نوی که پژوهش علمی با بیطرفی به آنها می‌نگریست، جدا باشند.

...سولی حزاران مولکول گاز خواهد بود.

31. catastrophic

پاسخهای علمی، مانند پاسخهای علمی زمان گالیله، با تعبیر ظاهری نص کتاب مقدس تعارض داشت. البته انگلستان آن دوره صحنهٔ اصلی کش‌مکشهای مذهبی شده بود و این کش‌مکشها بیشتر از بنیادگرایی[32] ریشه می‌گرفت تا از مذهب کاتولیك. مردم سدهٔ ۱۹ اروپا دربارهٔ منشاء خود سردرگم شده بودند، همان طور که در سدهٔ ۱۷ دربارهٔ جایگاه کیهانی خود کلافه شده بودند. متفکران سیاسی دست راستی و دست چپی، اندیشه‌های تطورگرایانه را با مقاصد خود سازگار می‌دیدند. خشم صادقانهٔ گلادستون[33]، نیش و کنایه‌های بی‌حساب دیزریلی[34] و ویلبرفورس[35]، شطحیات نیچه و مجادله‌های تند تامس هنری هاکسلی[36] براتشی که برافروخته بود، دامن می‌زد؛ اما چارلز رابرت داروین[37] درخت شیرین بار یا تلخ ثمر خود را در انزوای علمی می‌کاشت.

۴۵ فرضیهٔ سحابی لاپلاس و کانت فرضیهٔ جیمز جینز فرضیهٔ نواختری
امکان یا عدم امکان زندگی در سیارگان دیگر

با فرضیهٔ سحابی لاپلاس و کانت، اندیشهٔ تطورگرا در علم نوین بردیگر اندیشه‌ها برتری یافت. فرضیهٔ سحابی محصول غریزهٔ مکانیکی لاپلاس و شمّ ترتیب قیاسهای تشبیهی کانت است. این فرضیه به همان نحوی که طرح شد باقی نماند، اما با اصلاحاتی که در آن راه یافته، هنوز فرضیه‌ای زنده است. لاپلاس و کانت ریخت و حرکت کنونی منظومهٔ خورشیدی را با این فرض بیان داشته‌اند که منظومه در آغاز، ابر گازی شکل فروزان و چرخانی بوده است. هرشل سحابیهای بسیاری را کشف کرده بود، پس طبیعی می‌نمود که بپندارند برخی از سحابیها می‌توانند چنین منظومه‌های خورشیدی دیگری باشند. مانند ابری که پس از سردشدن، چگال و چین خورده شده، به جرم سیّال متراکمتری تبدیل گردیده و بتدریج به خورشید بیشتر شبیه شده باشد. احتمالاً عزم زاویه‌ای[38] آن ثابت مانده و با کاهش اندازه‌اش افزایشی در سرعت چرخشش پدید آمده است. با گذشت زمان،

---

32. fundamentalism 33. Gladstone 34. Disraeili 35. Wilberforce
36. T. H. Huxley 37. Ch. R. Darwim

۳۸. angular momentum. می‌توان عزم زاویه‌ای را به «کمیّت چرخش» تعبیر کرد. در منظومهٔ جدا افتاده، درجهٔ ثبات این کمیّت با قوانین نیوتون تعیین می‌شود. و این بدان معنی است که در چنین منظومه‌هایی کاهش اندازه لزوماً به افزایش سرعت زاویه‌ای angular velocity می‌انجامد. اگر وزنهٔ کوچکی را به رشته‌ای بیاویزید و رشته را به دور انگشتان بچرخانید، خواهید دید هرچه از شعاع رشته کاسته شود، بر سرعت چرخش وزنه افزوده می‌شود.

چرخش منظومه با اندازه‌ای سریع شده که نیروی جاذبه دیگر نتوانسته آن را با هم نگاه دارد. پس، تکه‌های کوچکی از آن جدا گشته و با سرعت سرد و منجمد شده است. احتمالاً هر منظومهٔ خورشیدی ــ خورشید بزرگ در مرکز، گردا گردش سیارگان کوچک و سرد که همه به یك معنی در حال گردشند ــ چنین تطوری داشته است.

بررسیهای ریاضی تازه‌تر نشان داده این احتمال هست که براثر چگالش ابرهای کیهانی و سحابیها، کهکشان ستارگان تطور یافته باشد، اما توالی رویدادهایی که لاپلاس و کانت گمان می‌کردند، در مقیاس کوچکی چون تشکیل یك منظومهٔ خورشیدی، ممکن نیست. به همین دلیل سرجیمز جینز پنداشت ممکن است با گذر اتفاقی خورشیدی از نزدیکی ستاره‌ای دیگر و براثر کشش گرانشی آن ستاره، سیارگانی از آن خورشید جدا شده باشند. اما ظاهراً ترکیبات شیمیایی زمین با ترکیبات خورشید تفاوتهای بسیار دارد، بویژه نسبت ئیدروژن خورشید بمراتب بیشتر است. نظریه‌هایی که زمین را پارهٔ جداشده‌ای از خورشید فرض می‌کنند، اکنون کمتر مورد توجه‌اند. یك نظریهٔ کاملاً متفاوت دیگری نیز مطرح شده است. هرچند گاه ستارگان تازه‌ای ناگهان پدیدار می‌شوند و سپس فرو می‌میرند. یا نقطه‌هایی نورانی با درخششی تابناك و زودگذر از صحنهٔ آسمان ناپدید می‌شوند. چنین ستارگانی که منفجر می‌شوند، نواختر[39] می‌گویند. انفجار نواختران به اندازه‌ای شدید است که در مدتی کوتاه درخشندگی آنها با درخشش سراسر کیهان برابر است. گفته‌اند ممکن است خورشید روزگاری پاره‌ای از ستاره‌ای دوگانه (مزدوج)[40] بوده است و ستارهٔ همراه آن مانند نواختران منفجر شده و بیشتر تکه‌های آن به فضا پرتاب شده است، اما چند تکه‌ای که به جا مانده، اکنون چون سیارگان به گرد تنها خورشید می‌چرخند.

نظریه‌های تازه در اخترشناسی، حدس و گمانهایی را پیرامون زندگی دراختران دیگر برانگیخته است و این از جمله مسائل رازناك است. بیش از گمان زنی‌های آمیخته به شك و تردیدی که برپایهٔ دانش محدود و فرضهای مشکوك استوار باشد، کاردیگری از ما ساخته نیست. زندگی در هر شکلی که می‌شناسیم، تنها در قلمرو محدود و خاصی از شرایط طبیعی امکان شکفتن دارد. باید دما به اندازه‌ای باشد که آب بتواند به حالت مایع درآید و ترکیبات آلی اصلی تجزیه نشود ــ چون این ترکیبات در گرمای زیاد تجزیه و متلاشی می‌شوند. باید جوّی آکنده از اکسیژن و انیدرید کربنیك باشد. میدان گرانشی باید به اندازهٔ کافی قوی باشد تا این جوّ را با خود نگاه دارد؛ اما در عین حال آن قدر هم نیرومند نباشد که جانداران زیربار وزن آن، ثبات یا تحرك خود را از دست بدهند. بنابراین، در شرایطی که ستارگان دارند، بدون تردید زندگی ممکن نیست، اما امکان وجود آن، تنها در برخی از کونه‌های سیارگان هست؛ از اینها گذشته، نباید اندازهٔ سیاره و فاصله‌اش از خورشید از

39. nova 40. double star

حدود معینی تجاوز کند. پس امکان زندگی در سیارگان دیگر، بستگی به این دارد که آیا سیارهٔ دیگری که کم و بیش شبیه زمین باشد، هست یانه. اگر چنین سیارگانی باشند، پس دلیلی ندارد که زندگی، همان گونه که در زمین پیدا شده، در آنها پدید نیامده باشد. چشم‌انداز بخشهای دیگر منظومهٔ خورشیدی ما امیدبخش نیست. زهره و مریخ تنها سیارگان منظومه هستند که امکان زندگی در آنها هست. شرایط این دو سیاره به ظاهر تنها برای زندگی ابتدایی گیاهی مساعد است.[41] آیا منظومه‌های دیگری مانند منظومهٔ خورشیدی ما هست؟ فرضیهٔ لاپلاس ـ کانت براین است که تطور خورشید طبیعتاً با تطور منظومهٔ خورشیدی همراه است و فراوانی نظامهای سیارگان به اندازهٔ خورشیدهاست. بنابراین، اگر سیارگان حتی شباهت دوری به زمین داشته باشند، مجموع آنها زیاد خواهد بود. این فرضیه مناسب بحثهای نظری برونو دربارهٔ بسیاری جهانهای مسکون بود. فرضیهٔ جینز به نتیجه‌ای مخالف با فرضیهٔ لاپلاس ـ کانت می‌انجامد. ستارگان چنان از هم دورند که احتمال نزدیك شدن دو ستاره به هم تقریباً به اندازهٔ احتمال رسیدن دو چوب پنبهٔ شناور در اقیانوس اطلس به یکدیگر است. برپایهٔ این فرضیه، سیاره کمیاب است و سیاره‌ای که مانند زمین باشد، بمراتب کمیابتر است. نظریهٔ نواختری ما را به سر جای اوّلمان بازمی‌گرداند. نواختران، چه آنها که در سحابیهای مارپیچی و چه آنها که در کهکشان دیده شده‌اند، فراوانند. در عین حال، ستارگان دوگانه نیز بسیارند. پس احتمال پیدایش گاه به گاه منظومه‌های سیاره‌ای هست.

۵ تطوّر زمین

کاتاستروفیسم و اونیفورمیسم — برآوردهای سن زمین

چارلز لایل — چارلز داروین — الفرد والاس

تطوّر افلاك در مقیاس بزرگ، موضوعی است پر راز و فسون، اما شواهدش ناملموس و نا مستقیم. هرچه در این باره گفته شود، همواره با بحث نظری شبهه‌ناك درآمیخته است. تنها هنگامی که نگاه خود را به زمین برمی‌گردانیم، می‌توانیم پرسشهایی را که دربارهٔ دگرگونیهای گذشته، اکنون و آینده است، با جامعیتی که لازمهٔ داوری پایدار علمی است بررسی کنیم. این پرسشها با وجود اهمیت کیهانی ناچیزشان، در مقیاس زمینی به مسئلهٔ مورد توجّه انسانی مبرمی بازمی‌گردند که ما را برمی‌انگیزد تا برداشتی جدّی از آنها داشته باشیم. شاهد براستی مطمئنی که از دگرگونی بزرگی

۴۱. آخرین چاپ متن اصلی کتاب، پیش از اکتشافات فضایی سالهای ۸۰ است. با اکتشافات اخیر، اطلاعات تازه‌تر و دقیقتری به دست آمده است. خوانندگان علاقه‌مند ناگزیرند تحصیل اکتشافات را در نشریه‌های تخصصی بخوانند. ــ م.

درگذشته حکایت کند، زمینشناختی است. تنها گمان دقیقی که می‌توان زد این است که کهکشان روزگاری ابری از گازهای فروزان بوده است. اما دشوار بتوان پنداشت که خود زمین از آنچه هست، بسیار متفاوت بوده باشد. لایه‌های سطحی زمین، بازماندهٔ جانداران سنگواره شده‌ای را در خود دارد که فعلاً ناشناخته‌اند؛ رسوبات دریایی در خشکیهای دوردست کشف شده است؛ شکل و ریخت صخره‌های سخت سنگی حکایت از آن دارد که روزگاری ماده‌ای مذاب بوده‌اند. این گونه شاهدها که پیشتر ناشناخته بودند، با کوشش طبیعیدانانی سدهٔ ۱۸ و ۱۹ ــ طبیعیدانانی که بیشترشان دوستگاران (اماتورهای) با قریحه‌ای چون گیلبرت ویلیام سابرنی[۴۲] یا فن هومبلت[۴۳] سیّاح آلمانی بودند ــ به تفصیل و به مقدار زیاد گردآوری شده است.

هرچند دربارهٔ دگرگونیهای بزرگ در سطح زمین تردید ممکن نیست، اما در باب ماهیت و علل دگرگونیها اختلاف نظر هست. کاتاستروفیستها[۴۴] براین گمان بودند که تغییرات عظیم ــ تغییراتی که با دوره‌های طولانی دگرگونیهای کوچك از هم جدا می‌شود ــ هرچند گاه سطح زمین را زیر و زبر کرده و زندگی را به نابودی کشانده است. جانداران پس از هر توفانی یا زلزله‌ای از نو آفریده شده‌اند. آنها لایه‌های گوناگون زمین و سنگواره‌های خاص هر لایه را شاهد مدعای خود می‌آوردند. فرض براین بود که آن لایه‌ها مدفن موجودات خاصی هستند که سیل و توفانهای پیاپی رشتهٔ زندگی آنها را بریده است.[۴۵] از سوی دیگر، اونیفورمیستها[۴۶] (تطوّرگرایان نخستین را با این نام می‌نامیدند) براین عقیده بودند که دگرگونیهای سطح زمین، یکسره ناشی از کنش تدریجی علتهایی بوده که هنوز ادامه دارد، مانند فرسایش، فعالیت عادی آتشفشانی، پوسیدن در خاك و جز آن. این عقیده اگر نه صریحاً بلکه تلویحاً بران دلالت دارد که اشکال زندگی از فرایند یکسان تغییرات تدریجی نتیجه شده و هریك از این اشکال، محصول آفرینشی جداگانه نیست.

چون در سدهٔ ۱۸ و اوایل سدهٔ ۱۹ توجه به زمینشناسی برای نخستین بار رواج یافت، کاتاستروفیسم نه تنها در میان اکثریت مردم فرهیخته، بلکه بین بسیاری از دانشمندان متنفّذ چون کُوویه[۴۷] در فرانسه، ورنر[۴۸] در آلمان و باکلند[۴۹] در انگلیس، با استقبال روبه‌رو شد. این کار دو دلیل عمده داشت: نخست آنکه آشتی دادن کاتاستروفیسم با اعتقاد به درستی علمی کتاب مقدس آسان بود. سفر پیدایش بر بسیاری از اعمال آفرینش جدا از هم اشاره‌های آشکار دارد، و از آن گذشته، دست کم شرح یك توفان بزرگ ــ توفان نوح ــ در کتاب مقدس آمده است. بنابراین، یك گرایش این بود که کاتاستروفیسم را با دینداری و شریعت پیوند دهند، حال آنکه می‌پنداشتند تطوّر پیام‌آور

42. G. William of Selborne 43. Von Humboldt 44. catastrophists

۴۵. این شاهد به ظاهر علمی سفر پیدایش آتش خشم ولتر ستیهنده را برمی‌افروخت.

46. uniformists 47. Cuvier 48. Werner 49. Buckland

بدعت یا الحاد است. دوم آنکه مشکل جدّی زمان مطرح بود. علتهایی که تطوّرگرایان برای دگرگونیهای گذشته قایل بودند ــ علتهایی که هنوز به قوت خود باقی‌اند ــ به آهستگی بسیار عمل می‌کنند. تبیین تطورگرایانهٔ تاریخ زمین اقتضا می‌کند که زمین دیرینگی بسیار داشته باشد و چنین تبیینی در سدهٔ ۱۸ همان اندازه باورنکردنی می‌نمود که پهناوری شگرف کیهان در روزگار کوپرنیك و برونو باورنکردنی نموده بود. حتی تا نیمه‌های سدهٔ ۱۹ گاهشماری[۵۰] مسیحی، گاهنامهٔ اسقف ارشلم جیمز آشر[۵۱] بود. تتبّعات آشر در کتاب مقدس او را متقاعد ساخته بود که زمین در سال ۴۰۰۴ ق‌م خلق شده است. حجّیت نیوتون نیز بر مرجعیت آشر مزید شده بود. زیرا اگرچه نیوتون برخی از روشهای اخترشناسی را در گاهشماری به کار برده بود، اما او هنوز این روشها را فرع بر روشهای مبتنی بر کتاب مقدس می‌دانست. شاید نیوتون به ارقامی که جناب اسقف ارائه کرده بود، گاه به دیدهٔ تردید نگریسته باشد، اما او از روشهای متکی بر کتاب مقدس مسیحیان جانبداری می‌کرد و اعتقاد داشت نتایجی که از این راه بدست آید، درست است. حتی هنگامی که فیزیکدانان سدهٔ ۱۹ با برآوردهای خردپذیرتری از سن زمین به کمك شتافتند، باز آن برآوردها از هر حیث یقین‌آور نبود. مدت زمانی را که فیزیکدانان پیشنهاد می‌کردند، با معیارهای تطورگرایانه دور از اعتدال می‌نمود و حتی پیدابود که خود فیزیکدانان به برآوردهای خودشان اعتماد چندانی نداشتند. برای مثال، در سال ۱۸۶۲ کلوین با توجه به آهنگ سرد شدن زمین نتیجه گرفت زمین کمتر از ۲۰۰ میلیون سال پیش در حالت جامد بوده است. چون کلوین بعدها برآورد خود را به ۲۰ تا ۴۰ میلیون سال کاهش داد، دانسته شد آنچه فیزیك در این موضوع اظهار داشته، هنوز بسیار ناموثق است. برآورد فیزیکدانان از سنخ شاهدهای مستقلی نبود که تطورگرایان بتوانند به کمك آنها با مخالفان سختگیر خود رویارویی کنند. تطوّرگرایان نخستین ناگزیر بودند که حکم مسیحیّت را گردن نهند و بیکرانی زمان را بپذیرند، چنانکه کوپرنیکیان نخستین ناگزیر از پذیرفتن بیکرانگی فضا بودند.

ایراد دیگری که بر دیرینگی گزاف زمان زمینشناختی می‌گرفتند، این بود که تابش خورشید در زمانی چنین دراز را ناممکن می‌دیدند. کار مایهٔ لازم برای تابش از کجا تامین می‌شد؟ راه حلهای قانع‌کنندهٔ این گونه مسائل بتازگی پیدا شده است. با بررسی کاهش تشعشع عناصر رادیواکتیو پوستهٔ زمین هم اکنون می‌توان دربارهٔ سن زمین برآوردهایی مطمئن‌تر، و درعین حال بمراتب عظیمتری به عمل آورد؛ گو اینکه فیزیك هسته‌ای سرچشمهٔ بی‌پایان گرمای خورشید را آشکار ساخته است. اما با همهٔ اینها، اکنون و در آینده نیز جای شگفتی نیست که پیشروان تطوّر در سدهٔ ۱۸، مانند جیمز هاتن[۵۲] زمینشناس ادین بارویی، ژرژ ـ لویی بوفون[۵۳] و ژان ـ باتیست لامارك[۵۴]

50. chronology 51. J. Ussher 52. J. Hutton 53. G. L. Buffon

54. J. B. Lamarck

طبیعیدانان فرانسوی، تأثیر چنان اندکی بر روزگار خود گذاشته‌اند. باز جای شگفتی نیست که چرا مردانی چون چارلز لایل[۵۵] و چارلز داروین نهایت کوشش خود را به کار بستند تا در عرصهٔ تفکّر، تطوّر را به نیروی واقعی تبدیل کنند و پیش از آنکه دعوی خود را مطرح سازند، خود را ناگزیر دیده بودند انبوهی از شاهدهای دقیق را گردآورند. آنها باید چون افسونگران «در چیزهایی که روح و معنا نداشت، روح و معنا می‌دمیدند.» آنان از دام و مهلکه‌ای که بر سر راهشان گسترده بود، دردمندانه آگاه بودند؛ و کیاستی که در نوشتن مطالب خود به کار بستند، همان قدر حساب شده و دقیق بود که نمونه‌های بسیار را گرد آورده بودند.

سر چارلز لایل زمینشناسی را نزد باکلند کاتاستروفیست مشرب در اکسفرد آموخت، اما بزودی به دیدگاه تطوّرگرا گرایید. این گرایش تا اندازه‌ای نتیجهٔ *نظریهٔ زمین* هاتن[۵۶] و بخشی نیز حاصل کشفیاتی[۵۷] بود که او و دوستش جورج پاولت سکروپ[۵۸] در سفرهای علمی خود داشتند. کتاب او که *اصول زمینشناسی*[۵۹] (۱۸۳۰ تا ۱۸۳۳) نام دارد، بر تطورگرایان بزرگی که راهش را دنبال کرده‌اند، تأثیر عمیقی نهاده است. موضوع اصلی کتاب این است که می‌توان دگرگونیهای گذشته در سطح زمین را با تأثیر تدریجی علتهایی که هنوز در کارند، تبیین کرد ــ نیازی هم به علتهای دیگری که تغییرات را پدید آورده باشند نیست. داروین که به عنوان طبیعیدان با کشتی *بیگل*[۶۰] (متعلق به نیروی دریایی انگلیس) سفر می‌کرد، کتاب لایل را در خلال سفر اکتشافی جنوب امریکا خواند. او هیچ گاه دین خود را به آن کتاب از یاد نبرد و همیشه نیز بر آن تأکید داشت. داروین بموقع به انگلستان بازگشت (۱۸۳۶) تا لایل و سکروپ را در دفاع از دیدگاههایشان در برابر انجمن زمینشناسی لندن یاری دهد. مخالفت با چنین دیدگاههایی هنوز شدّت داشت، اما از آن پس، پذیرش کلی تطوّر به عنوان اصلی که بر جهان *غیرالی* حاکم باشد، موضوعی بود که تنها به عامل زمان بستگی داشت.

اگر لایل از چگونگی تطور موجودات زنده در شگفت نمی‌بود، امکان نداشت تطوّر در زمینشناسی را با این دقت بررسی می‌کرد. او برای آنکه رویارویی اجتناب‌ناپذیر بر سر اندیشهٔ اصلی کتابش را به وخامت نکشاند، از تأکید بیش از اندازه بر تطور جانداران خود داری کرد. اما صداقت و صراحت لهجهٔ او مانع از آن بود که این نکته را یکسره مسکوت بگذارد. خوانندگان کتابش بیدرنگ متوجه تعریض و تلمیح اشاره‌های او شدند. در جبههٔ تعصّب نشانه‌هایی از اعتراض دیده می‌شد، اما برق کتاب اندیشهٔ کسانی چون داروین، والاس و هاکسلی را روشن ساخته بود. داروین با فروتنی که از

55. Ch. Lyell 56. Hutton's Theory of Earth

۵۷. به ویژه کشفیات حاصل از بررسی تأثیرات آب.

58. G. P. Scrope 59. *Principles of Geology* 60. Beagle

صفتهای اخلاقی او بود، براستی آماده بود که افتخار کتاب *منشاء انواع*[۶۱] را با لایل نصف کند. دو مشکل اصلی برسر راه بود: نخست، اثبات *واقعیت* تطوّر زیستشناختی در گذشته و حال؛ دوم، نشان دادن علتهای تطوّر. داروین پرداختن به آن دو مشکل را به عنوان دو موضوع جدا از هم کاری بی‌ثمر می‌دانست. به نظر او تنها راه قانع ساختن مردم جهان، ارائهٔ داده‌های واقعی تردیدناپذیر و توضیح قانع‌کننده *به همراه* هم بود. لامارك عقیدهٔ خود را به تطوّر جانداران بیان داشته بود، اما داده‌های واقعی او ناکافی و توضیح او تردیدپذیر بود. بوفون نیز موضوع را به مجامله برگزار کرده و از خود همان تأملی را نشان داده بود که دکارت دربارهٔ اخترشناسی کوپرنیکی نشان داده بود. عدهٔ دیگری هم در آن باره به بحث نظری پرداختند، اما بحثهایشان مبهم‌تر از آن است که جدّی گرفته شود.[۶۲] علتهای دگرگونی کنونی در پوستهٔ زمین بخوبی پیداست. کاری که لایل باید می‌کرد این بود که ثابت کند این علتها برای تبیین دگرگونیهای گذشته کفایت می‌کند. علتهای تطوّر زیستشناختی کمتر پیداست و اگر مدعی باشیم حتی اکنون این علتها کاملاً فهمیده می‌شوند، سخنی به گزاف رانده‌ایم.

داروین و الفرد راسل والاس[۶۳] مستقل از یکدیگر به مفهوم اصلی گزینش طبیعی[۶۴] ــ که راه نظریهٔ نوین تطور را هموار ساخت ــ دست یافتند. شباهت خلاّق اندیشهٔ آن دو می‌تواند از مطالعهٔ کتاب *اصول زمینشناسی* لایل و *تحقیق دربارهٔ جمعیت* تامس رابرت مالتوس[۶۵] پدید آمده باشد. والاس از سال ۱۸۵۸ و از هنگامی که در جزیره‌های هند شرقی بسر می‌برد، این اندیشه را در سر داشت. او شمّه‌ای از اندیشه‌های خود را برای داروین نوشت. داروین از ۱۸۴۲ به نتایجی همانند با نتایج والاس دست یافته بود، اما به جای آنکه اندیشهٔ خود را منتشر کند، به کار سترگ ترتیب و تنظیم شاهدهایی که به تفصیل فراهم آورده بود، پرداخت. والاس از این موضوع بی‌اطلاع بود. شاید رقابتی از همان دست که میان نیوتون و لایبنیتز وجود داشت، میان این دو نیز برقرار بود. اما اگر چنین رقابتی هم بوده، خویشتن‌داری و گشاده‌نظری طرفین، آنها را از ابراز آن بازداشته است. سرانجام بر سر این نکته توافق حاصل شد که گزارش والاس و یادداشتهای اولیهٔ داروین را در برابر انجمن لینه[۶۶] با هم بخوانند. داروین برای نوشتن کار عظیمی که طرح آن را در سر داشت، آماده نبود. اما به ترغیب دوستان، چکیده‌ای از آن را نوشت که در سال ۱۸۵۹ با عنوان *منشاء انواع*

۶۱. *The Origin of Spicies*. این کتاب ــ البته از روی ترجمهٔ فرانسه‌اش، نه از متن اصلی ــ به فارسی ترجمه شده است: *منشاء انواع*. ترجمهٔ نورالدین فرهیخته، تهران، شبگیر، ۱۳۵۷. ــ م.

۶۲. جالب است که یکی از این اشخاص، گوتهٔ شاعر بود. عدهٔ شاعران علمی، شاعرانی که لوکرتیوس، عمر خیام و رابرت بریجز نمونه‌های انهایند، خیلی کم است.

63. A. R. Wallace 64. natural selection 65. T. R. Malthus. *Essay on Population.* 66. Linnean Society

انتشار یافت. بیشتر تفصیلاتی که او از این کتاب کنار گذاشت، بعدها در کتابهای جداگانه‌ای منتشر شد. والاس که از خود با عنوان «جوان عجول» یاد کرده، همواره بر سهم عمدهٔ داروین در آن موضوع تاکید ورزیده است.

۶ تنوع، پرورش گزینشی و طبیعی لینه و جان ری رده‌بندی جانداران مالتوس و جمعیت تنوع و تنازع بقاء *منشاء انواع*

کتاب *منشاء انواع* نخست به بررسی شواهد تنوع[67] ــ پیدایش گاه‌به‌گاه افرادی از یك نوع که از پاره‌ای جهات نسبت به سایر همنوعان خود تفاوتهای بارز (یا حتی اندك) دارند ــ می‌پردازد. داروین بیشتر شاهدهای کتاب را از پیشینه‌هایی که در کشتی بیگل نگاه می‌داشت، و از تجربه‌های خود در کار تکثیر کبوتر و پرورش گیاهان در باغچهٔ خانهٔ خود، برگرفت. اما او به مشاهده‌های خود بسنده نکرد و با سگبازان، واسبداران و دامپروران باب مکاتبه گشود. کتابهای سیاحان و طبیعیدانان را خواند و یادداشت برداشت؛ در جستجوی اطلاع به دیدار دانشمندان دیگر ــ مردان برجسته‌ای چون سرجوزف هوکر[68] متخصص گیاهشناسی و تامس هنری هاکسلی متخصص جانورشناسی ــ شتافت.

داروین با آنکه پیدایش بظاهر همگانی تنوع را امری ثابت شده شمرده، اما یادآوری کرده است که باید تنوع را واقعیتی تجربی دانست و به همین حد بسنده کرد، زیرا دانش کنونی ما علتهای این تنوع را کشف نکرده است. در واقع او تاکید خود را براین دلیل که تنوع در بعضی شرایط مشخص‌تر از شرایط دیگر است، نهاده است. بنابراین، با تغییر محیط زیست، تغییر در انواع نیز شدت می‌گیرد؛ مانند اهلی کردن. اهلی کردن جانورانی که ساخت ساده‌تری دارند، رایجتر از اهلی کردن جانورانی است که ساختمان پیچیده‌تری دارند. نمی‌دانیم *چرا* تنوع روی می‌دهد و نمی‌توانیم ماهیت آن را پیش‌بینی کنیم. ناگزیریم تنوع را چونان امری مسلّم اما تبیین‌ناپذیر بپذیریم.

تجربهٔ باغبانان و کشتکاران نشان می‌دهد که از راه پرورش گزینشی[69] می‌توان گیاهان یا جانوران را در طول چند نسل به طرزی محسوس تغییر داد. می‌توان با تکثیر تندروترین اسبان هر نسل، به تدریج اسبانی تندروتر یا با تکثیر پرزورترین اسبان هرنسل، اسبانی پرزورتر پرورش داد. به همین ترتیب با مراقبت از گونه‌های مناسب و پرورش نسلهای آنها، می‌توان عطر گل سرخ یا طعم توت فرنگی را روز به روز بهتر کرد. نتیجه‌گیری داروین این است: جاندارانی که از برخی جهات بر

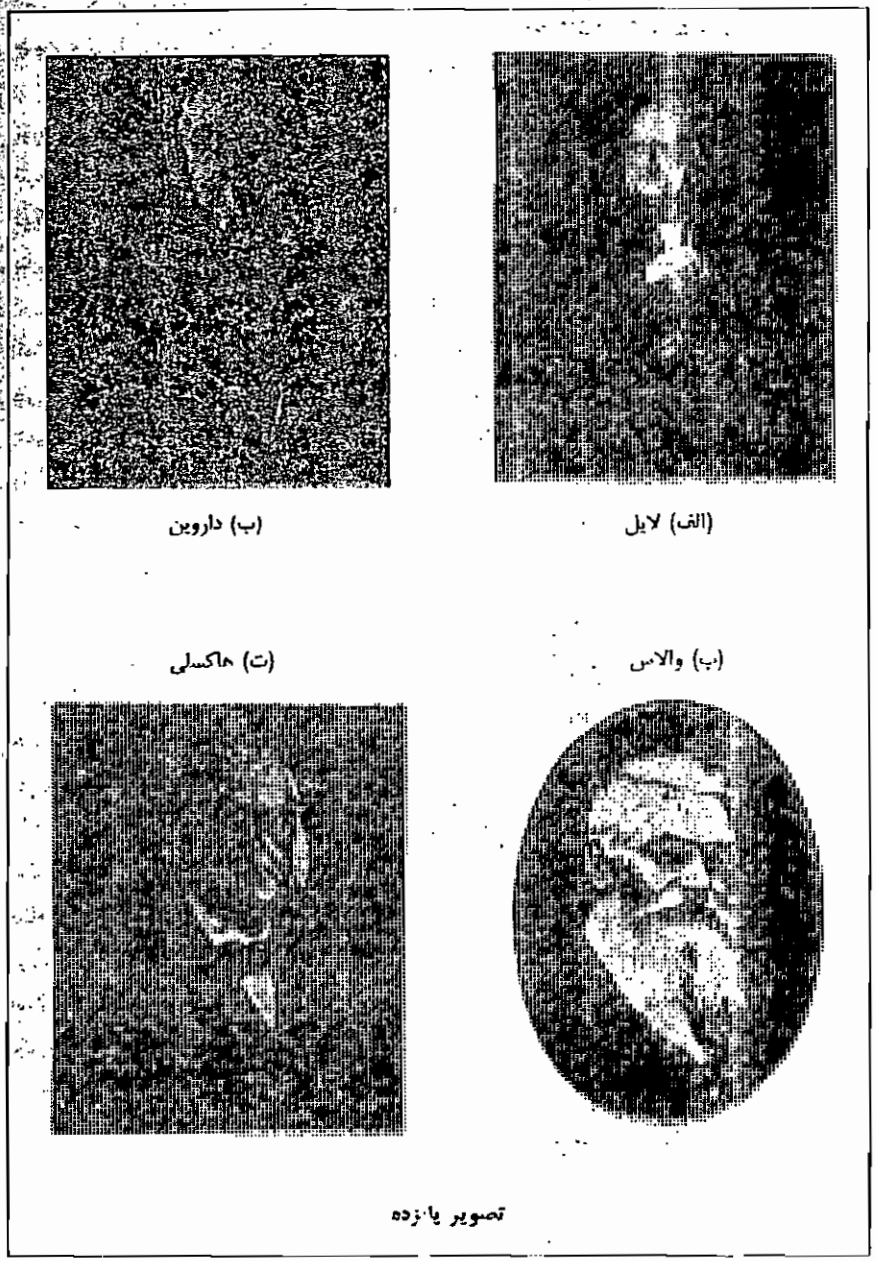
67. variation 68. Sir J. Hooker 69. selective breeding

سایر همگنان خود برتری می‌یابند، میل دارند این برتری را به نسلهای پس از خود انتقال دهند. اگر چنین میلی نمی‌بود، تاثیر انباشته هم نبود.

یاداوری این نکته مهم است احتمال اینکه تنوع به خودی خود دگرگونی مهمّی در نژاد به بار آورد، نیست. تنوعهایی که در یك جهت است، می‌خواهد تنوعهای دیگر را خنثی کند، به نحوی که نتیجهٔ کلی ناچیز باشد. پرورش گزینشی که گونه‌های یك نوع را انتقال می‌دهد و گونه‌های نوع دیگر را از انتقال بازمی‌دارد، نیز کاملاً لازم است؛ چه همین عامل است که دگرگونی را یکنواخت و بنابراین با اهمیت می‌سازد.

پس اکنون دو قضیه ثابت شده است: (۱) تطوّری در میان جانداران اهلی بسرعت تاثیر می‌گذارد که پرورشگران[70] به پرورش امتیاز گزینشی تنوّعهای پیش‌بینی‌ناپذیری که ظاهراً همیشه رخ می‌دهد، بپردازند. (۲) همان گونه که در میان جانداران اهلی تنوع هست، در میان جانداران وحشی هم هست ـ هر چند که این تنوّع شاید به یك نسبت نباشد. سپس داروین دربارهٔ بود و نبود تطوّر در زندگی جانوران وحشی به پژوهش پرداخت. او معتقد است که در زندگی این جانوران تطوّر هست و چهار شاهد اصلی از چهار زمینه را به دفاع از عقیدهٔ خود می‌آورد. نخست آنکه هرچند پیشینهٔ زمینشناختی ناقص است، اما بر تطوّر بیشتر دلالت می‌کند تا بر دگرگونی ناگهانی (کاتاستروفیك). به ویژه آنکه جدیدترین سنگواره‌های هر ناحیه عموماً متعلق به جانورانی است که اگر عیناً به جانداران کنونی آن ناحیه نمی‌مانند، اما شباهت بسیاری با آنها دارند. دوم آنکه شاهدهایی از پراکندگی جغرافیایی هست. جانداران جزیره‌های همسایه اگر نه کاملاً، اما غالباً شباهت نزدیکی به هم دارند. و این بدان معناست که روزگاری جزیره‌ها پیوسته بوده است و جانداران همانند این جزیره‌ها از نیاکان مشترکی جدا شده و به شکلهای مختلف تطوّر یافته‌اند. برای مثال، اگرچه ماهیهایی که در کرانه‌های شرقی و غربی امریکای جنوبی زیست می‌کنند بطور کلی متفاوت از یکدیگرند، اما ماهیهایی که در دو سوی تنگهٔ پاناما هستند، متفاوت نیستند. پس، احتمالاً تنگهٔ پاناما روزگاری زیر آب بوده است و گونه‌هایی که اندك تفاوتی یافته و اکنون در دوسوی تنگه زندگی می‌کنند، بازماندگان نیاکان مشترك خاصی هستند. از سوی دیگر، در قاره‌های بسیار دور از هم استرالیا، افریقای جنوبی و امریکای جنوبی، نژادهایی را سراغ داریم که از هر حیث متفاوت از یکدیگرند، حال آنکه به اعتبار همانندی آب و هوای این ناحیه‌ها این انتظار هست که ساکنان همانندی داشته باشند. شاهد سوم، عضوهای بدنی زاید، مانند عضوهای بیرونی گوش در انسان است. این اعضا اکنون بدون استفاده است، اما گمان می‌رود از نیاکانی به ارث رسیده باشند که انها خود به این اعضاء نیاز می‌داشته‌اند. مشابهتهای ساخت بدنی در انواع کاملاً متفاوت جانداران،

70. breeders



(الف) لایل (ب) داروین

(پ) والاس (ت) هاکسلی

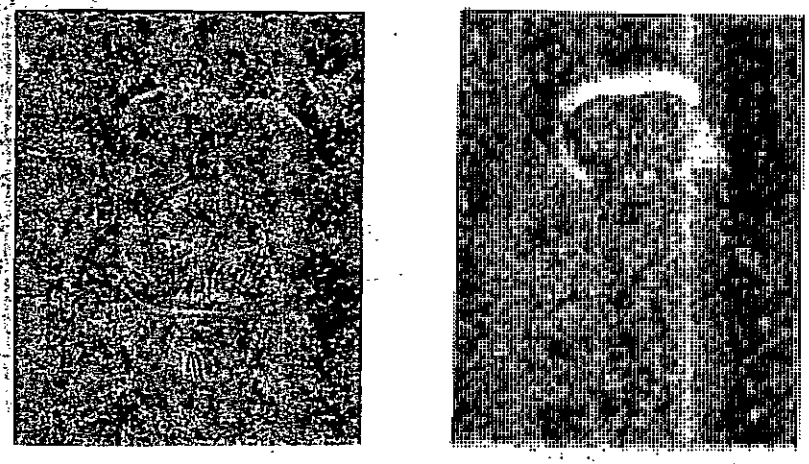
تصویر یازده

مانندپیش اندامهای انسان، خرگوش، خفاش، نهنگ و قورباغه، آشکارا از وجود نیایی مشترک حکایت می‌کند.

آخر از همه، داروین به دشواری عظیم رده‌بندی[71] در جانورشناسی و گیاهشناسی پرداخته است. اگر انواع ثابت باشند، بدین معنی که هر نوع بدون دگرگونی از یک جفت نیای خاص جدا افریده‌ای منشعب شده باشند، پس بدون تردید رده‌بندی کار ساده‌ای خواهد بود. و در این حالت، نشان دادن اینکه هر جاندار متعلق به چه نوعی است، از نشان دادن اینکه هر واژه کدام جزء کلام است، دشوارتر نخواهد بود. اما درواقع هر چه بیشتر می‌کاویم، بیشتر معلوم می‌شود که انواع و گونه‌های جانداران با هم یکی شده‌اند. گاه ممکن است که میان دو سازوارهٔ (ارگانیسم) متمایز A و B مجموعه‌ای از سازواره‌های ...PQRS باشد. مانند اختلافهای جزئی میان حلقه‌های پی‌درپی زنجیر که به دشواری ممکن است دیده شود. طبیعیدانی که با اطمینان A را به ردهٔ α و B را به ردهٔ β متعلق می‌داند، ممکن است از گرفتن تصمیم در این باره که از کجای مجموعهٔ پی‌درپی سازواره‌ها، افرادِ مجموعهٔ α پایان می‌یابد و اعضای مجموعهٔ β آغاز می‌گردد، ناتوان ماند. و اگر تطوّر مستمر ادامه یابد، این همان مشکلی است که انتظارش را باید داشت.

دراینجا بیان چند نکتهٔ کلی دربارهٔ رده‌بندی بی‌مناسبت نیست. حتی در سدهٔ ۱۷ شمارهٔ انواع شناخته شدهٔ جانداران به اندازه‌ای زیاد شده بود که روشهای کهن رده‌بندی، مانند روشی که از زمان ارسطو با اصلاحاتی به جای مانده بود، از هر حیث برای آنها کفایت نمی‌کرد. آشفتگی چنان بود که دانشمندان مطمئن نبودند آیا موجودی که از آن نام می‌برند، عیناً همان موجودی است که دانشمندان دیگر از آن یاد می‌کنند یا نه. طبیعیدانان رده‌بند بزرگ سدهٔ ۱۷ و ۱۸، به ویژه جان ری، ولینه (لینائوس) با سرو سامان بخشیدن به آن آشفتگی، خدمتی بس ارزنده کرده‌اند. اگر کوششهای ــ ولو ناقص ــ پیشینیانی که نظامهای رده‌بندی و نامگذاری[72] جانداران را بخردانه کرده‌اند نمی‌بود، زیستشناسی نوین که بر بنیاد تعمیمهای گستردهٔ تطورگرایان است، پدید نمی‌آمد. کارهای آنها آیندگان را توانا ساخت تا از طبیعت زنده تصویر جامع روشنی به دست آورند. بدون چنین تصویری، ارائهٔ نظریه‌ای یگانه‌ساز هرگز جامهٔ عمل نمی‌پوشید. همین تصویر بود که با آسان ساختن تبادل اندیشه‌ها، همکاری در زیستشناسی را ترویج داد. از سوی دیگر، عمری را برسر رده‌بندی نهادن، ممکن است شیوهٔ برخورد فکری را به شیوه‌ای کاملاً انعطاف‌ناپذیر تبدیل کند. در نهاد بشر میل مفرطی به نظم، سادگی و کمال هست، میلی که غالباً تشفّی خود را در آثار منضبط هنری می‌جوید. اما هر چه علم پیشتر می‌رود، آشکار می‌شود که پیچیدگیهای طبیعت اصلاً پاسخ تشفّی‌آور این میل بشر نیست. گویی کوشش انسان در تحمیل نظم بر طبیعت ــ نظمی که با ذهن خود می‌تواند درک

71. classification 72. nomenclature



(الف) ژیبون

(ب) شمپانزه

(پ) اورانگوتان

(ت) گوریل

تصویر شانزده: انسانوارها

کند ــ از بعضی جهتها همیشه محکوم به شکست بوده است. قطر مربع در برابر سادگی جاذب حساب فیثاغورسی مقاومت می‌کرد. حرکتهای سیّارگان با هندسهٔ کره و دایره مطابقت ندارد و اکنون می‌دانیم با مکانیك گالیله و نیوتون هم سازگار نیست؛ همچنانکه مرز دقیقی که دالتن میان عناصر کشید، محو شده است. اگرچه کوشش در جا دادن موجودات زنده در رده‌های ساختگی و برای مدتی از زمان برای پیشرفت لازم است، اما همین کوشش رهیافت لینه و دیگر رده‌بندان را به طبیعت، بیشتر به رهیافت دستورنویسان به واژگان زبان نزدیك می‌ساخت. مخالفت لینه و رده‌بندان با اندیشه‌های تطوّرگرا، تا اندازه‌ای ناشی از این بود که نمی‌خواستند نازیبایی پیچیدهٔ طبیعت را بپذیرند. آنجا که داروین می‌گوید: بیشتر طبیعیدانان به نظام رده‌بندی ساختهٔ انسان چنان می‌نگرند که «گویی آن نظام، کاشف نقشهٔ آفریدگار است.» نشانهٔ توجه او به این نکته است. به گفتهٔ او، اینها می‌پندارند خداوند نظام عالم را به سادگی همین نظامی که ایشان ساخته‌اند، آراسته است. رده‌بندی تا آنجا سودمند است که خود را با رشد دانش سازگار کند، اما هرگاه که هوادارانش براهمیت آن یافشاری بیش از اندازه کنند، سدّ راه پیشرفت دانش خواهد بود. تطوّر با اتّصال گروههای جانداران به نیاکان مشترك، بنیاد واقع‌بینانه‌تری برای علم نوین رده‌بندی[۷۳] گذاشته است. اما با وجود مخالفتی که لینه با دیدگاههای تطوّرگرا داشت، اظهارنظرهای چنان دقیقی دربارهٔ ساختمان جانداران دارد که بیشتر نظام عملی و بزرگ او می‌تواند دست نخورده برجای بماند.

به استدلال اصلی خود بازگردیم. طبیعت وحشی آشکارا دستخوش تطوّر و تنوّع است. اما تنوّع به تنهایی نمی‌تواند تبیینی برای تطوّر باشد، بلکه ثبات کلی‌ای را در خود دارد که با دگرگونی اتفاقی مطابق است. باید چند علت طبیعی دیگر دخالت داشته باشد تا همان کاری را کند که پرورشگران در پرورش گله‌ها و رمه‌ها می‌کنند. در اینجاست که رشتهٔ بحث به مالتوس کشیده می‌شود. او با اشاره به نوع بشر می‌گوید: جمعیت با آهنگ ثابت زاد و ولد و براساس قانون تصاعدی میل به افزایش دارد. بنابراین اگر نظارتی در کار نباشد، چندی نمی‌گذرد که جمعیت انسان بیشتر از ظرفیت پذیرش جهان خواهد شد. فشار جمعیت به کش‌مکشهای خشونت‌آمیزی برای تحصیل کالا و جا و مکان خواهد انجامید و مردم بسیاری به هلاکت خواهند رسید. بشر با قحطیها و بیماریهای ناشی از افزایش جمعیت و با جنگهایی که برای تحصیل قدرت اقتصادی به راه می‌افتد، به تدریج نابود خواهد شد. تنها نیرومندترین کسانی که از این تنازع بقاء جان سالم بدر می‌برند ــ البته در میان این دسته همیشه کسانی هستند که در مرز حیات و ممات قرار دارند ــ در بدترین شرایط قابل تحمّل زندگی خواهند کرد. اگر شرایط زندگی آنها بهبود یابد، همواره کسان دیگری آماده‌اند که تنها برای بقای محض جای اینها را، حتی در پایین‌ترین سطح زندگی بگیرند.

---

73. systematics(= علم رده بندی)

نیازی به دنبال گرفتن این بحث نیست که مالتوس تا کجا کوشیده زید را با توجه به سرنوشت عمرو دلداری دهد یا نظریهٔ او با ناکامی در پیش‌بینی روشهای کنترل نوزادان تا چه اندازه از درجهٔ اعتبار ساقط شده است. انچه مهم است، این است که داروین و والاس به کاربردهای گسترده‌تر برداشتهای مالتوس توجه کردند. بیشتر جانداران وحشی، نوع خود را با چنان آهنگی تولید می‌کنند که تنها بخشی از آن می‌تواند زنده بماند. تنازع شدیدی برای بقاء در جریان است: جانداران با یکدیگر و با محیط غیرالی پیرامون خود می‌جنگند و از این کارزار تنها نیرومندترین آنها زنده می‌ماند. تنوع باید هرچندگاه موجوداتی پدید آورد تا در جستجوی خوراک، جنگ با دشمن و تحمل سختیها از جهاتی بر همنوعان خود برتری داشته باشند. این موجودات خوشبخت، برای زیستن و تکثیر نوع خود امکان بیشتری دارند. رقابت بی‌امانی که در جریان است، عامل تکثیر بیشتر موجوداتی است که نسبت به موجوداتی که زندگی کوتاهتری خواهند داشت از وضع مساعدتری برخوردارند. *گزینش طبیعی*[۷۴] همان کاری را می‌کند که *گزینش مصنوعی*[۷۵] پرورشگر با جانداران اهلی. گزینش مصنوعی وقت بیشتری می‌برد، زیرا پرورشگر با حذف کردن از میان جانداران بهتر، به کار پرورش می‌پردازد؛ حال آنکه طبیعت تنها جاندارانی را که به نسبت جانداران دیگر وضع مساعدتری دارند می‌پرورد. اما نتیجهٔ هر دو گزینش در طول زمان یکسان است و خصایص نژادی تغییر می‌کند.

نیز بسادگی می‌توان دید که از راه همین ترکیب علتها، چگونه ممکن است یك نژاد به جای آنکه به یك شکل تغییر کند، به چند گونهٔ متفاوت تقسیم شود. برای مثال فرض کنید که تنوع در جاهای مختلف، دو خصیصهٔ متفاوت، مثلاً سرعت عمل زیاد (P) و قدرت دید کمی بهتر (Q) را به بار آورد. هر دو خصیصه برای شکار طعمه سودمند است. بگذارید جاندارانی را که دارای خصیصهٔ P هستند، Pها؛ جاندارانی را که دارای خصیصهٔ Q هستند، Qها؛ و جاندارانی که فاقد این دو خصیصه هستند، Xها بنامیم. Pها بر طعمه‌هایی که تندروترند چیره می‌شوند، حال آنکه Qها بر طعمه‌هایی که سخت‌تر دیده می‌شوند، غلبه می‌یابند. بنابراین، Pها و Qها به سهم خوراکی بیشتر از مقداری که لازم دارند دست می‌یابند و از آنجا که Pها و Qها دو نوع متفاوت از طعمه را دنبال می‌کنند، لاجرم رقابت چندانی میان آنها نیست. اما Xها یا باید بر سر طعمه‌های تندروتر با Pها رقابت کنند و یا بر سر طعمه‌هایی که سخت‌تر دیده می‌شوند، با Qها. در هر دو حال Xها با وضع نامساعدی روبرویند. اعقاب Pها و Qها که خصیصه‌های P و Q را احتمالاً به ارث می‌برند، از Xها بیشتر عمر می‌کنند و از آنها پر زادو رودترند. از نسبت جمعیت Xها کاسته می‌شود و نسلشان کم کم به انقراض می‌رود. پس به جای یك نژاد همگن[۷۶]، دو گونهٔ متمایز از هم، یعنی گونهٔ تیزپایان و

74. natural selection 75. artificial selection 76. homogenous race

گونهٔ تیزبینان خواهد بود. تطوّر بیشتر، این دو گونه را باز متمایزتر خواهد ساخت. رقابت، کشاکش شدیدی است میان جاندارانی که نزدیکترین همانندی را با هم دارند، زیرا که نیازهایشان همانند است. بنابراین، به سود P است که تا سر حد امکان متفاوت از Q باشد و برعکس. متفاوت‌ترین انواع، بهترین موقعیت را برای بقاء دارند. انواعی که میان دو قطب مخالف قرار می‌گیرند، در دام رقابتی سخت گرفتار خواهند شد و روی به انقراض خواهند نهاد. Pها و Qها که در آغاز تنها گونه‌های متمایز نوع واحدی بودند، با گذشت زمان چنان متفاوت از هم خواهند شد که خود انواع متمایزی را تشکیل خواهند داد. تقسیم نوع به انواع دیگر، لزوماً به معنای افزایش شمارهٔ کل انواع موجود نیست؛ چه تطوّر انواع تازه بازوال انواع قدیمی‌تری که توانایی سازگاری کمتری داشته‌اند، همراه است. به عبارت ساده‌تر، مجموعهٔ نوع تازه‌تر به تدریج جایگزین مجموعهٔ نوع دیگری می‌شود. نتیجهٔ رقابت، همواره حذف انواعی است که در میانشان بیشترین رقابت برقرار باشد. و طبیعت الی خود را به طرزی سازگار نگاه می‌دارد که میزان کل رقابت به کمترین حدّ، یا به سخن دیگر، میزان تنوّع به بیشترین حدّ برسد.

موضوع اصلی کتاب *منشاء انواع* این اندیشهٔ ساده است که رقابت همان کاری را در طبیعت وحشی می‌کند که پرورشگر در میان جانداران اهلی انجام می‌دهد؛ یعنی که «حذف و اصلاح از راه تنوّع و گزینش طبیعی صورت می‌گیرد.»[۷۷] این اندیشه آن قدر ساده است که تامس هنری هاکسلی گفت: چقدر احمق بوده‌ام که پیش از این به صرافتش نیفتاده‌ام. با وصف این، همین اندیشهٔ ساده چنان قانع کننده بود که توانست با وجود مخالفتهای گسترده، موضوع تطوّر الی را پیش آورد و با طرح موضوع، اثر عمیقی بر تفکر بگذارد. داروین پس از طرح این مطلب، بقیهٔ کتاب را به بررسی شمول موضوع بر جزئیات و پاسخگویی به ایرادهای مخالف پرداخته است و اثبات کرده است که این اندیشه چگونه از عهدهٔ توضیح انبوه امور واقعی شگفتی‌آوری که طبیعیدانان گردآورده‌اند برمی‌آید.

اهمیت مرتبهٔ کتاب *سرمایه*[۷۸] به جای خود محفوظ، اما شاید بتوان *منشاء انواع* را موثرترین کتاب سدهٔ ۱۹ بشمار آورد. *منشاء انواع* اثری است ادبی و هنری و ارزش وقتی که برای خواندنش صرف می‌شود، دارد. داروین همهٔ کوشش خود را در مقدمهٔ کتاب به کار بسته تا کارهای دیگران را بزرگ بدارد و اصالت کار خود را ناچیز جلوه دهد. در فصلهای بعدی کتاب با چنان مهارتی به طرح و بررسی انبوه جزئیات دقیق و شگفتی‌انگیز پرداخته که هیچ نکته‌ای از نگاه خواننده پوشیده نمی‌ماند.

۷۷. عبارت داخل گیومه از داروین است. هربرت اسپنسر اصطلاح مشهور بقای اصلح Survival of the fittest را به جای عبارت داروین گذاشته است.

78. *Das Kapital*

این روش پسندیدهٔ ارائهٔ مطلب در سراسر کتاب رعایت شده است. و هیچ یك از آثاری که در انگلیس عصر ویکتوریا با استادی تمام به موضوعی جدّی پرداخته باشد، ویژگی *منشاء انواع* را ندارد. شاید طرح بدون مقدمهٔ مطلب از سوی والاس، این فرصت مغتنم را نصیب علم ساخت تا داروین موضوع اصلی خود را ساده‌تر از آنچه نخست در سرداشت بپردازد. اگر *منشاء انواع* به جای یك جلد در چهار جلد منتشر می‌شد، شاید که تاثیرش بمراتب کمتر می‌بود.

۷ تفاوتهای خودبخودی، صفتهای اکتسابی، لامارك
تغییرات برونی و عوامل ارثی

کتاب *منشاء انواع* دربارهٔ حساسترین موضوع، که همانا چگونگی تطوّر نیاکان بشر باشد، خاموش است. اما گرایش اندیشهٔ داروین از لابه‌لای سطرهای کتاب پیداست. نمی‌توان پیوند مفهوم کلی تطوّرگرایی، یعنی سرچشمه گرفتن انواع از نیاکان مشترك را با مشابهت آشکار انسان به گونه‌های خاص دیگری نادیده انگاشت. واستدلال داروین درباب اینکه غرائز اجتماعی مورچگان و زنبوران نه از راه رقابت میان تك تك آنها، بلکه از طریق رقابت اجتماعی و با گزینش طبیعی تطوّر یافته است، ناگزیر موضوع اشتراك منشاء حس اخلاقی[۷۹] و وجدان[۸۰] انسانی را به میان می‌آورد. این اندیشه‌ها پنهان نماند، کم کم برملا شد و مجادلات تلخی را برانگیخت. چون رهبر مخالفان، موضوع منشاء انسان را به میان کشید، داروین مسئولیت نتایج منطقی نظریهٔ خود را پذیرفت و کتاب *منشاء انسان*[۸۱] را در سال ۱۸۷۱ نوشت. داروین در این کتاب، موضوع تطوّر انسان را با شجاعت طرح کرد. بار مجادلات بیشتر بر دوش تامس هنری هاکسلی افتاد و او نیز از عهدهٔ این کار خوب برآمد.[۸۲] اما پیش از آنکه به شمول اجتماعی، دینی و سیاسی نظریهٔ داروین بپردازیم، لازم است چند موضوع علمی دیگر را که با این موضوع رابطهٔ نزدیك دارند، مطرح سازیم. این موضوعها با اختلافهای مهم دیرینه میان آرای لامارك و داروین پیوند دارد.

جاندار می‌تواند به دو صورت از همنوعان خود متفاوت باشد. ممکن است بدون هیچ علت اشکاری متفاوت زاده شود؛ یا با ممارست در رفتار، پاره‌ای از اعضاء یا تواناییهای بدنی او ــ مثلاً همان طور که بازوی آهنگران نیرومند می‌شود یا معمولاً حس بساوایی نابینایان تقویت می‌گردد ــ

79. moral sense 80. conscience 81. *The Descent of Man*

۸۲. برای مثال، نگاه کنید به آثار او:
Man's Place in nature [جایگاه انسان در طبیعت]؛ *Evolutions and Ethics* [تطوّرها و اخلاق]

در داول زندگی تفاوت پیدا کند. تفاوتهای مادرزادی را «تفاوتهای خود به خودی»[۸۳] می‌نامند. مقصود این نیست که تفاوتهای خود به خودی بدون علت‌اند، بلکه مراد صرفاً این است علتهای چنین تفاوتهایی ناشناخته یا غامضند. تفاوتهایی که از عادت ناشی می‌شود، «صفتهای اکتسابی»[۸۴] نام دارند. لامارك عقیده داشت که صفتهای اکتسابی می‌تواند موروثی باشد. او چنین توارثی را علت اصلی دگرگونی تطوّرگرا قلمداد می‌کرد. از دید او، تك تك موجودات زنده آگاهانه تلاش می‌کنند تا با شرایطی که بر زندگیشان حاکم است، خود را سازگار کنند. نتیجهٔ تلاشهای جانداران به ارث می‌رسد و در نسلهای بعد تقویت می‌گردد. زرافه برای رسیدن به سر شاخه‌های بلند مدام گردن می‌کشد و هر نسل زرافه گردنی کمی درازتر از گردن نسل پیش از خود را به ارث می‌گذارد. داروین این امکان را انکار نکرده است، اما دگرگونی تطورگرا را به توارث آن دسته از تفاوتهای خود بخودی بیشتر نسبت داده که در میدان تنازع بقاء ارزش ماندن داشته‌اند. زرافه‌هایی که با صفت موروثی گردن درازی زاده می‌شوند (بی‌آنکه خود خواسته باشند) شاید کمتر از همنوعان خود در خردی می‌میرند و بنابراین، به احتمال زیاد عقبه هم خواهند داشت.

مطمئناً دانستن اینکه تغییرات برونی ناشی از ممارست یا عادت چگونه بر عوامل ارثی تاثیر می‌گذارد و از نسلی به نسلی منتقل می‌شود، دشوار است. از زمان لامارك تاکنون هیچ آزمایشی داوری ظاهرالصلاح[۸۵] لامارك دربارهٔ به ارث رسیدن این گونه تغییرها را تایید نکرده است. به همین دلیل برداشت لامارك هیچ گاه قانع کننده نبوده است. اما شاهدهای زیادی در دست است که تفاوتهای خود بخودی، یعنی همان تفاوتهایی که داروین تاکید اصلی خود را برانها می‌گذاشت، در واقع نشانه‌های بیرونی تغییرات ژنتیکی هستند و *لزوماً* قابلیت وراثتی دارند. از این رو، خط اصلی نظریهٔ داروین که از همان آغاز کاملاً پذیرفتنی می‌نمود، از پشتیبانی بیدریغ کارهایی که از زمان داروین تاکنون انجام گرفته، برخوردار بوده است. اما معمولاً به دلایل غیر علمی مدعی دارند نظریات لامارك را زنده نگاه دارند.[۸۶]

83. spontaneous variations 84. acquired charecteristics

85. prima facie judgment

۸۶. نمونه‌هایش را در مفهوم تطوّر خلاق Creative Evolution هانری برگسون یا دیباچهٔ برناردشا بر *Back to Methusalah* می‌بینید.

۸ یاخته‌شناسی توارث و توارث لامارکی آزمایش مندل نظریهٔ رنگین تن و مندلیسم

در توصیف ... قیت کنونی می‌توان گفت که واقعیت تطوّر زیستشناختی هم اکنون از سرند شکّ معقول گذش ... و به ثبوت رسیده است. این اطمینان نیز حاصل است که گزینش طبیعی تاثیر هدایت‌کنندهٔ اصلی را دارد. اما پیش از آنکه بحث خود را پیرامون جنبهٔ علمی موضوع پایان دهیم، لازم است ... دو رشتهٔ علمی دیگر اشاره کنیم. پیوندهای اخیر این دورشته، پرده از راز چگونگی تغییراتی که به گزینش طبیعی میدان عمل می‌دهد، برداشته است؛ یکی از این رشته‌ها یاخته‌شناسی[87] است که رفتار و ساختمان اجزای یاخته‌های زنده را بررسی می‌کند. دانش یاخته‌شناسی در میان نخستین دانشمندانی که به پژوهشهای میکروسکوپی می‌پرداختند (میکروسکوپیستها)[88] آغاز شد، اما به لحاظ ا... کایش به تطوّر که در عصر داروین موضوعی بدیهی می‌نمود، به حد کافی پیشرفت نکرد. رشتهٔ دیگر، بررسی توارث در راههایی بود که گرگور یوهان مندل[89] اسقف برون[90] گشوده بود. محصول کار مهم و نمایان مندل در نشریهٔ انجمن طبیعیدانان ولایتش انتشار یافت، اما تا سال ۱۹۰۰ هیچ کس اعتنایی به آن نکرد. از این رو، اگرچه داروین معاصر مندل بود، از نوشتهٔ او هیچ اطلاعی نداشت.

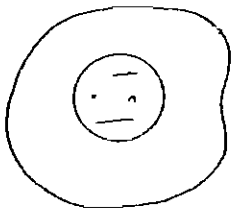
جانداران از اجزای کوچکی تشکیل می‌شوند که به آنها یاخته[91] می‌گویند. برخی از جانداران تک‌یاخته‌ای[92] هستند، اما اکثریت آنها چند یاخته‌ای[93] اند. رشد سازواره‌های چند یاخته‌ای، محصول تقسیم و تفاوت یاخته‌هاست. موجود زنده چون یک یاختهٔ تنها آغاز می‌شود. این یاخته به دو یاخته و هریک باز به یاخته‌های دیگر تقسیم می‌شود و تقسیم به همین نحو ادامه می‌یابد. یاخته‌ها در جریان تکثیر، تحولهای جداگانه‌ای پیدامی‌کنند و برای تشکیل اعضای گوناگون موجود زنده متناسب می‌شوند. یاخته‌هایی که ساختمان اصلی بدن را تشکیل می‌دهند، یاخته‌های بدنی[94] نامیده می‌شوند. اما یاخته‌های دیگر، یاخته‌های جنسی[95] یا گانه‌ها[96] نام دارند. یاخته‌های جنسی یا گانه‌ها اساساً از یاخته‌های بدنی متفاوتند و به کار تکثیر می‌آیند.

همهٔ یاخته‌های بدنی از جهتهای خاصی همانندند. هریاختهٔ بدنی، غشایی به دور مایه (پروتوپلاسم)[97] و شامل یک هسته[98] است. به هنگام تقسیم یاخته، چیزهای رشته مانندی که از لحاظ شکل و اندازه تغییر می‌کنند، در هسته پیدا می‌شوند. این رشته‌های باریک را رنگین تن

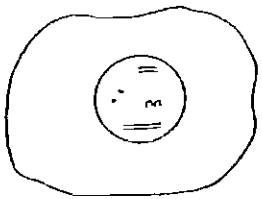
87. cytology 88. microscopists 89. G. J. Mendel 90. Brünn 91. cell
92. single - celled 93. multi - cellular 94. body cells 95. sex cells
96. gametes 97. protoplasm 98. nucleus

(کروموزم)[99] می‌نامند، زیرا رنگپذیری آنها سبب می‌شود که زیر میکروسکوپ به آسانی دیده شوند. رنگین‌تن‌ها جفت جفت‌اند ــ جفت هر نوع همانند است. شمارهٔ رنگین‌تن‌ها در انواع جانداران تفاوت می‌کند امّا در هر نوع معیّن، شماره‌اش در یاخته‌ها ثابت است. شکل ٦٣ یك یاختهٔ بدنی با چهار جفت رنگین تن را نشان می‌دهد. یاخته که تقسیم شود، رنگین تن‌های یاخته نیز از طول تقسیم می‌شوند. بنابراین، دو یاختهٔ دختر[100] تشکیل می‌گردد و هر یاختهٔ دختر با خود رنگین تنی را دارد که مشخصاتش شبیه یاختهٔ اصلی است.[101]

یاختهٔ جنسی در آغاز به یاختهٔ بدنی می‌ماند؛ اما هر یك از این یاخته‌ها تقسیم رسیدهٔ خاص خود را دارد. در این تقسیم، یاخته به دوگانهٔ رسیده تقسیم می‌شود، اما رنگین تن‌ها جدا نمی‌شوند. در عوض، یك رنگین تن از هر نوع با یك گانهٔ دختر جفت می‌شود. بنابراین، گانه‌های رسیده، خواه نر یا ماده، تنها شامل یك رنگین تن از نوع خود هستند. شکل ٦٤ گانهٔ جانداری را نشان می‌دهد که یاخته‌های بدنی آن به یاخته‌های شکل ٦٣ می‌ماند.



شکل ٦٤



شکل ٦٣

از پیوند گانهٔ نر (منی دانه)[102] با گانهٔ ماده (تخمك دانه)[103] جاندار تازه‌ای پدید می‌آید. پیوند گانهٔ نر و ماده، یاختهٔ واحدی را تشکیل می‌دهد که نسبت عادی هشت رنگین تن ــ از هر نوع یکی از جانب پدر و یکی از جانب مادر ــ را دارد. سپس این نو یاخته از راه سلسلهٔ رشد عادی و تقسیم، یاختهٔ تازهٔ دیگری را تولید می‌کند. لازمهٔ مرگ جاندار، مرگ یاخته‌های بدنی اوست. اما مادّه‌ای که

۹۹. chromosome از واژهٔ یونانی khroma به معنای «رنگ» و soma به معنای «تن» ساخته شده است. ــ م.

100. daughter cell

۱۰۱. فرایند تکثیر موجودات چندیاخته‌ای شبیه *افزایش* موجودات یك یاخته‌ای است. اما در افزایش یك یاخته‌ای، به جای آنکه یاخته‌های دختر با هم بمانند و سازوارهٔ پیچیده‌تری را به وجود آورند، از هم جدا می‌شوند و موجودات تك یاخته‌ای جداگانه‌ای را تشکیل می‌دهند.

102. sperm cell 103. egg cell

از بعضی گانه‌های یاخته به نسلهای بعدی منتقل می‌شود، به مجموعه‌ای از یاخته‌های بدنی میرا و گانه‌های دیگری که خود آنها نیز به نسلهای بعدی منتقل می‌شود، انتقال می‌یابد. بنابراین، افراد هر نسل از یاخته‌هایی بدنی تشکیل می‌شوند که هر کدام وظیفهٔ خود را انجام می‌دهند و می‌میرند، اما زنجیرهٔ گانه‌ها از نسلی به نسل دیگر نمی‌گسلد و به همین دلیل سبب تداوم «مایهٔ جنین»[۱۰۴] در یك نژاد می‌شود. با آگاهی از این نکته، حق به جانبی برداشتهای لامارك یکباره رنگ باخت. دگرگونیهای ناشی از محیط پیرامون یا کاربرد عضو، عموماً تنها بر یاخته‌های بدنی خاصی تاثیر می‌گذارد ــ مانند اثری که روی بازوان آهنگر یا مغز اندیشمند گذاشته می‌شود. دگرگونیها می‌توانند ظاهر فرد یا رفتار کسی را که دستخوش دگرگونی است، عمیقاً تغییر دهند، اما نمی‌توانند اثر موروثی داشته باشند؛ زیرا تنها طبیعت گانه‌هاست که در کار توارث تعیین‌کننده است. تصوّر اینکه محیط گانه‌ها را دگرگون سازد ممکن است. در چنین حالتی گانه می‌تواند بر نسلهای بعد تاثیر بگذارد، بی‌آنکه اثر مشهودی در پدر و مادر گذاشته باشد. اما توارث به معنای لامارکی، که بر اثر به کار بستن یا به کار نبستن اعضاء، تغییرات اعضای خارجی بدن به ارث برسد، به نظر ناممکن می‌آید.

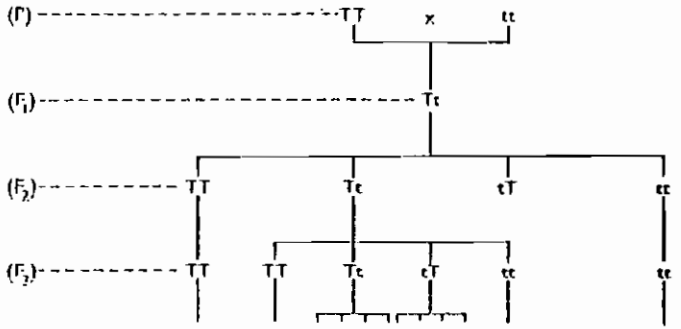
جانداران، بیشتر *استعدادها*[۱۰۵] را به ارث می‌برند تا صفتها[۱۰۶] را. استعدادها با گانه‌هایی که از والدین گرفته شده، به جاندار منتقل می‌شود و همین گانه‌ها ساخت ژنتیکی جاندار را تعیین می‌کند. اما گانه نمی‌تواند همهٔ آنها را به صورت صفتهای بالفعل بروز دهد. استعداد ریاضی که از پدر به ارث برسد، براثر نبودن آموزش در نهاد پسر پنهان می‌ماند. ممکن است رنگ روشن مو که دختر از مادرش به ارث برده، جای خود را به میل غالبتری بدهد که مثلاً رنگ تیرهٔ موی پدر باشد. اما *استعداد* ریاضی و رنگ روشن مو در گانه‌ها نهفته است و به ارث می‌رسد. اگر شرایط بازدارنده‌ای نباشد، این استعدادها می‌توانند به نحو کامل در یکی از نسلها ظاهر شوند.

بنابراین، در بررسی وراثت باید دو اصل اساسی را پیش روی داشت: (۱) از لحاظ وراثت، استعدادهای ارثی دست نخورده می‌مانند و عیناً ازگانه‌ای به گانهٔ دیگر منتقل می‌شوند. ممکن است استعدادهای ارثی مستقلاً و بدون ارتباط به یکدیگر، حتی از راه پیچیده‌ترین تزویجها و پیوندها از نسلی به نسل دیگر منتقل شود. (۲) به طور کلی ممکن است همهٔ امیالی‌راکه جاندار به ارث برده ظاهر کند، اما شرایط نامساعد محیط یا چیره شدن میلی متضاد، از بروز میل دیگری جلوگیری کند. جنبهٔ ظاهری جاندار نشانهٔ مطمئن ساخت ژنتیکی آن نیست.

این واقعیتها از راه آزمایشهای مشهوری که مندل روی کشت نخود فرنگی انجام داده، کشف شده است. هرچند که خود مندل از ساز وکار یاخته‌ای که در پس واقعیتها پنهان بود، آگاهی نداشت.

104. germ plasm 105. potentialities 106. qualities

گل نخود فرنگی شامل گانه‌های نر و ماده و اساساً خود بارورساز[۱۰۷] است. اما اگر گرده‌های گل یك بوته بر گل بوتهٔ دیگر افشانده شود، امکان باروری مصنوعی نیز هست. مندل نخست به مطالعهٔ وراثت در بوته‌های نخود فرنگی که دو صفت مخالف هم ــ بلندی و کوتاهی ــ داشتند، پرداخت. او بررسی خود را با نر و مادهٔ (P) که از دو نژاد بوته بلند و بوته کوتاه بودند، آغاز کرد. هر نژاد از راه خود بارورسازی نسل خود را تولید می‌کرد: نژاد بوته بلند، تنها بوته‌های بلند و نژاد بوته کوتاه، تنها بوته‌های کوتاه به بار می‌آورد. می‌توان اولی را «بلند خالص» و دومی را «کوتاه خالص» نامید. او سپس با آمیختن گرده‌های گل نژاد بلند و کوتاه، نخستین نسل آمیخته را که (F_1) می‌نامیم، پرورش داد. افراد (F_1) همگی بلند بودند، اما زود دانسته شد که بلند خالص نبودند. برای اینکه اگر تکثیر خود بارورسازی می‌داشتند، نسل دوم آمیخته (F_2) را به بار می‌آوردند که به نسبت سه بر یك از نخودهای بلند و کوتاه تشکیل می‌شد. بهتر است بلندهای F_1 را «بلندهای آمیخته» بنامیم. مندل سپس دریافت که بلندهای F_2 همگی یکسان نبوده‌اند، بلکه ۲/۱ آنها بلند خالص و ۲/۱ آنها بلند آمیخته بوده‌اند. اما همهٔ کوتاههای F_2 خالص بودند. شکل ٦٥ شجره نسبت نخودها را به طریق نمودار نشان می‌دهد. بلندهای خالص با TT، کوتاههای خالص با tt و آمیخته‌ها با Tt یا tT نشان داده شده‌اند. نشانهٔ ضرب به معنای آمیختگی دو نژاد با هم است. هرجا آمیختگی نیست، همان جفت که نسل نخود به روش خود بارور ساز تکثیر شده است.



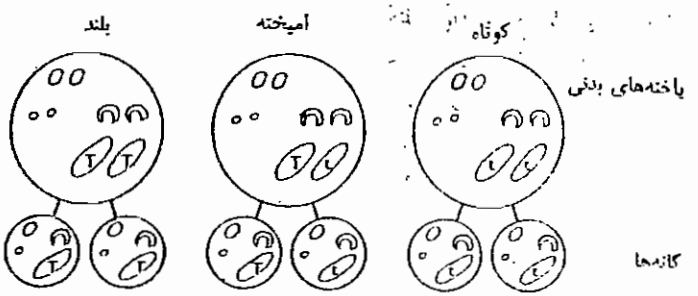
شکل ٦٥

مندل نتیجه گرفت که عوامل وراثت بلندی (T) و کوتاهی (t) عواملی متفاوتند و T عامل غالب[۱۰۸] و t عامل مغلوب یا پس زده[۱۰۹] است. اگر بوته‌ای صفت بلندی T را هم از جانب پدر و هم از جانب مادر به ارث ببرد، بلند خالص می‌شود؛ اگر صفت کوتاهی t را از هر دو جانب به ارث ببرد،

107. self - fertilising (= خود لقاح) 108. dominant 109. recessive

کوتاه خالص می‌شود. اگر بلندی (T) را از یك جانب و کوتاهی (t) را از جانب دیگر به ارث ببرد، بلند آمیخته می‌شود. البته خود این نسل بلند می‌شود، چون بلندی (T) بر کوتاهی (t) غالب است، اما صفت بلندی و کوتاهی را (به نسبت) به نسلهای بعدی خود منتقل می‌کند. مندل متوجه شد که نژاد کوتاه همیشه نسل کوتاه به بار می‌آورد. پرورش نسل کوتاه آمیخته ممکن نیست، زیرا عامل بلندی T عامل غالب است و هر بوته‌ای که این عامل را در ساختمان موروثی خودداشته باشد، ناگزیر آن را بروز می‌دهد، حتی اگر عامل t را نیز داشته باشد.

اکنون عامل توارث را ژن[110] می‌نامند. اگر ژنها را عامل انتقال رنگین تن‌ها بدانیم و ژن صفتهای مغایر رنگین‌تن‌های مشابه داشته باشند، پس سازوکار تقسیم یاخته‌ها توضیح دقیق و قانع‌کننده‌ای از داده‌های واقعی مندل به دست می‌دهد. کلید معما، تقسیم یاختهٔ رسیده است. در این تقسیم برای هرگانه تنها یك مجموعه از رنگین‌تن‌ها می‌ماند. شکل ٦٦ انواع یاختهٔ بدنی و گانهٔ مربوط به بوته‌های بلند TT، کوتاه tt و آمیخته Tt را بازمی‌نماید.[111] بلند TT، تنها گانه‌های بلند T را دارد، کوتاه tt تنها گانه‌های کوتاه t را و آمیخته Tt هر دو عامل را به یك نسبت.



شکل ٦٦

اگر TT خود بارورساز باشد، نسلی که از آن پدید می‌آید، باید از نطفهٔ T و تخمك T تشکیل شده باشد. بنابراین، لزوماً TT است. به همین قیاس، نسل خود بارورساز tt لزوماً tt خواهد بود. اگر tt یا TT بارور شود، نسلی که به بار می‌آید یا از نطفهٔ T و تخمك t است، یا به عکس. بنابراین، این نسل مانند F_1 مندل Tt خواهد بود. اما اگر Tt خود بارورساز باشد یا با Tt دیگری بارور شود، چهار احتمال هست:

110. gene

۱۱۱. فرض بر این است که صفتهای بلندی T و کوتاهی t، با رنگین تن‌های بلند انتقال یافته‌اند. اصولاً یاختهٔ نخود بیش از چهار زوج رنگین تن دارد، اما نشان دادن همهٔ اینها، بدون اینکه نیازی داشته باشد، نمودار را پیچیده می‌کند.

(۱) از آمیزش نطفهٔ T و تخمك T — TT — پدید آید.
(۲) از آمیزش نطفهٔ T و تخمك t — Tt — پدید آید.
(۳) از آمیزش نطفهٔ t و تخمك T — tT — پدید آید.
(٤) از آمیزش نطفهٔ t و تخمك t — tt — پدید آید.

منطقی است که به آمیزش تصادفی نطفه‌ها و تخمکها در جریان بارورسازی توجه داشته باشیم. بنابراین، احتمال هریك از موردهای چهارگانه به یك نسبت است و نسبتهای TT، Tt و tt در تعداد زیادی از نسلها، همان طور که مندل در باب F_2 به دست اورده بود، تقریباً به نسبت یك بر دو است.

مندل سپس به آزمایش نتایج ترکیبهای ژنتیکی پیچیده‌تر، که شامل چند زوج صفت مغایر در نسل والداست، پرداخت. او این بار نیز دریافت که عاملهای وراثتی از میان سلسلهٔ انشعابها و ترکیبهای دوباره هویّت خود را نگاه می‌دارند و انواع گوناگون ممکن نسلهای بعدی، به نسبتهای عددی ساده در F_1 و F_2 و غیره پدید می‌آیند. نظریهٔ رنگین تن[112] در هر مورد این نسبتها را دقیقاً پیش‌بینی می‌کند. این نظریه «پیوستگی صفتها»[113] را نیز توضیح می‌دهد. صفتهای پیوسته، صفتهای خاصی هستند که همیشه همراه با یکدیگر به ارث می‌رسند، زیرا ژنهای آنها در رنگین تن‌های همانند است. جزئیات این مطلب، قشنگ و دقیق است، اما خوانندگان علاقه‌مند باید به کتابهای ژنتیك رجوع کنند. نظریهٔ رنگین تن چنان نظریهٔ موفقی بوده که اکنون می‌توان بیشتر نکات آن را به منزلهٔ واقعیتهای مسلّم تلقی کرد. در موردهای خاصی، ژنهای بخصوصی در رنگین تن‌های خاصی جای دارند، و حتی جای آنها روی رنگین تن‌ها مخصوص به خود است.

دانش مندلیسم[114] می‌تواند به گیاهپروران و جانورپروران کمك کند تا با آمیزش و گزینش، گونه‌ای را که دارای صفتهای معیّنی باشد، به دست آورند. اما پرورشگر به ظاهر نمی‌تواند هیچ چیز براستی تازه‌ای به دست آورد؛ تنها کاری که از او ساخته است، ترکیب تازهٔ صفتهایی است که از لحاظ وراثت در دودمان اصلی آن گونه موجود باشد. و این خود مشکلی بر سر راه تطوّرگرایان است. حتی در نژادی که از جهت وراثت آمیختگی‌اش بسیار باشد، شمارهٔ ترکیبهای ممکن، محدود است. ممکن است این تصوّر پیش بیاید که از گزینش طبیعی ــ که همانا تثبیت اصلی این ترکیبها باشد ــ کاردیگری ساخته نیست. پس تطوّر باز می‌ایستد، مگر انکه شرایط طبیعی که تاکنون تحوّل داشته، آنچه را پیشتر به طور نامناسب ترکیب شده است، برای ترکیب مناسب بازگرداند. اما شرایط هرچه باشد، میزان تغییر در محدودهٔ امکانات مادی ژنتیکی خواهد بود. پرسش دشوار دیگری که مطرح است، این است که تفاوتهای ژنتیکی اساساً چگونه پدید آمده است. طبیعت حتی از راه جهش[115] ژن هم که شده از رکود می‌پرهیزد. تك تك ژنها گاه به گاه ویژگی خود را به طرز

112. chromosome theory 113. linkage 114. Mendelism 115. mutuation

پیش‌بینی ناپذیر... تغییر می‌دهند. به همین دلیل هر چند گاه عنصرهای توارثی تازه‌ای به نژاد راه می‌یابد. از ماهیت شیمیایی و فیزیکی ژنها کاملاً آگاه نیستیم. بنابراین، اطلاعات ما دربارهٔ علت جهشها کم است. گواینکه معلوم شده بر اثر انواع خاصی از پرتوتابی[۱۱۶] موردهای جهش افزایش می‌یابد. ظاهراً جهشهای ژنی در واقع همان «تفاوتهای خود به خودی» است که داروین به حس باطنی خود به وجود و اهمیتش پی‌برده بود.

مندلیسم ریاضیات جدّی را به قلمرو زیستشناسی می‌کشاند، ریاضیاتی که شامل مباحثی چون آمار، احتمالات، تبدیلها و ترکیبهاست. و به بررسی موضوعهای انتزاعی با مقادیر بزرگ می‌پردازد. این ریاضیات با ریاضیات حرکت یکنواخت که در خدمت فیزیك نیوتونی رشد کرد، تفاوت دارد. مندلیسم با موازین ژنتیکی مشخص و ویران ناپذیرش، و با طبیعتی که در نهایت امر ناپیوسته است، از نظر فلسفی در شمار نظریات اتمی، جنبشی و کوانتومی است. طنز در این است که ریاضیات پیوستگی به دست آوردن بنیادهای منطقی متناسب خود را آغاز کرده است، حال آنکه علم ارزش کمتری به کاربرد این ریاضیات می‌گذارد.

۹ رهیافت جامع فلسفی رهیافت تفصیلی و علمی آشتی فیلسوفان و عالمان

از تاثیرهایی که تطور به طور کلی بر تفکر نهاده است، در اینجا تنها می‌توان به مختصرترین طرح آن پرداخت. شاید ژرفترین، اگرنه چشمگیرترین تاثیر تطور، تاکید دوباره بر آرای فیلسوفان کهنی بود که اعتقاد شدیدشان به یگانگی جوهری عالم متقاعدشان ساخته بود یا عالم باید چون کل فهمیده شود یا اصلاً فهمیده نشود. کوششهایی که یونانیان از این راه برای فهمیدن جهان به کار بستند، با آنکه از نظر تخیّل و تعقّل چشمگیر بود، اما ناپخته بود. از این رو در اسکندریه هوشمندترین اندیشه‌ها از شکست بزرگ فلسفهٔ نظری در رسیدن به آمال خود اندرز گرفتند و چندگاهی به بررسی جزئیات مسائل علوم دقیق پرداختند. وقتی در سده‌های ۱۶ و ۱۷ معلوم شد که فلسفهٔ مدرسی قرون وسطا مانند فلسفهٔ نظری یونانی در دست یافتن به ترکیبی رضایت‌بخش ناکام مانده است، آنچه در اسکندریه روی داده بود، باردیگر تکرار شد. در واقع در عرصهٔ فهم جهان دو رهیافت فکری متفاوت از هم هستند: رهیافت جامع و فلسفی؛ رهیافت تفصیلی و علمی. تاریخ، سلسلهٔ نوسانهایی را نشان می‌دهد که میان آن دو رهیافت رفت و برگشت داشته است.

در نگاه نخست، آشتی‌ناپذیری فلسفه و علم در سدهٔ ۱۹ از همیشه شدیدتر می‌نماید. دشوار بتوان

116. radiation

دیدگاههای معارضتر از (برای مثال) دیدگاه هگل و لرد کاوین را تصوّر کرد. با این وصف، در باطن نشانه‌هایی از برقراری آشتی میان آن دو به چشم می‌خورد: نشانه‌هایی از اینکه شاید با گذشت زمان روشهای تفصیلی علم، هدف جامع فلسفه را تامین کند. دانشمندان در آغاز چون دسته‌های پراکنده‌ای بودند که می‌کوشیدند در بخشهای گوناگون جنگل راهی بازکنند. اما در میانهٔ سدهٔ ۱۹ این راهها چنان زیاد شده بود که دانشمندان کم کم با یکدیگر برخورد کردند. علوم طبیعی دیگر علومی جداگانه نبودند، راههای گوناگون پژوهش به برداشتهای کلی گسترده و همانندی می‌انجامیدند: مانند مفهومهایی چون کارمایه، آنتروپی و ساخت اتمی ماده. از این رو، بخت با اندیشهٔ تطوّر یار بود، چه هنگامی طرح شد که بازار اصول جامع یگانه‌ساز رونق علمی داشت. تطوّر از یکایك برداشتهای دیگر بر یکتایی طرح کیهانی تاکیدی بیشتر می‌ورزید.

به نظر می‌آمد که در جهان آلی تطور همان قدر راه دارد که در جهان غیرآلی، و پیشرفت اجتماعی و فکری به همان اندازه دستخوش تطوّر است که پیشرفتهای مادّی. حتی به نظر محتمل می‌آمد که زندگی از راه فرایند طبیعی از مادهٔ بیجان تطوّر یافته باشد. ترکیبات آلی ساده همیشه به طور مصنوعی ساخته می‌شد. پس دلیلی نمی‌دیدند با گذشت زمان، ترکیبات آلی پیچیده‌تر نتوانند مانند ترکیبات ساده‌تر ساخته شوند. شاید تفاوت میان مادهٔ جاندار و بی‌جان می‌توانست تنها در نوعی پیچیدگی شیمیایی باشد. در سیر عظیم زمان زمینشناختی، امکان آمیختگی تصادفی اتمها و تشکیل مولکولهای پیچیده‌تر می‌توانسته به نتیجه رسیده باشد. پس زندگی می‌توانسته خود به خود پیدا شده و تطور آلی آغاز گشته باشد. اعتقاد به پیدایش خودبه‌خودی زندگی که دست کم به نخستین فیلسوفان یونانی بازمی‌گردد، سرانجام به ظاهر چند توجیه علمی دارد. حیات‌گرایان[۱۱۷] براین عقیده بودند (و هنوز هم هستند) که اگر بر ماده، در هر حالت شیمیایی که باشد، تنها «عنصر حیاتی»[۱۱۸] — عنصری که از دید علوم طبیعی ناشناخته است — افزوده شود، ماده می‌تواند به قلمرو زندگی وارد شود. این پرسش که آیا نمی‌توان زندگی را با تعبیرهای فیزیك و شیمی توضیح کرد، هنوز پرسشی پاسخ نایافته است. اما نفس این اندیشه که زندگی *می‌توانسته* چنین توضیحی داشته باشد، کافی بود تا اندیشهٔ فرآیند بزرگ و یکتای تکامل را از سحابیهای ابتدایی تا جانداران خود آگاه به میان آورد. از این رو دانشمندان که شیوهٔ خاص خود را در تمرکز روی مسائل محدود به کار می‌بردند، به خلاف میل خود به تدریج به گذشته روی کردند و به این برداشت فلسفی که علم همچون کل تجزیه‌ناپذیر است، قایل شدند. یکی از آثار این برداشت، گرایشهای اخیر دانشمندان و ریاضیدانان به ویژه در اواخر عمر، به فلسفه‌پردازی[۱۱۹] است. شاید ذوق‌ورزیهای فلسفی دانشمندان گاه همان

117. vitalists 118. vital principle

۱۱۹- مانند کلیفرد، تامس هنری هاکسلی، وایتهد، راسل، ادینگتن، پوانکاره، ماخ.

قدر گمراه کننده باشد که تفننهای فیلسوفان کهن در قلمرو علوم طبیعی. البته این عقیدهٔ شخصی است. آنچه مسلم است، این است که کم کم فیلسوفان و دانشمندان بیشتر به چشم همکار به یکدیگر می‌نگرند، تا به چشم رقیب. دانشمندان متمایل شده‌اند امکان و ارزش بینشهای فراگیر فیلسوفان را بپذیرند. و در عوض فیلسوفان نیز برای روش علمی، به مثابه ابزار کسب دانش دقیق و دانشی که نتیجه‌گیریهای قانع‌کننده باید متکی بدانها باشد، احترام بیشتری قایل شده‌اند. تفاهم متقابل راه را برای تقسیم دوستانهٔ کار، در کاری که علتی مشترک دارد، بازمی‌کند. فیلسوفان در تفسیر نتیجه‌های علمی نیرومندتر از دانشمندانند. آنها در مواردی که دانشمندان داوریهای خود را معلق می‌گذارند، جسارت می‌ورزند و به استنتاج و استنباط دست می‌زنند. اما بحث نظری که پیشهٔ فیلسوفان است، اگرچه نیاز انسانی اصیلی را برمی‌آورد، از قلمرو علم بیرون است و تنها اندیشه‌هایی را پیش می‌نهد که برای دانشمندان آینده ارزشمند تواند بود. در هر حال، بحث نظری مبتنی بر علم از علم کهن که بر بحث نظری مبتنی بود، موضوعی متناسبتر است.

۱۰ نزاع علم و تعصب «برهان نظم» در برابر آیین داروین تطوّر و بینش دینی
تامس هنری هاکسلی

تطوّر، آتش نزاع دیرین میان علم و تعصّب را از نو افروخت. پرسشی که توجه بیشتر مردم اروپا را برانگیخته بود، از راستی نص افسانهٔ آفرینش در سفر پیدایش بود: آیا انسان جدا از سایر موجودات آفریده شده یا از اعقاب تغییر یافته و اصلاح شدهٔ حیوان پست‌تری بوده است؟ در نشستی که انجمن بریتانیایی درست پس از انتشار *منشاء انواع*، در سال ۱۸۶۰ در آکسفرد داشت، جنگ آشکار بر سر همین موضوع بخصوص درگرفت.[۱۲۰] براستی موضوع اهمیت چندانی نداشت، زیرا که با تغییر موضوع به تمثیلهای شاعرانه می‌شد از کنار موضوع گذشت. گو اینکه بزودی بیشتر مردم و حتی بیشتر مخالفان، مصلحت را در همین کار دیدند.

اما پرسشهای ژرفتری مطرح بود. «برهان نظم»[۱۲۱] که مبنای عقلی معیاری برای ایمان در

۱۲۰. با آنکه کتاب *منشاء انسان* هنوز نوشته نشده بود، اما نظریهٔ تطوّر به عنوان «نظریهٔ میمونی» The monkey theory از مدتی پیش به ریشخند گرفته می‌شد. ساموئل ویلبرفورس با طرح این پرسش که آیا پروفسور تامس هنری هاکسلی به قیاس از روی پدر جد یا مادر بزرگش مدّعی جدایی انسان از میمون شده (سخنی که بداور رفتار کانجینی با کالیله است) سطح بحث و گفتگوها را به مرتبهٔ نازلی فروکشید.

۱۲۱. The argument from design؛ معادلهای دیگری نیز دارد: از قبیل دلیل نظم، برهان اتقان صنع،

مسیحیت بود، کاملاً واژگون شده بود. برهان نظم براین بود که پیوندهای متقابل و شگفتی‌انگیز اشیاء گواه آن است جهان را موجود آگاهی که تواناییهایش حدّ و حصر ندارد، آفریده است. هر موجودی با موجودات همجوار و پیرامونش کاملاً جفت و جور است؛ هر چیزی متکی و وابسته به سلسلهٔ بی‌پایان چیزهای دیگر است. جهان هستی شاهکار هنری پیچیدهٔ تصوّرناپذیر و استادانه پرداخته‌ای است که انسان بیواسطه می‌تواند فهم آن را آغاز کند. این جهان تنها می‌تواند آفریدهٔ ذهنی ورای ذهن بشری باشد. این اندیشه با آیین داروین سازگار نبود. آیین داروین قبول داشت که موجودات بهارز شایسته‌ای با یکدیگر جفت و جور شده‌اند اما قصد و نیّتی در این کار نمی‌دید. این نتیجه‌گیری اجتناب‌ناپذیر بود، دلیل ساده‌اش این است که گزینش طبیعی، چیزهایی را که با یکدیگر جفت‌وجور نمی‌شدند، نابود می‌کرد. جهانی که موجوداتش سازگاری متقابل یافته باشند، محصول پیش‌بینی‌پذیر علتهای طبیعی است. در واقع دنیای بی‌حساب و کتاب است که بمراتب بیشتر می‌تواند شگفتی‌انگیز باشد.

از این دشواری گریزی نیست. شما می‌توانید یا آیین داروین را بپذیرید یا برهان نظم را، اما نمی‌توانید به هردوی آنها با هم معتقد باشید. شاهدهایی که به سود آیین داروین است، بسیار نیرومند است، اما بن‌بستی که با آن روبروییم، شاید ان قدر که مهیب می‌نماید، نباشد. آیین داروین منکر هستی خداوند نیست، بلکه تنها منکر یکی از برهانهایی است که در هستی آفریدگار آورده‌اند. در هر حال، ایمان به خداوند معمولاً بر بنیادهای عقلی محض استوار نیست؛ بیشترین مومنان دلایل عقلی را فرع بر دلایل ایمانی می‌دانند. و براستی اگر برهان نظم مغالطه بوده باشد، بدون شک خداپرستان منصف تایید خواهند کرد که علم با ویران کردن برهان مغالطه‌آمیز به الاهیات خدمت کرده است.

دشواری دیگر این بود که گویی تطوّر قصد و غایت معین را انکار می‌کرد و بنابراین منکر هرگونه پیشرفت اصیل در عالم بود. وقتی می‌توان گفت سازواره تکامل زیستشناختی دارد که با محیط پیرامون خود بهتر سازگار شده باشد. اما آن نوع از دگرگونی که متضمن سازگاری باشد، با شرایط طبیعی تغییر می‌کند. ممکن است در شرایطی سازواره به پیچیدگی فزاینده و ذهنیتی برتر راه ببرد، حال آنکه در شرایطی دیگر به سادگی و تیهگنی[۱۲۲] ذهنی سوق کند. می‌توان اوضاع و احوالی را تجسّم کرد که برای سازوارهٔ غیر حساس و مقاوم تحمّل‌پذیر باشد، اما سازواره‌ای که حساسیت بیشتری داشته باشد، تاب زنده ماندن را نیاورد. راست است که تخصّص، کارایی می‌آورد. اگر

◀ دلیل یا برهان غایت انگاشت و غیره. برهان نظم، استنتاج وجود صانع از مصنوع یا برهان اثبات هستی خداوند و وجود غایت هستی بر بنیاد نظم و ترتیب در کار جهان است. ــ م.

122. degeneration

هریك از اندامهای بدن منحصراً وظیفـهٔ تن ـ کارشـناخت (فیزیولوژیك) خـود را انجـام دهد، فرایندهای تن ـ کارشناختی بهتر انجام می‌گیرد. به همین دلیل می‌توان پنداشت گزینش طبیعی بیشتر به سود جاندارانی است که دارای اندامهای متعدد با تقسیم وظایف بسیارند، تا جانـدارانی که شمارهٔ اندامهایشان محدود است و هر عضـوی باید چندین کار انجام دهد. اما تکـامل را با صـرف افزایش پیچیدگی یکی انگاشتن ــ قولی که ظاهراً گروهی از زیستشناسان برآنند ــ برداشـتی پخته و قانع‌کننده نیست.

اکنون آشکارشده قصد و نیتی که از آن یاد کردیم، می‌تواند محصول فرعی تطور کورباشد. ذهن خوداگاه، تکاملی اصیل داشته، زیرا که ارزش بقاء داشـته اسـت. این ذهن وظیفـهٔ خـود را با چنان شایستگی انجام داده که ضرورتی نداشته روی مسائل عملی مربوط به بقاءِ خود مدام کار کند. این موجود فراغتی به چنگ آورده و صرف تفکّر کرده است. او فـراغت خـود را برای تشـخیص اینکـه معیارهای «خوب» چیست و چه برنامه‌ای برای نگاهداری این «خوبی» داشـته باشـد، به کار گرفته است. دکتر جولین هاکسلی به این دیدگاه توجه داشته است:[۱۲۳]

> شگفتی راستین زندگی این واقعیت اسـت که فـرایند خـودبه‌خـودی و ناهدفمند تطوّر زیستشناختی، در افراد نوع بشر عملاً هدفی واقعی برانگیخته است.

شاید این عقیده به کار انسانگرای افراطگر بیاید. این عقیده به احترامی که انسان به خود می‌گذارد و به حقانیت کوشش او رنگ می‌بخشد و می‌تواند به فلسـفه‌ای ارزشـمندوسازنده راه ببرد. امابه سـختی ممکن است مسیحی یا کسی را که عمیقاً مذهبی باشد، راضی کند.

راست‌کیشی (چون دکارت) با پافشاری براینکه تنهـا انسـان اسـت که ذیروح اسـت، مرز نفوذناپذیری میان انسان و دیگر جانداران کشیده است. راست‌کیشـی برای روح قـایل به مراتب نیست، بلکـه روح را پدیده‌ای می‌داند که جـاندار یا تماماً دارد یا اصـلاً ندارد. این نظر به سـختی می‌تواند با نظریهٔ داروین از در آشتی درآید، چـه آیین داروین جانداران را چـون حلقـه‌های زنجیری می‌انگارد که هریك اندك تفاوتی با دیگری دارند و این سلسله از موجودی که مطمئناً انسـان نیسـت آغاز می‌شود و به انسان پایان می‌گیرد. پرسش دشواری که مطرح اسـت این اسـت: در کدام یك از حلقه‌های زنجیر سلسلهٔ جانداران، روح برای نخستین بارپدیدارمی‌شود؟ کسانی که امکان وجودروح در جانداران پست‌تر را پذیرفته باشند، با مشکلی روبه‌رو نیستند، زیرا روح می‌تواند با تطوّر به کمال برسد. اما چنین اندیشه‌ای با آرای راسـت کیش سـدهٔ ۱۹ سـازگار نبود. یکـی از عوامل مربوط ناسازگاری، اندیشـه‌ای بود که داروین مطرح سـاخته بود و کلیفـرد و دیگـران پرورانیده بودند. آن اندیشه این بود که حس اخلاقی انسان بتدریج از غرایز نوعدوستانه پدید آمده است، چه نوعدوسـتی

---

۱۲۳. نامهٔ هاکسلی در *ساندی تایمز Sunday Times*، ش ۳ فوریهٔ ۱۹۵۷.

در جریان تنازع بقاء به سود بقای *نژاد* بوده اسـت.[۱۲۴] و این نظر با این اعتقـاد که انسـان با خـوردن میوهٔ ممنوع، معرفتِ خوب و بد را برای همیشه بدسـت آورده، در تعـارض اسـت. اما مشکـل این تعارض شاید دشوارتر از افسانهٔ آفرینش مسیحی نباشد.

زیسـتشناسان و هوادارانشـان به آن دسـته از معیارهای عینی که باید به عنوان اهل علم پذیرفته باشند، در مناظرات همیشه پای‌بند نمی‌ماندند. گرچه این نکته بخشودنی نیست، اما فهمیدنی اسـت. آنها در برخی از مخـالفان خـود پیشـداوری و نادانی تحمّل ناپذیری می‌دیدند. از آن گذشـته، زیستشناسی در رشد خود سالها از علوم طبیعی عقب بود. آن گاه که بر سر تطوّر مجـادله در گرفـت، زیستشناسی اعتماد به نفس ساده انگارانهٔ دوران جوانی را بدست آورد. در آن وقـت زیسـتشناسی به مرحله‌ای دست می‌یافت که علوم طبیعـی با لاپلاس بدسـت آورده بود. داروین و والاس همیشـه به رعایت کامل اعتدال مشهور بوده‌اند، اما فیلسـوفان تطوّرگرا از حـدودی که واقعیات به انهـا اجـازه می‌داد (حتی به عنوان فیلسوف) غالباً پا را فـراتر نهاده‌اند. ارنسـت هِکِل[۱۲۵] پیامبر آلمانی تطوّر با نخوتی پرداعیه منشاء زندگی را منشائی کاملاً مادّی انگاشته اسـت.[۱۲۶] هکـل بی‌آنکـه دلیلی کافـی ارائه کرده باشد، گفته است مراحلی که هر نژاد در رشد تکاملی خـود پشت سـر گذاشته، در رشـد جنینی تك تك افراد آن نژاد تکرار می‌شود. این عقیدهٔ هکل سبب شده که گروهی از زیسـتشناسان به همین قیاس شبهه‌ناك متوسّـل شـوند و پژوهش در تطوّر را بیش از اندازه بربنیاد رویان‌شناسی[۱۲۷] استوار سازند.[۱۲۸] حتی تامس هنری هاکسلی که در صداقتش تردید نیست، با شور و حرارتی که گاه در دفاع از علتی از خود نشان داده، از راه به بیراه رفته اسـت. هاکسـلی برای طـرز برخـورد کناره‌جویانه‌ای که نادانی صمیمانه را بر دفـاع از عقیدهٔ شبهه‌ناك برتر می‌دارد، اصـطلاح «درنگ آیینی» (تعطیل) را به کار برده است. اما اصـطلاح درنگ آیینی او در موضـوعهای علمی گاه از موضوعات دیگر به نظر کمتر دقیق می‌رسد. هاکسـلی می‌خـواهد برای دانشـمند به مرجعیت قـائل شود، حال آنکه خودش مرجعیت پاپ یا ژنرال بوث[۱۲۹] را به ریشخند می‌گیرد.

---

۱۲۴. نگاه کنید به فصـل ۵ کتاب *The Descent of Man* [منشـاء انسـان] داروین؛ فصـل «Basis of Morals On the Scientific» [دربارهٔ مبانی علمی اخلاق] از کتاب *Lectures and Essays* [سخنرانیها و مقاله‌ها] نوشتهٔ کلیفـرد. والاس در این باره با داروین کاملاً هم عقیده نیسـت. نگـاه کنید به فصـل ۱۵ کتاب *Darwinism* [داروینیسم] او.

125. Ernst Haeckel

۱۲۶. به قول یکی از مخالفان ارنست هکل، «خدایی در کار نیست، اما هکل پیامبر اوست.»

127. embryology

۱۲۸. خوانندگان انگلیسی موردهایی از برخوردهای تلخ و تعصّب آلوده از نظر علمی را در اثر زیر خواهند یافت: Winwood Read. *The Martyrdom of Man*[شهادت انسان].

۱۲۹. William Booth (۱۸۲۹ تا ۱۹۱۲)، کشیش انگلیسی و بنیانگذار «ارتش رستگاری». مترجم.

اما با وجود دشواریها به نظر دلیل قانع‌کننده‌ای نمی‌آمد که چرا اعتقاد به تطوّر نباید با بینش مذهبی اصیل همراه می‌بود. این مورد به مورد اخترشناسی گرانشی شباهت دارد. نیوتون و لاپلاس نشان دادند چگونه منظومهٔ خورشیدی می‌تواند بدون دخالت مستمر نیروی دیگر به کار خود ادامه دهد؛ داروین و والاس این نکته را در کار طبیعت زنده نشان دادند. در هر دو حال، نیاز نهایی به هستی خداوند منتفی نیست. تطوّر کاری به تبیین آفرینش ندارد، بلکه تنها از راز *ابزارهای مستقیمی* پرده برمی‌گیرد که با آن از مواد خامی که از پیش آفریده شده، طرح پرشگفتی بافته شده است (و هنوز هم بافته می‌شود). آفرینشی که تکامل مداوم را از راه تطوّر سپری کرده باشد، از خلقت شگفتی‌انگیز در هفت روز، کمتر تحسین‌برانگیز و رازآلود نیست. تطور همان قدر شایستهٔ احترام دینی است که خلقت هفت روزه.

تصوّر مداخلهٔ مستمر خارجی در کارهای داخلی جهان، عادت ذهنهای مردمی است که هراسناکند یا از درک محیط پیرامون خود ناتوان. این تصوّر، کهنترین صورت نظریات علمی است، زیرا که دو هدف خاص همهٔ علوم را تامین می‌کند: ۱) تبیین و ۲) کنترل پدیده‌ها. رب‌النوعی را عامل ایجاد آذرخش و توفان یا باروی خرمن دانستن، پذیرفتن توضیحی سطحی است، اما همین توضیح جای امیدی می‌گذارد که انسان با دست زدن به قربانی و راز و نیاز، بتواند از راه غیر مستقیم رب‌النوع آذرخش و توفان و خرمن را تحت تاثیر قرار دهد. این پندار در همه جا با اسطوره نشان داده شده و تقریباً به تمام ادیان کاملتر نیز راه یافته است و چنان ریشه‌های عمیقی دارد که تا مدتی دراز پس از علم دوام آورده و فرضیات نیرومندتری پیش نهاده است. در پس بیشتر مخالفتهایی که با تطوّر شده، می‌توان نزاع مداوم این پندار را برای بقاء دید؛ چه نظریهٔ تطوّر بیش از سایر نظریات علمی ــ شاید جز گرانش عمومی ــ وقوع مداوم عمل مستقیم نیروی خارجی را انکار کرده است.

ممکن است یافته‌های کنونی علم به این صورت تفسیر شود که خداوند با پیش‌بینی نتیجه‌ای که مطلوب می‌دانسته، جهانی آفریده است که می‌تواند کاملاً به حال خود رها شود تا به حسب تقدیر خود و بر بنیاد قانونهای کلی که او از آغاز آفرینش نهاده، عمل کند. از درون جهان و با عقل محدود که بنگریم، این جهان می‌تواند بی‌هدف جلوه کند. اما این بدین سبب است که عقل محدود، ولو آنکه تا اندازه‌ای بتواند بخشی از قانونهای کلی را کشف کند، تنها می‌تواند نتایج بلافصل آن کشفیات را پیش‌بینی کند، نه نتایج نهایی آنها را. عقیده به اینکه خداوند مشیّت خود را بدین گونه جاری کند، از جلال و اهمیت خداوندیش نمی‌کاهد. پیش‌بینی‌ای که مداخلهٔ اعجازی در کارهای جهان را ضروری نشناخته، همان‌قدر شگفتی‌انگیز است که هر اعجاز دیگری.

اگر این برداشتها به مذاق کسی خوش نیامد، بهتر است به یادداشته باشد که با هیچ الزام منطقی همراه نیست. اما این برداشتها برای ایمان دینی مبنای ممکنی پیشنهاد می‌کند که با یافته‌های علمی خاصی که نپذیرفتن آنها به ظاهر معقول نمی‌نماید، سازگارند. مشکلی که قایلین به این عقیده با آن

روبه‌رو هستند، این است که مبنای قانع‌کننده‌ای برای سلوك خود بیابند. در بادی امر، به ظاهر این عقیده جایی برای مسئولیت فردی باقی نمی‌گذارد. هر چند ممکن است این دلیل را بیاورند که تطوّر عقل وحس اخلاقی، بخش اساسی فرایندی است که مقصود نهایی خداوند از راه آن تامین می‌شود، فرد با کاربرد بجای این تواناییها می‌تواند آن فرایند را شتابناك و با غفلت از آنها، آن را کُند کند؛ اما در هر حال نمی‌تواند مانع پیروزی *نهایی* آن باشد. قانونهای حاکم بر تطوّر ممکن است به گونه‌ای باشد که بیشترین مردم ناگزیر باشند تواناییهای خود را در درازمدت به طرزی مناسب به کار برند. با وصف این، سلوك فردی می‌تواند به گرفتن این تصمیم که آن فرایند چه وقت روی دهد ــ نه اینکه روی بدهد یا نه ــ کمك کند.

شاید غرور نابجای انسان انگیزهٔ واقعی بیشتر اغراضی بوده که در مخالفت با تطوّر، نقاب دیگری بر چهره زده است. مردم می‌پنداشتند تطوّرگرایان مرتبت آنها را کوچك می‌دارند. تامس هنری هاکسلی با عباراتی رسا این پندار را رد می‌کند:[۱۳۰]

> اگر بر اساس احتمال تردیدناپذیر تاریخی، و نه با قطع و یقین، اذعا کنیم که منشاء انسان از دودمان حیوانی برهنه و وحشی که هوش و زیرکیش کمی بیش از روباه و درندخویی‌اش اندکی بیشتر از ببر بوده، آیا براستی از شأن والای شاعر، فیلسوف یا هنرمند که نبوغ او افتخار عصر اوست، چیزی کاسته‌ایم؟ یا چون این واقعیت تردید بردار نیست که بشر روزگاری مراحل بدوی را می‌گذرانده و جرّ را از پرّ تشخیص نمی‌داده، پس آیا او اکنون محکوم است که زوزه بکشد و چهاردست و پا راه برود؟ یا چون ساده‌ترین تحقیق در طبیعت بشر معلوم می‌دارد که در کنه ذات او حس شدید صیانت نفس و خویهای کاملاً حیوانی نهفته است، آیا قدیسان یا انساندوستان باید از تلاشهای خود در راه زندگی شرافتمندانه دست بردارند؟ آیا چون مرغ عشق مادرانه و سگ صفت وفاداری دارد، پس عشق مادری، و وفاداری پست و ناپسند است؟

هاکسلی سپس می‌افزاید: همین که گذشتهٔ انسان از مرحله‌ای فروتر برآمده، در او امیدی می‌انگیزد که می‌تواند از این که هست، فراتر برود.

---

۱۳۰. از خطابهٔ دوم کتاب *Man's Place in Nature* [جایگاه انسان در طبیعت].

هربرت اسپنسر فلسفهٔ آزادی عمل جان استوارت میل آزادی عقیده و بیان
هاکسلی و دیدگاه او ریشه‌های سیاسی احیای لامارکیسم جنجال لیسنکو
انسان برتر نیچه

متفکران سیاسی دوست دارند تنها به آن دسته از دانسته‌های تطورگرایانه توجه کنند که با آرای خود آنها متناسب باشد. کسانی مانند هربرت اسپنسر که به *آزادی عمل*[131] معتقد بودند، تاکید خود را بر مزایای سازگاری طبیعی بدون مانع می‌گذاشتند. آنها معتقد بودند مداخلهٔ دولت باید به حداقل برسد تا آنکه جامعه بتواند خود را با قانونهای طبیعی سازگار کند. اسپنسر متأخرتر از داروین نبوده تا از او تأثیر زیادی گرفته باشد. تصوّر اسپنسر از تطوّر بیشتر تصوّری لامارکی است. او فکر می‌کرد سازگاری سازواره ناشی از تلاشهای آگاهانهٔ آن در انطباق با محیط پیرامون است و بقاء پاداش موجوداتی است که تلاششان موفقیت‌آمیزتر از تلاش موجودات دیگر است. از سوی دیگر، داروینیها براین عقیده بودند که سازگاری فرد با محیط بیشتر نتیجهٔ تفاوت خود به خودی است تا تلاش آگاهانه. طبیعت (بنا به استدلال داروینیها) از راه آزمون و خطا[132] انواع موفقتری راپدید می‌آورد. موجوداتی از همه نوع را می‌آزماید و مجال می‌دهد تا رقابت، انواع ناموفق را از گردونه خارج کند. اما اگرچه آرای آنها به چگونگی تطوّر مربوط می‌شد، معتقدان به *آزادی عمل* متفق بودند که تا سر حد امکان نباید در کار طبیعت دخالت کرد. تنازع (چه تصادفی و چه بر اساس امتیاز) موجوداتی را برگزیده است که سازگاری بیشتری با جهان داشته‌اند. پس نباید در کار تنازع مداخله کرد. رقابت آزاد به ناچار باید نژاد موفقتری بیرورد؛ و از آنجا که افراد نژاد موفقتر احتمالاً شادمانتر نیز هستند، پس رقابت آزاد مطلوبی سودانگارانه[133] را دنبال خواهد کرد و سرانجام بیشترین شادمانی از آن بیشترین افراد خواهد بود. قانونگذاری صنعتی، آموزش و پروش دولتی و رعایت بهداشت شهری زیانبار است، زیراسستی وکاهلی رادامن می‌زندوارزش بقای صفتهای مطلوبی چون هوشیاری، جدیت و استقلال رافرو می‌کاهد و ناگزیر نژادی میانه حال پدید می‌آورد. بدون تردید نابودی حتمی نژاد ناموفق با قدری رنج و عذاب بهمراه است، اما سرانجام بزرگترین شادمانی ممکن که حاصل چیرگی بر بدبختی است، با عدم مداخله تأمین می‌شود.

اگر هواداران این عقیده براستی آماده بودند تا به رقابت آزاد میدان دهند، این استدلال قانع‌کننده‌تر می‌بود. اما رقابتی که وجههٔ نظر آنها بود، با رقابت آزاد واقعی فاصلهٔ بسیار داشت. بازی می‌بایست با قاعده‌های خاصی انجام می‌گرفت. رها کردن کارگر غیرقابل اشتغال به حال خود تا از گرسنگی جان دهد، یا با قرارداد ظالمانه کسی را فریفتن و به کاری گماشتن، بی‌آنکه او مفاد قرارداد

131. *laissez faire* 132. trial and error 133. utilitarian

را از هر حیث دانسته باشد، قانونی بود، اما قتل و دزدی آشکارنایستد به شمار می‌آمد. پس این قیاس، مع‌الفارق است؛ چه گزینش طبیعی در میان جانوران وحشی و در شرایطی صورت می‌گیرد که بی‌قانونی کامل حکمفرماست. در چنین شرایطی ماهرترین جنایتکاران و دزدان، از استعدادهای خود بیشترین بهره را برمی‌گیرند. در هر حال کل استدلال در معرض تردید است. این استدلال ابتدا خوب را به همان بقای اصلح رقابتِ آزاد تحیر می‌کند و سپس رقابت آزاد را به عنوان وسیله‌ای برای تحصیل خوب تجویز می‌کند.

جان استوارت میل بدگمانی به مداخلهٔ دولت را از راه پدرش از سودانگاران و اقتصاددانان کلاسیک مانند تامس مالتوس، دیوید ریکاردو، آدم اسمیت و جرمی بنتام به ارث برده است.؛ هرچند که هواداریش از آزادی فردی با حسّ عملی و انسانگرای او تعدیل شده است. به عقیدهٔ او، آزادی مطلق فرد با هیچ نوع جامعه‌ای سازگار نیست. میل می‌پرسد آزادی فرد را چگونه باید محدود کرد. و پاسخی که می‌دهد این است که فرد در انجام اعمالی که آثارش تنها برخود او و برکسانی که با تمایل خود و در کمال آگاهی همکاری کنند مترتب باشد، آزادی کامل دارد. اما از انجام اعمالی که به زیان دیگران باشد، یادیگران از آن ناخرسند باشند، باید جلوگیری شود. بنابراین، اگر کسی بخواهد می‌گساری کند، امری است مربوط به خود او؛ اما اگر بر اثر این کار از احوال خانواده‌اش غافل بماند، جامعه حق و وظیفهٔ دخالت دارد. کاربرد این اصل میل را از *آزادی عمل* دور کرد، زیرا فعلهای کمی هست که بر هیچ کس جز فاعل و همکاران آزادکام او تاثیر نداشته باشد. از این رو، او با وجود اصول عقایدش، آموزش اجباری (و هر جا که لازم باشد با کمک دولت)، قانونی که ازدواجهای نامال‌اندیشانه را ممنوع کند و حتی وجود بخشی نظارتهای دولت بر توزیع ثروت را ــ اگر نگوییم ثروت‌اندوزی ــ توصیه کرده است. پیامبری که برای ترویج فردگرایی آمده بود، به سوسیالیست ملایمی تبدیل شد. میل تنها در موضوع آزادی عقیده و بیان است که به هیچ سازشی تن در نمی‌دهد. او می‌گوید تکامل آرای درست تنها در صورتی ممکن است که میان همهٔ انواع اندیشه تنازع بقای آزاد برقرار باشد. ممکن است اندیشه‌هایی که بنیادهای استواری دارند و در درازنای تاریخ انسان را یاری رسانده‌اند، حاوی عناصر نادرستی باشند؛ و مهجورترین اندیشه‌ها می‌توانند عناصری از حقیقت را دربر داشته باشند. در میدان بحث آزاد که بهترین اندیشه‌ها برجای می‌مانند، از هیچ اندیشه‌ای ــ هرچند هم مهجور ــ نباید حق رقابت با سایر اندیشه‌های رقیب را گرفت. حتی اندیشه‌هایی که پذیرفته‌ترین اندیشه‌های مردم باشند و از هر شکّ و تردید خردپذیری به دور بنمایند، نیاز بدان دارند تا همواره با مخالفت و ایراد شبهه روبرو گردند، مبادا که بیش از اندازه مسلم انگاشته شوند و قوّت خود را از کف بدهند.

جان استوارت میل میان عقیدهٔ کسانی که فکر می‌کنند طبیعت بدوی را باید آزاد گذاشت و کسانی که معتقدند زمام طبیعت راباید به دست گرفت، پیوندی برقرار کرده است. تامس هنری هاکسلی با

توانایی در این موضوع بحث کرده است[۱۳۴] و دلایل محکمی علیه *ازادی عمل* اورده است. پیشرفت نخستین زندگی با تطور کور حاصل شد. این پیشرفت نتیجهٔ گزینش طبیعی‌ای بود که با تاثیر روی چنان دگرگونیهای اتفاقی، پاره‌ای از جانداران را بهتر از سایر جانداران با شرایط بومشناختی و آب و هوایی موجود سازگار کرده بود. هاکسلی این حالت اشیاء را که نتیجهٔ مستقیم فرایند کور است، «قلمرو طبیعت»[۱۳۵] نامیده است. آمیزگاری[۱۳۶] و زیرکی از جملهٔ اختصاصاتی بوده‌اند که در قلمرو طبیعت ارزش بقای زیادی از خود نشان داده‌اند. تطور همین اختصاصات (در انسان) ضمناً حس اخلاقی، اندیشهٔ خیالپرور[۱۳۷] و توانایی لذت زیبایی شناختی را به بار اورده است. از این رو، عنصر تازه‌ای به فرایند کیهانی[۱۳۸] راه یافته است. جانداری پدید آمده که به جای آنکه به سازگاری اتفاقی با شرایط خارجی تکیه کند، توانسته با نیروهای دماغی خود شرایط خارجی را با نیازهایش سازگار کند. این موجود محیطی برای خود به وجود اورده که هاکسلی ان را به باغی در دل کویر تشبیه کرده و به ان قلمرو هنر[۱۳۹] نام داده است. کویر و باغ درگیرودار ستیزند و اگر در کوشش باغبان سستی راه یابد، کویر طبیعت بدوی باغ را بیدرنگ به نابودی می‌کشد. جدیترین وظیفهٔ باغبان این است که تنازع بقای میان باغ و کویر را به سود باغ تخفیف دهد؛ چه اگر آتش ستیز میان آن دو دربگیرد، بهترین گیاهان باغ در برابر موجودات خشن کویری تاب نخواهند اورد.

واژهٔ طبیعی، «ایهام‌دار» است. این واژه می‌تواند در معنای گستردهٔ کلمه به کار رود و بر هر بخش یا هر محصول فرایند کلی کیهانی اطلاق شود؛ یا اینکه در معنای محدود کلمه به کار رود و تنها به آثار تطور کور بازگردد. هاکسلی مرز میان این دو را روشن می‌کند. او در حالت تقابل قلمرو طبیعت با قلمرو هنر می‌گوید که باغ در *معنای محدود کلمه* غیرطبیعی است؛ باغ، محصول طبیعتی که مستقیماً از راه تطور کور عمل کند نیست، بلکه محصول طبیعتی است که تطور کور از راه هوش انسان مجال بروز بدان داده تا غیرمستقیم عمل کند. اما در *معنای وسیعتر کلمه*، باغ همان اندازه «طبیعی» است که کویر؛ باغ و کویر هر دو ثمرهٔ فرایند کیهانی کلی هستند و ستیزهٔ میان این دو، تنها یکی از نزاعهای بیشمار فرایند کیهانی است. نمایندگان فلسفهٔ *ازادی عمل* واژهٔ «طبیعی» را در معنایی دوپهلو به کار می‌برند. چنان استدلال آنها (باید جامعه را ازاد گذاشت تا «به صورت طبیعی» رشد کند) به‌فهم دقیق واژهٔ «طبیعی» در معنای وسیع آن بستگی دارد. اما مشی آنها این است که ستیز بدوی با باغ را از نو بپذیرند ــ بدین معنی که کوششان براین است تا شرایطی را به جای آن بگذارند که تنها در معنای محدود کلمه «طبیعی» باشند. آنها هستند که براستی در کار فرایند کیهانی

۱۳۴. به ویژه نگاه کنید به پیشگفتار هاکسلی بر کتاب *Evolution and Ethics* [تطور و اخلاق].

135. State of Nature 136. sociability 137. reflective thought
138. Cosmic Process 139. State of Art

فضولی می‌کنند، نه مخالفانشان. هوش بشر و معیارهای اخلاقی و زیبایی شناختی او، مطمئناً همان قدر محصول فرایند کیهانی است که خال بدن پلنگ یا خرطوم فیل. و باید به موجودات مجال داد تا نقش کامل خود را در استمرار فرایند کیهانی بازی کنند. اشکالتراشی در سازمان باغ، انکار انسان و حاشا کردن مزیّت آن دسته از تواناییهای ذهنی است که گزینش طبیعی برانها صحه گذاشته است؛ و این بدان می‌ماند که روی خالهای تن پلنگ نقاشی کنند یا خرطوم فیل را ببرند.

تامس هنری هاکسلی اصولاً متفکر سیاسی یا اجتماعی نیست، اما دیدگاه او شایستهٔ توجه خاص است، زیرا به خلاف بسیاری دیگر، برداشتش از تطور نه برداشت از یك آیین فلسفی مبهم، بلکه برداشت از نظریه‌ای علمی است که با بیطرفی بر امور واقع بنیاد شده باشد. خود او شواهد تطور را ثبت و ضبط کرده و براستی بیشتر اصول آن را کشف کرده بود. او نقاط قوت و ضعف تطور را می‌دانست و توان آن را داشت تا در بارهٔ نتیجه‌های صحیح یا مشکوکی که از آن می‌گرفتند، داوری کند. بنابراین، این نکته مهم است که هاکسلی با این نظر که تطور بهانه‌ای در دست حکومت باشد تا مسئولیتهای خود را به گردن «طبیعت» بیندازد، با همهٔ توان علمی به مخالفت برخاست.

بیشتر نظریه‌پردازان سیاسی با هاکسلی همعقیده‌اند که اگر باغ گسترش نیابد، باید نگاهداشته شود؛ اما دربارهٔ چگونگی باغ با هم اختلاف‌نظر دارند. برداشت نظریه‌پردازان سیاسی از تطور عموماً سطحی بود و هرکدام توجه خود را به جنبه‌ای از تطور معطوف می‌داشتند که پشتیبان بیشداوریهان می‌نمود. سوسیالیستها بر ارزش همکاری در امر بقاء تاکید می‌کردند، مانند همان همکاری که میان مورچگان، زنبوران و گرگان هست. آنها در سر این سودا را داشتند که رقابت میان انسانها را از میان بردارند، تا انسان بتواند در جنگ با طبیعت به پیروزی برسد. بنابراین، انها می‌توانستند به رئوسی از اندیشهٔ تطورگرا در تایید اصل همکاری متقابل سازمان یافته استناد کنند که به عقیدهٔ ایشان سعادت بشر را تامین می‌کند. نظریه‌پردازان محافظه‌کارتر در عین انکه ضرورت بعضی همکاریها را قبول داشتند، امّا مزیّت رقابت را به عنوان وسیلهٔ تقویت تطور افراد کارامد در هر نژاد می‌دیدند. هاکسلی پشتیبان این عقیده است. هاکسلی به این نکته اشاره می‌کند که نزاع اولیه در راه بقای صرف، در طول قرنها بطور جدّی بر انسان متمدن تاثیر نگذاشته است. تاثیری که هنوز باقی است، نزاع ملایمتر انسان در راه لذّت است. همین نزاع به عنوان انگیزهٔ پیشرفت فردی می‌تواند انگیزه‌ای ارزشمند باشد. ملی‌گرایان و ارتشیان که واحد آرمانی‌شان بیشتر ملت است تا نوع بشر، و جز به فضایل نظامی به خصایل دیگر توجه زیادی ندارند، طرفدار باغ و بوستانی هستند که برای مثال، گرت سازمان یافتهٔ کلم و توت فرنگی به حال خود رهاشوند تا برای رسیدن به برتری با یکدیگر بجنگند. مارکسیستها معتقدند که نزاع تطورگرایانه باید میان طبقات باشد.

بویژه در میان متفکران چپ گرایشهایی در جهت احیای لامارکیسم، با مقاصد تبلیغاتی و بدون توجه به جنبهٔ علمی آن بوده است. بررسی آماری جدید علم توارث، از کارهای مندل و سر فرانسیس

کالتن[۱٤۰] سرچشمه گرفته است. این بررسی، عقیدهٔ داروین را که صفتهای موروثی به طور کلی صفتهای فطری هستند، تأیید می‌کند. واین، خلاف عقیدهٔ لامارك است که تأثیرات محیط و طبیعت را موروثی می‌دانست. به نظر هر کسی که به اصلاح مداوم نژاد بشر عقیده داشته باشد، این نتیجه‌گیری فرصت خاص را به موجوداتی نسبت خواهد داد که برتری خود را تصادفاً به صورت مادرزادی یا بر اثر پرورش به دست آورده‌اند. این نتیجه‌گیری نه به این معناست که برتری تنها در میان گروه هم درآمد یا یك طبقهٔ اجتماعی روی می‌دهد و نه لزوماً متضمن غفلت کلی از طبقات کم امتیازتر است؛ بلکه تاکید این نتیجه‌گیری بر حفظ اشرافیت متکی بر خون و تبار و تربیت است.[۱٤۱] چنین برداشتی نمی‌تواند خوشایند مساوات‌طلبان[۱٤۲] باشد. اگر مساوات طلبان بتوانند ثابت کنند شرایط بهتر زندگی و آموزش عمومی، تنها مُسکّن زودگذر نیست بلکه دارای تأثیرات مداوم است، مدعای خود را قوت بخشیده‌اند. بر اساس نظر لامارك و همان‌گونه که مساوات‌طلبان دوست دارند بیندارند، تأثیرات طبیعت روی هم انباشته خواهد شد. اما علم توارث نوین می‌گوید: تأثیرات طبیعت تنها متوجه موجوداتی است که آنها را مستقیماً دریافت کنند. این تأثیرات می‌تواند زندگیهای بسیاری را شکوفان کند، اما اگر در جستجوی پیشرفتهایی هستیم که از نسلی به نسل دیگر دوام آورد، بایستی به پرورش روی کنیم. کوشش چشمگیری که در راه احیای لامارکیسم به کار رفت، کوششی بود که جنجال اخیر لیسنکو[۱٤۳] را در روسیه به راه انداخت. شرح این جنجال به تفصیل در کتاب دکتر جولین هاکسلی[۱٤٤] بررسی شده است. جنجال لیسنکو یادآور همان زویدادهای ناگوار سده‌های ٤ و ٥ میلادی است که باردیگر در سده‌های ١٦ و ١٧ تکرار شد. هنوز راه درازی در پیش است تا این پندار از میان برود که علم باید نگاه داشتن جزم و تعصّب سودمند به حال خود را بر تجزی شرافتمندانهٔ حقیقت برتری دهد و اگر برتری ندهد سزاوار تعقیب و آزار است.

محصول چشمگیر اندیشهٔ تطوّرگرا، آیین انسان برتر نیچه بود. نیچه پژوهنده‌ای کلاسیك بود، تخیّلی شاعرانه داشت وبه فرهنگهای اشرافی یونان و روم احترام عمیق می‌گذاشت: فرهنگهایی که

140. sir F. Galton

۱٤۱. تربیت دولتی (عین تربیت خصوصی) مورد نظر است.

142. egalitarians

۱٤۳. تروفیم دنیسوویچ لیسنکو T. D. Lysenko (۱۸۹۸ تا ۱۹۷٦) بنیانگذار مکتب علم توارث شوروی است. لیسنکو آرای علمی خود را به گونه‌ای ترتیب داد که با آیین مارکس و مذاق زمامداران دولت وقت شوروی سازگار بود. او در دورهٔ زمامداری استالین به مناصب عالی ادارهٔ دولتی چند سازمان علمی رسید، اما پس از مرگ استالین، فرضیه‌های علمیش در معرض انتقادهای شدید قرار گرفت و ناچار از سمتهای خود مستعفی گردید. ـ م.

144. *Soviet Genetics and World Science* [علم توارث شوروی و علم جهانی]

بر بنیاد فراغت همراه با فرهنگ برای عده‌ای اندکشمار و بردگی عده‌ای بیشمار استوار بود، او با شیفتگی خطرناك دوستگاران (امارتورها) اندکمایه، به زیستشناسی تطورگرا روی آورد. به ویژه از برداشت گالتن دربارهٔ بهبود نژاد[۱٤٥] و اصلاح برنامه‌ریزی شدهٔ نژاد انسان از راه پرورش گزینشی دقیق، متاثر بود. از عقیدهٔ شوپنهاور دربارهٔ اهمیت بنیادی اراده همچون قدرت کیهانی و نیز از آرزوی قهرمان رمانتیکی که هنرمندان بی‌بند وباری چون لرد بایرن و واگنر به میان آورده بودند، عمیقاً متاثر بود. نیچه کوشید تا این پندارهای پراکنده را در فلسفهٔ خود یگانه سازد.

انسان برتر که قرار بود نژاد آینده باشد، از تطوّر انسان پدید خواهد آمد؛ اما او همان قدر برتر از انسان است که انسان بر میمونها برتری دارد. نیچه انسان برتر را با خصیصه‌های ذاتی اسکندر کبیر، لئوناردو داوینچی و چارلز بردلو[۱٤٦] تجسّم می‌کرد؛ انسان برتر او رزم آور و هنرمندی عالی، بدون اعتقاد به خدا و تنها دلمشغول خودفرهیختگی[۱٤۷] خویشتن است. تطور انسان برتر که برای ظهورش آگاهانه تلاش شده، قرار بود از راههای لامارکی صورت می‌گرفت. این تطور همان چیزی بود که ارزش کوشش انسان را داشت و هر فداکاری که در راه آن به کار می‌رفت، چندان بزرگ نبود. پس کسانی که از برتری عقلی، بدنی، کاری یا نیروی ارادی خود آگاه بودند، وظیفه داشتند خود را به طبقهٔ فرادست «برتران» تبدیل کنند و کوشش خود را تنها در راه گسترش تواناییهای قهرمان‌وار خود به کار گمارند. گلّه‌ای که نیچه از آنها با اصطلاح «پایدان و نگون‌بختان»[۱٤۸] یاد می‌کند، جز بردگی و بندگی کردن این مردان برتر به کار دیگری نمی‌آیند؛ در برابر پیروزی یك قهرمان، رفاه حال اینها هیچ اهمیتی ندارد؛ چه پیروزی قهرمان گامی به سوی برآمدن انسان برتر است و این برآمدن، تنها چیز شایان اهمیت است. به ویژه دینی چون مسیحیت که همدردی، و فروتنی و مهربانی را تبلیغ می‌کند، مانع پیشرفت است، چرا که اخلاق ستودنی خُلق تشخیص[۱٤۹] بی‌شخصیت فرادستان را ویران می‌کند؛ هر چند که مسیحیت برای خرسند داشتن توده‌ها به زندگی بردهوار خود موقتاً بکار می‌آید. عناد نیچه با مسیحیت، بیشتر برای نقشی بود که مسیحیت در گسیختن سنت تمدن شرك‌آلود داشت. آرای او دربارهٔ انسان، مانند آرای پولس حواری و اوگوستین قدیس به سختی قابل انتشار بود.

این بود پیام نیچهٔ رسول. او می‌پنداشت بشریت برای این پیامها باید تا به ابد سپاسگزارش باشد. این، مکتب انسانگرایی (اومانیسم) بود که به جنون دچار شده بود، نه استقلال سالمی که از ویژگیهای آتن یا رنسانس به شمار می‌رفت و انسان را از شر خرافات و تعصّب و کورباطنی رها

145. eugenics

۱٤٦. Ch. Bradlaugh، از اصلاحگران اجتماعی سدهٔ ١٩ انگلیس. ـ م.

147. self - fulfilment 148. the bungled and botched 149. self - assertion

ساخته بود. خودپرستی بیمارگونه‌ای در کار بود. نیچه حدیث نفسی[۱۵۰] نوشت و نام کفرآلود (به *انسان بنگر*)[۱۵۱] را بران نهاد. عنوان سه فصل نخستین کتاب او این است: «چرا من این قدر خردمندم»، «چرا من این سان هوشمندم؟»، «چرا چنین کتابهای بی‌مانندی می‌نویسم؟» ظاهراً اظهارنظر بیش از این لازم نیست. شاید این نکته شایستهٔ توجّه باشد که گرچه نیچه شخصاً هوادار جامعهٔ جهانی (انترناسیونالیست) بود و آرمان او دربارهٔ خودگرسازی آگاهانهٔ انسانی از جهاتی اصالت داشت، امّا تاثیر عظیم و در عین حال زیانبار او بیشتر از راه جنبشهای آلوده به غرور نژادی، مانند آریایی‌گرایی[۱۵۲]، پروسی‌گرایی[۱۵۳]، و فاشیسم[۱۵۴] گسترش یافت.

150. autobiography 151. *Ecce homo* 152. Aryanism
153. Prussianism 154. Fascism

فصل دهم

فرجام سخن: روندهای علمی و فکری سدهٔ بیستم

۱ انقلاب علمی سدهٔ بیست نظریهٔ نوین مادّه نظریهٔ کوانتوم نظریهٔ نسبیت
قانون گرانش اینشتین برخورد نوین دانشمندان به جهان

کتابی با این حجم که زمینه‌های بسیاری را در بر گرفته است، تنها می‌تواند به کلی‌ترین خطوط علم سدهٔ ۲۰ بپردازد. در این زمینه کتابهای مشهور زیاد است. اما این واقعیت را از نظر دور نداریم که مفهومهای تازهٔ فیزیک، شیمی و اخترشناسی را بدون کمک ریاضیات پیشرفتهٔ عالی نمی‌توان کاملاً فهمید. حتی این نکته دربارهٔ زیستشناسی راست است. انقلاب علمی دیگری در ۶۰ سال گذشته رخ داده است. این انقلاب از انقلابی که در سده‌های ۱۶ و ۱۷ روی داد ــ انقلابی که دانشمندان با کشفیات علمی خود به ثمر رسانده بودند ــ متفاوت است. انقلاب سدهٔ ۲۰ محصول جریان اندیشه‌هایی از بیرون نیست، امّا انقلاب است. انقلابی است متضمن دگرگونی بنیادی در مفهومهای اساسی و راههای تفکر. ابزارهای نوین، مانند تلسکوپ رادیویی و میکروسکوپ الکترونی سرشار از همان امکاناتی هستند که روزگاری تلسکوپ و میکروسکوپ نوری با خود داشتند.

علم سده‌های ۱۷ و ۱۸ و ۱۹، مکان، زمان و مادّه را مفهومهای اساسی خود قرار داد. مفهوم مادّه به منزلهٔ مجموعه‌ای از اتمهای بسیط تجزیه‌ناپذیر به ظاهر مشکلی جدّی به همراه نداشت. این مفهوم در دایرهٔ فهم عادی می‌گنجید و با چیزی که در عالم طبیعی دارای هستی مستقل بود، تناظری نزدیک داشت. امتداد و استمرار مادّه، مفهومهای مکان و زمان قابل اندازه‌گیری را پدید آورد. گذشته از این، این مفهومها برای کاربرد، به ظاهر از صراحت کافی برخوردار بودند و به هیچ نوع تجزیه و تحلیل عمیق نیاز نداشتند. پدیده‌های مادّی در مکانها و زمانهای متفاوت وجود دارند و میان آنها رابطه‌های زمانی و مکانی برقرار است. تغییراتی که در این روابط روی می‌دهد، مفهوم حرکت قابل اندازه‌گیری را به میان آورده است. مفهوم جرم از مشاهدهٔ این خاصیت پدید آمده که هر جسمی لختی قابل محاسبه‌ای دارد یا تمایلش به این نیست که حرکتش با اجسام دیگر تغییر کند. گرما، صوت و کشسانی با اصطلاح مادّه و حرکت «تبیین» می‌شدند. اطمینان می‌رفت با گذشت

زمان، برق، تابش و گرانش به همین سان «تبیین» می‌شدند. اصل علیت عمومی[1] بر جهان مکانیکی حکمرما بود. هر رویدادی علتی داشت و علتهای مفروض همیشه معلولهای همانند داشتند. هر رویداد بازآرایی کاملاً سادهٔ ذرات مادی بود. کار علم آشکار ساختن پیوندهای میان رویدادها بود. ممکن بود ردیابی این پیوندها پیچیده و دشوار باشد، اندیشمندان دربارهٔ ماهیت و عینیت رویدادهایی که آن پیوندها در میان آنها برقرار شده بود، هیچ تردید جدّی به خود راه نمی‌دادند.

در اوایل سدهٔ ۲۰ سه پیشرفت زیر و زبر ساز از راه رسید: نظریهٔ نسبیت، نظریهٔ کوانتوم و نظریهٔ برقی ماده. هر سه نظریه تارسایی مفهومهایی را که علم مدتها مسلّم انگاشته بود، بازنمودند. زیر ستونهای استوار خالی شده بود.

نظریهٔ نوین ماده که به ویژه از آن جوزف جان تامسن و لرد ارنست رادرفرد[2] است، با بررسی تخلیه‌های الکتریکی در خلأ زیاد آغاز گردید. با این بررسی، به الکترون، ذرّه‌ای که بمراتب کوچکتر از اتمهای شیمی است، پی بردند. بررسی رادیواکتیویته شواهد بیشتری را نشان داد. به زودی آشکار شد که نمی‌توان اتمهای شیمیایی را اجزای تشکیل دهندهٔ ماده به شمار آورد. ذرّات کوچکتر از اتم، مانند پروتون، نوترون و پوزیترون کشف شدند. دیگر اتم نه یکپارچه بود و نه بسیط، بلکه ساخت پیچیده‌ای می‌نمود که بیشتر از فضای تهی و ذرات جدایی‌پذیر تشکیل شده باشد. اما موضوع به همین جا پایان نمی‌گرفت. کشف اینکه ذرّات نهایی ماده از آنچه پیشتر تصوّر می‌شد کوچکترند، هرچند که جالب بود، اما انقلابی نبود. کوشش در پیش‌بینی رفتار اجزای کوچکتر اتم برپایهٔ مکانیك نیوتونی با شکست روبه‌رو شد. این شکست، رویدادی جدّی بود. مکانیك کوانتومی نوینی که ناگزیر به کار گرفته شد، نشان می‌داد که این گونه ذرّات، ذرّات معیّن، در مکان معیّن و با سرعتهای معیّن نیستند. صرف عمل مشاهده بر رفتار آنها تاثیر می‌گذاشت. ممکن نبود جا و نیز سرعت الکترون به دقّت دانسته شود، چه اندازه‌گیری هر ذرّه، تغییری در رفتار ذرهٔ دیگر به بار می‌آورد. وگرچه الکترونها بیشتر رفتاری چون ذرات داشتند، گاه به ظاهر درهم می‌رفتند و گویی دسته‌هایی از امواج بودند. همچنین دانسته شد که جرم می‌تواند با پیدایش یك هم ارز در تابش نابود شود.

از این رو، ظاهراً تجزیهٔ مادهٔ معمولی به چیزی می‌انجامید که آن چیز نوعاً از مادهٔ معمولی متفاوت بود. انگار ذرّات نهایی، خاصیتهایی چون دوام، وضع یگانه و پیروی از قاعده را نداشتند، حال آنکه بر اساس قانون نیوتونی، اینها از جملهٔ خصوصیات اصلی همهٔ مواد به شمار می‌آمدند. اکنون چنین خاصیتی آماری می‌نمود و در نسبتهای بزرگ ماده (که میانگین حرکت اجزای بسیار

1. Principle of Universal Causation 2. E. Rutherford

دخیل بود) وجود داشت، نه در تك تك اجزاء. برداشتی پذیرفتنی که از ماده داشتند و آن را چیزی بسیط و کاملاً ادراك پذیر می‌دانستند، رنگ باخت. لاجرم باید می‌پذیرفتند ماده چیزی کاملاً پیچیده است. پنداری ذرات تشکیل دهندهٔ ماده خصوصیتهایی ناسازگار داشته باشند و نتوان هیچ تصویر فیزیکی قانع کننده‌ای از آنها به دست داد.

این عقیدهٔ قدیمی که تابش در امواج پیوسته سیر می‌کند، نیز مورد پرسش قرار گرفته بود. نظریهٔ کوانتوم[3] در توضیح این پدیدهٔ خاص، فرض را بر این نهاد که نور در بسته‌های جداگانهٔ انرژی که فوتون نام دارد، متنقل می‌شود. نظریهٔ کوانتوم بازگشت به نظریه‌ای مانند نظریهٔ نشری قدیمی بود. هرچند بیشتر پدیده‌های نوری شباهت نور به موج را القاء می‌کرد، اما اکنون چنان می‌نمود که نور گاه رفتاری چون بارانی از ذرّات دارد. نیوتون به این رفتار نامتعارف که به رفتار الکترون می‌مانست، به طور مبهم پی برده بود. امّا با این وصف تا اوایل سدهٔ ۲۰ دلایل نظریهٔ موجی محض آهسته آهسته قوّت گرفت.

در این میان نظریهٔ نسبیّت به نقّادی مفهومهای مکان و زمان پرداخت. معلوم شد که سرعت اندازه‌گیری شدهٔ نور، مستقل از سرعت مشاهده‌گر نسبت به منبع نور بود. نیز دانسته شد که بررسی حرکت زمین در میان اثیر نورانی ناممکن است. چون زمین به گرد خورشید می‌گردد، به نظر می‌رسید چنین حرکتی باید در وقتی از سال باشد. اینشتین ثابت کرد با کنار گذاشتن فرضیه‌های خاصی که در بارهٔ مکان و زمان است، می‌توان از این بی‌قاعدگیها پرهیز کرد. واژهٔ «فاصله» تنها تا آنجا مهمّ است که بر نتیجهٔ اندازه‌گیری دلالت کند. همان گونه که اینشتین یادآور شده است، تماشاگری که فاصلهٔ میان دو نقطه را اندازه می‌گیرد، نتیجه‌ای را به دست می‌آورد که به وضع حرکت خود او بستگی دارد. تماشاگران دیگری که سرعتهای متفاوتی داشته باشند، نتیجه‌های متفاوتی می‌گیرند. چون چیزی به نام حرکت مطلق نیست، پس هیچ معیاری برای برتر شمردن یك نتیجه بر نتیجهٔ دیگر وجود ندارد. باید پذیرفت که فاصلهٔ میان دو نقطه ارزش مطلق ندارد. فاصله، رابطه‌ای است که به تماشاگر بستگی دارد؛ میان نقطه‌ها رابطهٔ عینی برقرار نیست. فرضی که تا آن وقت عمومیت داشت و این گونه رابطهٔ میان دو نقطه را *فاصله* تلقی می‌کرد، فرضی نابجا شمرده شد. این نکته دربارهٔ فاصله‌های زمانی نیز راست است. تماشاگرانی که در حالتهای مختلف حرکت، زمان میان دو رویداد را اندازه می‌گیرند، به نتیجه‌های متفاوتی می‌رسند؛ اما برآوردهای آنها به یك نسبت صحیح است. با وصف این، اگر تماشاگری فاصله و زمان میان دو رویداد را اندازه بگیرد و نتیجه‌های به دست آمده را به روش خاص ریاضی با هم ترکیب کند، می‌تواند به کمیّتی برسد که «فاصله»ی رویدادها نام دارد. معلوم شده که این «فاصله» برای همهٔ تماشاگران یکسان است.

۳. این نظریه را ماکس پلانك Max Planck در سال ۱۹۰۱ اعلام کرد.

هرگاه دو تماشاگر برآوردهای متفاوتی در باب فاصله داشته باشند، نتیجتاً اختلافی نیز در برآوردهای آنها از زمان خواهد بود. آنها به «فاصلهٔ» مشابهی دست خواهند یافت، پس فاصله دارای کمیّت مطلقی است که مسافت و زمان بطور جداگانه ندارند. برای آنکه نسبت به جهان دیدی عینی داشته باشیم، ناگزیریم زمان و مکان را با هم در نظر بگیریم و آنها را پدیده‌هایی جدا از یکدیگر نپنداریم. بایستی فاصلهٔ رویدادها را در «جاگاه»[4] متمرکز سازیم.

این برداشتها به نظریهٔ تازه‌ای دربارهٔ گرانش انجامید. فاصلهٔ دو رویداد مجاور که همهٔ تماشاگران درباره‌اش اتفاق نظر دارند، با فرمولی ریاضی (که متریک[5] نام دارد) بیان می‌شود. این فرمول شامل مسافتهای اندازه‌گیری شده و زمانهایی است که دربارهٔ آنها *اختلاف نظر* هست. هر تماشاگری برآورد شخص خود از مسافت و زمان را در فرمول می‌گذارد و فرمول به گونه‌ای است که همهٔ تماشاگران فاصلهٔ مشابهی را محاسبه می‌کنند. معلوم شده که متریك از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر فرق می‌کند. در جایی که ماده نباشد، متریك به فرمول فیثاغورسی مسافت در هندسهٔ معمولی شباهت دارد. اما در مجاورت ماده، توافق میان تماشاگران تنها می‌تواند با کاربرد متریك متناسب شده حاصل شود. تناسب لازم به پراکندگی ماده بستگی دارد و می‌تواند براساس آن تعیین شود. پس خواص هندسی جاگاه که در متریك خلاصه می‌شود، متاثر از حضور ماده است. متریك متناسب شده به فرمولهایی شباهت خواهد داشت که در هندسهٔ معمولی مسافت میان هر نقطه از نقطهٔ دیگر را روی سطح منحنی به دست می‌دهد. این همان چیزی است که از معنای این سخن که جاگاه «منحنی رسم شده» در حضور ماده است، مراد می‌شود. هر کوششی برای تجسّم انحنا بیهوده و گمراه کننده است. روش ریاضی برای محاسبهٔ فاصله در مجاورت ماده، مانند روش محاسبهٔ مسافت روی سطح منحنی است. شباهت میان این دو به اندازه‌ای است که تشبیه اجازه می‌دهد.

فرض کنید $A_n \ldots$ و A_2 و A_1 و A_0 نقطه‌هایی باشند که با توالی نزدیك بر روی مدار سیّاره باشند. وقتی سیّاره به نقطهٔ A_0 (در زمان t_0) می‌رسد، رویدادی است که آن را با E_0 نشان می‌دهیم. رویدادهای $E_n \ldots$ و E_2 و E_1 به همین نحو تعریف می‌شوند. فرض کنید فاصلهٔ E_0 از E_1 با S_1 و فاصلهٔ E_1 از E_2 با S_2 نشان داده شود و به همین نحو. پس $S_1+S_2+ \ldots + S_n$ فاصلهٔ کل خواهد بود که از مسیر سیّاره اندازه‌گیری شده است. قانون گرانش اینشتین می‌گوید مسیر و سرعت سیّاره طوری تنظیم شده است که فاصلهٔ کل ـ فاصله‌ای که برای هر بخش از مسیر حرکت سیّاره محاسبه شده ــ حداکثر خواهد بود. هر انحرافی در مسیر یا سرعت فعلی، کاهشی در فاصلهٔ کل به دنبال خواهد داشت. این مسیر فاصلهٔ حداکثر که طبیعی سیّاره است، متاثر از مجاورت سایر اختران است، زیرا پراکندگی آن اجسام، طبیعت متریك را در مجاورت سیّاره تعیین می‌کند. اینشتین

4. space- time 5. metric

برای تبیین اینکه *چرا* سیّاره مسیر فاصلهٔ حداکثر را می‌پیماید، یا چرا حضور ماده متریك را تغییر می‌دهد، کوششی نکرده است. او تنها به ارائهٔ قاعده‌های ریاضی برای تنظیم متریك و محاسبهٔ حرکتهای سیّاره بسنده کرده است. اینشتین می‌گوید پیش‌بینی‌هایی که برپایهٔ این قاعده‌ها استوار باشد، با مشاهده مطابقت دارد.

این نظریهٔ گرانش هندسی تصوّر یونانیان را از حرکتهای «طبیعی» به یاد می‌آورد. فیثاغورس و افلاطون حرکت مستدیر را حرکت طبیعی اختران می‌پنداشتند، چه به اعتقاد آنها دایره شکل هندسی کامل بود. ارسطو می‌گفت سنگ فرومی‌افتد، زیرا میل «طبیعی»اش آن را به سوی فلك خاص خود می‌راند. نیازی نمی‌دیدند که عاملی بیرونی سیّاره را در گردش مستدیر نگاه دارد یا سنگ را به زمین فروبکشد. گالیله و نیوتون با قایل شدن به این فرض که تنها حرکت «طبیعی»، حرکت یکنواخت در راستای خط راست است، علم را دگرگون ساختند. لاجرم هر حرکت دیگر باید به نیروهای دیگری که جسم را از مسیر «طبیعی» خود خارج می‌ساخت، نسبت داده می‌شد. آنها ناگزیر شدند به نیروی گرانش، نیرویی که همواره از پذیرفتنش طفره رفته بودند، قایل شوند. اینشتین با بازگشت به این اندیشه که هر بخش از عالم نوع حرکت «طبیعی» ویژهٔ خود را دارد، نیرو را مفهومی غیر ضروری دانست و به عوض دلایل موهوم یا زیبایی‌شناختی، دلایل علمی‌تر ــ روشهای ریاضی ــ پیشنهاد کرد. با کمك این روشها، براساس پراکندگی ماده در هر محل، امکان محاسبهٔ دقیق حرکت «طبیعی» هر نقطهٔ مفروض فراهم آمد.[6] تنها دلیل درستی این روشها این است که ادراکهای حسّی آینده را بدرستی پیش‌بینی می‌کنند. و این نکته برتری علم نوین برای توصیف محض و نپرداختن علم به توضیح مابعدالطبیعی را به طرزی شایسته نشان می‌دهد.

جز در موضوع خردی اتمی و کلانی کیهانی، پیش‌بینی‌های مشاهده‌پذیر نظریات جدید با پیش‌بینی‌های نظریات قدیم مطابقت دارد. اما هرجا که اختلاف باشد، برتری از آن نظریات جدید است. نظریات جدید به ویژه در زمینهٔ اتمی به پیشرفتهای عملی با نتایج عظیمی انجامیده‌اند. اما علم نیوتونی هنوز برای بسیاری مقاصد، از جمله مقاصد مهندسی عادی، کافی است.

دگرگونی فلسفی عمیق است. علم با وجود نیروی گسترش‌پذیرش بالاخره از محدودیتهای خود به خوبی آگاه است. اکنون پیچیدگی و دشواری پیش‌بینی نشده‌ای گریبان مفهومهایی را که روزگاری ساده انگاشته می‌شدند، گرفته است. دانشمند طبیعی از کوششهای خود در کار تصویر پیوندهای متقابل میان پدیده‌هایی که مورد پژوهش قرار می‌دهد، دست برداشته است. او ساختی ریاضی پدید می‌آورد که در آن عنصرهای مطلوب (... c و b و a) با انگاره‌ای از روابط به یکدیگر پیوند داده

۶. ریاضیات ناب ویژهٔ این کار، پیش از آن از سوی هندسه‌دانان نااقلیدسی ابداع شده بود؛ چنانکه یونانیان ریاضیات موردنیاز کپلر را پدید آورده بودند.

می‌شوند. او دلایلی دارد که تصوّر کند پدیده‌های طبیعی متناظری هستند (...ć و b̄ و á) که با انگارهٔ روابط همانندی پیوند یافته‌اند. بررسی روابط ریاضی میان ... و c و b و a از راه همانندی و قیاس می‌تواند او را توانا سازد تا تأثیرات ... و ć و b̄ و á را برحواس ما پیش‌بینی کند. اما با توجّه به خود پدیده‌های ...و ć و b̄ و á او تنها می‌تواند بگوید که «آن پدیده‌ها چیستند، یا من هنوز نمی‌دانم که چیستند.» توضیح دانشمند جدید از طبیعت، بیشتر همان پیوندی را با طبیعت دارد که پارتیتور[۷] با سنفونی. نشانه‌های روی کاغذ به هیچ روی نتهای موسیقی نیستند، اما روابط هندسی میان این نشانه‌ها ساختی دارد که با ساخت روابط پرده‌ها و زمان میان نتها همانند است. اگر در خط موسیقی نشانه‌ای بالای نوشتهٔ دیگر نوشته شده باشد، نت آن در پردهٔ بالاتری نواخته می‌شود. وقتی نشانه‌ای در سمت راست نشانهٔ دیگر باشد، ابتدا نت سمت چپ و سپس نت سمت راست نواخته می‌شود. نشانه‌هایی که روی یک خط عمودی باشند، نتهایشان همزمان است؛ نشانه‌هایی که روی یک خط افقی باشند، نتهایشان هم‌صداست. ناشنوای مادرزاد نمی‌تواند از روی پارتیتور هیچ دریافتی از نت موسیقی داشته باشد. اما پارتیتور می‌تواند این نکته را به او نشان دهد که ساخت سنفونی دست کم از دو گونه رابطهٔ کاملاً متفاوت که میان عنصرهای ناشناختهٔ موسیقی برقرار است تشکیل شده و سنفونی نیز از همین عناصر ناشناخته ساخته شده است. شاید بررسی چندین پارتیتور به ناشنوای مادرزاد نشان دهد که در ساختن سنفونیها همواره از قواعد خاصی پیروی شده است. احتمالاً تجربه به او خواهد آموخت که از روی هر پارتیتور حرکات رهبر ارکستر یا واکنشهای حضار را پیش‌بینی کند. هرچند که خود او نمی‌تواند علت رفتار آنها را ادراک کند.

راه نو تفکّر در فیزیک، علاقهٔ گسترده‌تری به ساختهای مثالی ریاضیات ناب برانگیخته است. با آنکه این ساختها انتزاعی‌اند، اکنون از اهمیتی اساسی برخوردارند. به کاوش در مبانی منطقی ریاضیات توجّهی بسیار زیاد شده است. درسدهٔ ۱۹ اندك توجهی به این موضوع شده بود، اما اهمیت همکانی‌تر آن با کارهای آلفرد نورث وایتهد[۸] و کتاب برتراند راسل که با نام *اصول ریاضیات*[۹] در ۱۹۱۰ انتشار یافت، آشکار گردید. کاربرد نماد در ریاضیات و منطق در خدمت تحلیل پژوهشی قرار گرفته است. از این رو، بر ماهیت زبان، بر راهی که زبان به سان ابزار تفکّر ایفای نقش می‌کند و مغالطه‌هایی که از کاربردهای نابجای آن برمی‌خیزد، پرتو تازه‌ای تابیده شده است. مطمئناً این پیشرفت نامنتظر از راه تأثیرهایی که بر فلسفه نهاده است، با گذشت زمان بر (تقریباً) همهٔ زمینه‌های فکری تأثیر خواهد گذاشت.

۷. score؛ مجموعهٔ نتهای تفکیک شدهٔ مخصوص هر ساز در ارکستر. نتهای مربوط به هر ساز را پارتی و مجموعهٔ یکایک اینها را که در برابر رهبر ارکستر است، پارتیتور می‌گویند. — م.

8. A. N. Whitehead 9. *Principia Mathematica*

۲ مروری کوتاه گرایشهای الهام‌بخش علم مشکل علم مشکل تخصص مشکل یگانگی زندگی فکری

تغییر در نگرش و روش با تغییر انگیزه همراه بوده است. گرایشهای الهام‌بخش علم بر دو نوعند: فکری و فن شناختی. گرایشهای فن شناختی بر علم بابلی و مصری حاکم بود. علم بابلی و مصری، به لحاظ سودمندی که در کار مساحی، بنّایی، دریانوردی و پزشکی داشت، یا به جهت قدرتی که به کاهنان رواجگر خود می‌بخشید، دنبال می‌شد. گرایش یونانی، بیشتر عقلی محض بود. در امپراتوری روم و قرون وسطا با وجود چنین علمی، باردیگر گرایش عقلی جای خود را به گرایش عملی داد. از دورهٔ رنسانس به این سو، دو انگیزه همیشه بوده و اتّحاد آنها به پیشرفت شتابان فزاینده‌ای انجامیده است. با وصف این، اهمیت نسبی آنها تغییر کرده است. در سده‌های ۱۶ و ۱۷ با وجود تأثیر یونانی که هنوز از دورهٔ رنسانس به قوت خود باقی بود، شاید کنجکاوی عقلی نیروی اصلی به شمار می‌آمد. از آن پس ضرورت نیازهای فنی و نظامی و اقتصادی چنان رشدی کرده که کنجکاوی عقلی در مرتبهٔ دوم اهمیت قرار گرفته است. رقابت حکومتهای جدید در دست یافتن به رازهای علمی شباهت بسیاری به همچشمی طبقات حکومتگر باستان دارد. علم به منزلهٔ عامل مؤثر در ثروت و قدرت نزد مردم ارزشمند شناخته شده است و اکنون با صنایع، بمب سازی، بهداشت و کودساختگی پیوند بسیار گسترده‌ای دارد، اما جای آن در کنار دین، فلسفه و هنرها یا در میان عناصر تمدنی مساعدکننده فراموش شده است. فرهیختگان یونان باستان یا اروپای رنسانس باور نمی‌کردند که از علم غفلت شود. ارسطو، داوینچی، بیکن، میلتن، لاک، بارکلی و والتر به علم چون پارهٔ جدانشدنی فرهنگی که باز می‌نمودند، می‌نگریستند. اما اکنون با وجود تأثیر عظیمی که علم بر زندگی روزانه دارد، از جهت فکری پدیده‌ای جدامانده است.

این جدایی هم به سبب مشکلی است که در ذات خود علم است و هم به لحاظ تأکید بیش از اندازه جنبهٔ عملی محض آن. پانصد سال پیش یک ذهن ممتاز می‌توانست بر اصول دانشهای عصر خود تسلّط یابد. اما عالم عصر جدید حتی نمی‌تواند همهٔ زمینهٔ تخصّص خود را بشناسد. او ناگزیر است متخصّص باشد. به متخصّصی که دربارهٔ کمتر و کمتر بیشتر و بیشتر می‌داند. بیش از پیش وابسته شده‌ایم. نتیجتاً جامعهٔ فکری معاصر به جامعه‌های کوچکتری تقسیم خواهد شد، هر جامعه به قلمرو محدود خود سرگرم خواهد بود و از آنچه در قلمروهای دیگر می‌گذرد، غافل خواهد ماند. دانشمندان عادت کرده‌اند که بدون ملاحظهٔ مسائل انسانی راه فنّی خود را دنبال کنند و در عوض هنرمندان و ادبا نیز غالباً از نقش شکفتی‌انگیزی که علم در عرصهٔ میراث فرهنگی داشته و هنوز هم دارد، غفلت ورزیده‌اند. نیروهای یگانه‌سازی چون همکاری روبه گسترش علم و فلسفه که پیشتر از آن یاد کردیم، هست؛ اما این نیروها به اندازهٔ کافی توانمند و گسترده نیست. ضرورت مبرمی هست

که یگانگی از دست رفتهٔ زندگی عقلی بازگردد. اگر این یگانگی بازنیاید، بزودی از بیشتر جنبه‌های خوب تمدن غربی محروم خواهیم شد.

مسئله، آموزشی است. چگونه می‌توان از آثار سوء تخصص لازم در امان ماند. راه علاج متداول، خواندن سطحی موضوعهای بسیار است. اما این راه، راه نگرش گسترده و متوازن نیست. چنین نگرشی بیشتر از بررسی خاص موضوعی یگانه فرامی‌آید. دانش‌پژوهان رشته‌های گوناگون علمی به کسانی می‌مانند که شاخه‌های درختان کنار هم را کشف می‌کنند. هیچ کس نمی‌تواند با قطع کردن کار خود و از درختهای دیگر چند قدم بالارفتن، به مسائل مردم پی ببرد. بهتر است وقت او صرف درخت خودش شود. اگر بالاتر برود، خواهد دید که شاخه‌های درخت او با شاخه‌های درختان دیگر درهم تنیده است و اگر از درخت فروبیاید و ریشه‌ها را دنبال کند، خواهد دید که ریشه‌های درختان همسایه درهم آمیخته‌اند و از خاک یکسانی تغذیه می‌کنند. درختان اکنون چنان انبوه شده‌اند که مردان اندکشماری وقت و توانایی فرارفتن از شاخه‌های بالایی درختان را دارند، به دست آوردن اطلاع مختصری دربارهٔ ریشهٔ درختان، کار نسبتاً آسانی است. در این مورد، مطمئناً راه حل فنی مسئله در رهیافت تاریخی است. مجال باید داد تا هرکسی تاریخ رشتهٔ خود را بداند. او درخواهد یافت که زمینهٔ علمی او ازهمان مسائل و مقاصد انسانی سرچشمه گرفته که سایر رشته‌های علمی. او کسان دیگری را خواهد دید که انگیزه‌هایی همانند او دارند و بیشتر از راههای دیگر هدفهایی چون هدف او را دنبال می‌کنند. او با کوششهای ایشان با همدلی خواهد نگریست و با ادامهٔ راه خود خواهد فهمید که با گذشت زمان می‌تواند باز آنها را در ارتفاعی بالاتر از زمین ببیند.

مطمئن باید بود که از خلال برخی از این راهها اهل علم جهتهای اشتراک زیادی با اهل تفکر خواهند داشت. شاید اهل علم دیگر کمتر به کار قدرتداران کار داشته باشند. باید امیدواری کلیفرد را فهمید: «علم دینامیک و نثرنویسی با هم آشنا شده‌اند؛ ادبیات و زیستشناسی در بوس و کنارند. شاید هنوز وقتش فرانرسیده باشد، اما این موسم خوش از راه خواهد رسید.» پس می‌توان (احتمالاً نه در فاصله‌ای چندان دور) از عصر مُظلم دیگری برخیز کرد.

برگزیده‌ای از کتابهای مهم برای مطالعهٔ بیشتر

کتابهایی که در متن یا در پانوشتها از آنها نام بردیم، از این فهرست حذف شده است. در هر حال این فهرست به هیچ روی جامع نیست، بلکه برگزیدهٔ کوتاهی است که در عین آنکه از جهت موضوع زیاد فنّی و تخصّصی نیست دربارهٔ زمینه‌های تاریخی یا کلیات علمی اطلاعات بیشتری به دست می‌دهد.

Bacon, F. *The Advancement of Learning*
Ball, W. W. R. *A Short Account of the History of Mathematics*
Bell, E. T. *Men of Mathematics*
Benn, A. W. *History of Modern Philosophy*
Bevan, E. *Stoics and Sceptics*
Bohuard, A. *Greek Civilization*
Brewster, Sir D. *Memoirs of the Life, Writings and Discoveries of Sir Isaac Newton*
Burckhardt, J. *The Civilization of the Renaissance in Italy*
Butterfield, H. *Origins of Modern Science*
Crombie, A. C. *Augustine to Galileo*
Dampier, Sir W. *A History of Science*
De Morgan, A. *A Budget of Paradoxes*
Draper, J. W. *The Intellectual Development of Europe*
Dreyer, J. L. E. *History of Astronomy from Thales to Kepler*
Eddington, Sir A. S. *Space, Time and Gravitation; The Nature of the Physical World*
Farrington, B. *Greek Science*
Goldschmidt, R. B. *Understanding Heredity*
Greenstreet, W. J. (Ed.) *Isaac Newton, 1642–1727*
Heath, Sir T. *A Manual of Greek Mathematics*
Holmyard, E. J. *Makers of Chemistry*
Hume, D. *A Treatise of Human Nature*
Huxley, J. *Evolution, the Modern Synthesis*

IRVINE, W. *Apes, Angels and Victorians*
JACOB, E. F. *The Renaissance*
JEANS, SIR J. *The Growth of Physical Science; The Stars in their Courses*
JUDD, J. W. *The Coming of Evolution*
KANT, I. *Critique of Pure Reason*[1]
LACK, D. *Evolutionary Theory and Christian Belief*
LIVINGSTONE, R. W. (Ed.) *The Legacy of Greece*
POINCARÉ, H. *Science and Method; Science and Hypothesis*
RUDNICKI, J. *Nicholas Copernicus* (Trans. Massey)
RUSSELL, B. *History of Western Philosophy*;[2] *Human Knowledge; Introduction to Mathematical Philosophy: Mysticism and Logic*;[3] *Our Knowledge of the External World*[4]
SAMBURSKY, S. *The Physical World of the Greeks*
SHERWOOD TAYLOR, F. *The Alchemists*
SINGER, C. W. *A Short History of Science*
SMITH, P. *A History of Modern Culture, 1543-1687*
SPENCER JONES, SIR H. *General Astronomy*
TOULMIN, S. *The Philosophy of Science*
WELLS, H. G. *A Short History of the World*[5]
WHITEHEAD, A. N. *Introduction to Mathematics; Science and the Modern World*
WOOD, A. *Thomás Young, Natural Philosopher*

۵-۱. تا اینجا که مترجم آگاهی دارد، از میان ۴۸ کتابی که در این فهرست برگزیده آمده، ۵ کتاب زیر به فارسی برگردانده شده است:

۱. *سنجش خرد ناب*، ترجمهٔ نیرشمس‌الدین ادیب سلطانی (تهران، امیرکبیر، ۱۳۶۳).
۲. *تاریخ فلسفهٔ غرب*، ترجمهٔ نجف دریابندری (تهران، کتابهای جیبی، ج ۴: ۱۳۵۴، سه ج).
۳. *عرفان و منطق*، ترجمهٔ نجف دریابندری (تهران، کتابهای جیبی، ۱۳۴۹).
۴. *جهان مابه عالم خارج*، ترجمهٔ منوچهر بزرگمهر (تهران، بنگاه ترجمه و نشر کتاب، چ ۲: ۱۳۵۹).
۵. *تاریخ دنیا*، ترجمهٔ رضا افتخار (تهران، معرفت، ۱۳۴۰). — م.

واژه‌نامهٔ فارسی به انگلیسی

ابرهای ماژلانی	Magellanic Clouds
احیاء	reduction
اختر شناسی	astronomy
اخترشناسی ستاره‌ای	steller astronomy
اخترگویی	astrology
اختلاف منظر	parallax
اخلاط	humours
اخلاقگرایی	moralism
ازمایش	experiment
ازمون و خطا	trial and error
استنتاج	inference
اشفتگی	disturbance
اصل حداقل کنش	Principle of Least Action
اصل شناوری اجسام	Principle of Floatation
اصل علیت عمومی	Principle of Universal Causation
اصول فطری	innate principles
اصل موضوع	axiom
افناء	exhaustation
امور پسینی	a posteriori
امور پیشینی	a priori
امیزگاری	sociablity
اندیشه	idea
اندیشهٔ خیالپرور	reflective thought
انسانمرکزی	anthropocentrism
انسانوار	anthropoid
انواع	species
اوج سیاره	aphelion
آیین حکومت ارباب کلیسا	ecclesiasticism
آیین کار	procedure
بازتابگر	reflector
برهان	proof
برهان خلف	reductio ad absurdum
برهان نظم	argument from design
بقای اصلح	survival of the fittest
بنیادگرایی	fundamentalism
یهودنژاد	eugenics
بی‌خدایی	atheism
بیتاب	spectrum
بینش کلامی	theological view
پاکیزگی فکری	intellectual asceticism
پراش	diffraction

dispersion	پراکند
projectile	پرتابه
radiation	پرتوتابی
selective breeding	پرورش گزینشی
retrograde	پسخرام
continuity	پیوستگی
linkage	پیوستگی صفتها
luminosity	تابندگی
contemplating	تأمل
degeneration	تباهگنی
empiricism	تجربه گرایی
interference	تداخل
idea	تصوّر
calcination	تکلیس
reflecting telescope	تلسکوپ بازتابی
simple idea	تصور بسیط
innate idea	تصور فطری
interventing idea	تصور میانجی
inductive generalisation	تعمیم استقرایی
chance variation	تغییر اتفاقی
spontaneous variation	تفاوت خود به خودی
abstract thought	تفکر انتزاعی
psychological parallelism	تقارن روانشناختی
Golden Section	تقسیم زرین
one-one correspondence	تناظر یك به یك
physiology	تن ـ کارشناسی
space time	جاگاه
animism	جانمند انگاری
zoology	جانور شناسی
criminology	جرم شناسی
hypostatisation	جوهرانگاری
spiritual substance	جوهرروحانی
physical substance	جوهر مادّی
ideal world	جهان مثالی
carbon cycle	چرخهٔ کربن
density	چگالی
optical density	چگالی نوری
polytheism	چند خدایی
plurality	چندگانگی
recessive motion	حرکت پسگردی
precession	حرکت تقدیمی
periodic motion	حرکت تناوبی
simple harmonic motion	حرکت توافقی ساده
uniform circular motion	حرکت مستدیر متشابه
absolute motion	حرکت مطلق
perihelion	حضیض سیاره
statement	حکم
reasonable	خرد پذیر
eccentricity	خروج از مرکز
self fertilizer	خود بارورساز
heliocentrism	خورشید ـ مرکزی
kaleidoscope	خوش نقش نما
ecliptic	دایرةالبروج
apparent brightness	درخشندگی ظاهری
absolute brightness	درخشندگی مطلق
scientific agnosticism	درنگ اینی علمی
false	دروغ
introspection	درون نگری
periodic change	دگرگونی متناوب
change and decay	دگرگونی و تباهی
monotonic change	دگرگونی یکنواخت
dualism	دوگرایی
thermocouple	دماجفت
idealism	ذهنیگرایی

true	راست
verification	راستی‌آزمایی
reflexive class	ردهٔ بازتابی
classification	رده‌بندی
infinite class	ردهٔ بی‌نهایت
conductor	رسانا
infinite series	رشته‌های نامتناهی
observation	رصد
solar day	روز خورشیدی
embryology	رویان‌شناسی
etymology	ریشه‌شناسی
aesthetics	زیبایی‌شناسی
geodesy	زمینسنجی
autobiography	زندگینامهٔ خود نوشت
Saros	ساروس
umbra	سایه
Cephid Variables	ستارگان متغیر قیفاوسی
comet	ستارهٔ دنبالدار
Polaris	ستارهٔ قطبی
nebula	سحابی
angular velocity	سرعت زاویه‌ای
utilitarianism	سودانگاری
sideral day	شبانروز نجومی
paradox	شبهه
retardation	شتاب منفی
refraction	شکست
atmospheric refraction	شکست جوّی
factual knowledge	شناخت عینی
meteorite	شهابسنگ
intuition	شهود
iatrochemistry	شیمی پزشکی
galactic plane	صفحهٔ کهکشانی
class	صنف
constellation	صورت فلکی
empty form	صورت محض
spectrometere	طیفسنج
prime number	عداول
solid number	عددجسمی
triangular number	عدد مثلثی
square number	عدد مربعی
composite number	عدد مرکب
cubic number	عدد مکعبی
notation	عدد نویسی
pyramid number	عدد هرمی
ultimate heaven	عرش
angular momentum	عزم زاویه‌ای
first cause	علت اولی
final cause	علت غایی
efficient cause	علت فاعلی
hydrostatics	علم تعادل مایعات
pneumatics	علم خواص هوا
systematics	علم‌رده‌بندی
pragmatism	عملگرایی
hypothesis	فرضیه
metallurgy	فلزگری
scholasticism	فلسفهٔ مدرسی
determinism	فلسفهٔ موجبیّت علی
epicycle	فلك تدویر
deferent	فلك حامل
useful arts	فنهای سودمند
common sense	فهم متعارف
Law of Universal Gravitation	قانون گرانش عمومی
Law of Inertia	قانون لختی
Law of Multiple Proportions	قانون نسبتهای اضافی
absolute magnitude	قدر مطلق
primitive propositions	قضایای اولیه

proposition	قضیه
logical certainty	قطعیت منطقی
apses	قوسین سیاره
syllogism	قیاس منطقی
anatomy	کالبد شناسی
chromatic aberration	کجنمایی رنگی
galaxy	کهکشان
cosmology	کیهانشناسی
gamet	گانه
eclipse	گرفت (خورگرفت/مه‌گرفت)
botany	گیاهشناسی
metropolitan	مادرشهر
materialism	مادیگرایی
idea	مثال
sepherical trignometry	مثلثات کروی
sepherical triangle	مثلث کروی
plane triangle	مثلث مسطح
absurd	محال
prime mover	محرک اول
Tropic of Capricorn	مدار راس جدی
Tropic of Cancer	مدار راس سرطان
egalitarianism	مساوات طلبی
fallacy	مغالطه
initial assumption	مفروض نخستین
idea	مفهوم
limiting value	مقدار حدی
premises	مقدمات قضیه
locus	مکان هندسی
plenum	ملأ
epistolography	منشات نویسی
zodiac	منطقةالبروج
galactic system	منظومهٔ کهکشانی
extragalactic systems	منظومه‌های برونکهکشانی

tria prima	مواد اولای سه‌گانه
incommensurable	ناسازگار
nomenclature	نامگذاری
conclusion	نتیجهٔ قضیه
elites	نخبگان
Vega	نسرواقع
positional system	نظام موضعی
totalitarian system	نظام سلطه‌گر
deductive systems	نظامهای قیاسی
theory	نظریه
corpuscular emission theory	نظریهٔ انتشار ذره‌ای
alternative theory	نظریهٔ تناوبی
kinetic theory	نظریهٔ جنبشی
Theory of Vortices	نظریهٔ گردشارها
emission theory	نظریهٔ نشری
cartography	نقشه نگاری
symol	نماد
symbolism	نماد گرایی
appearence	نمود ظاهری
archetype	نمونهٔ باستانی
nova	نواختر
photosynthesis	نور ساخت
optics	نور شناسی
penumbra	نیمسایه
astronomical unit	واحد اختر شناختی
isobaric heterotopes	هتروتوپوزهای هم‌فشار
analogy	همانندی
pantheism	همه خداانگاری
deductive geometry	هندسهٔ قیاسی
co-ordinate geometry	هندسهٔ مختصاتی
geometry of the conics	هندسهٔ مخروطات
cytology	یاخته شناسی

واژه‌نامهٔ انگلیسی به فارسی

abstract thought	تفکر انتزاعی
absolute brightness	درخشندگی مطلق
absolute magnitude	قدر مطلق
absolute motion	حرکت مطلق
absurd	محال
aesthetics	زیبایی‌شناسی
alternative theory	نظریهٔ تناوبی
analogy	همانندی
anatomy	کالبدشناسی
angular momentum	عزم زاویه‌ای
angular velocity	سرعت زاویه‌ای
animism	جانمندانگاری
anthropocentrism	انسانمرکزی
anthropoid	انسانوار
a posteriori	امور پسینی
aphelion	اوج سیاره
appatent brightness	درخشندگی ظاهری
appearence	نمود ظاهری
a priori	امور پیشینی
apses	قوسین سیاره
archetype	نمونهٔ باستانی
argument from design	برهان نظم
astrology	اخترگویی
astronomical unit	واحد اخترشناختی
astronomy	اخترشناسی
atheism	بی‌خدایی
atomospheric refraction	شکست جوی
autobiography	زندگینامهٔ خودنوشت
axiom	اصل موضوع
botany	گیاهشناسی
calcination	تکلیس
carbon cycle	چرخهٔ کربن
cartography	نقشه‌نگاری
Cephid Variables	ستارگان متغیر قیفاووسی
chance variation	تغییر اتفاقی
change and decay	دگرگونی و تباهی
chromatic aberration	کجنمایی رنگی
class	صنف
classification	رده‌بندی
comet	ستارهٔ دنبالدار
common sense	فهم متعارف
composite number	عدد مرکب
conclusion	نتیجهٔ قضیه

exhaustation	افناء
experiment	آزمایش
extragalactic systems	منظومه‌های برونکه‌کشانی
etymology	ریشه شناسی
factual knowledge	شناخت عینی
fallacy	مغالطه
false	دروغ
final cause	علت غایی
first cause	علت اولی
fundamentalism	بنیادگرایی
galactic plane	صفحهٔ کهکشانی
galactic system	منظومهٔ کهکشانی
galaxy	کهکشان
gamet	گامه
geodesy	زمینسنجی
geometry of the conics	هندسهٔ مخروطات
Golden Section	تقسیم زرین
heliocentrism	خورشید ـ مرکزی
humours	اخلاط
hydrostatics	علم تعادل مایعات
hypostatisation	جوهرانگاری
hypothesis	فرضیه
iatrochemistry	شیمی پزشکی
idea	مثال(در فلسفهٔافلاطون)؛تصور(درفلسفه لاک)؛ اندیشه و مفهوم (بر تناسب متن)
ideal world	جهان مثالی
idealism	ذهنیگرایی
inductive generalisation	تعمیم استقرایی
incommensurable	ناموافق
inference	استنتاج
infinite class	ردهٔ بی‌نهایت
infinite series	رشته‌های نامتناهی
conductor	رسانا
constellation	صورت فلکی
contemplating	تامّل
continuity	پیوستگی
co-ordinate geometry	هندسهٔ مختصاتی
corpuscular emission	نظریهٔ انتشار ذره‌ای
cosmology	کیهانشناسی
criminology	جرم‌شناسی
cubic number	عدد مکعبی
cytology	یاخته شناسی
density	چگالی
deductive geometry	هندسهٔ قیاسی
deductive systems	نظامهای قیاسی
deferent	فلك حامل
degeneration	تیهگنی
determinism	فلسفهٔ موجبیّت علی
diffraction	پراش
dispersion	پراکند
disturbance	آشفتگی
dualism	دوگرایی
eccentricity	خروج از مرکز
ecclesiasticism	آیین حکومت ارباب کلیسا
eclipse	گرفت (خورگرفت/مه‌گرفت)
ecliptic	دایرةالبروج
egalitarianism	مساوات طلبی
efficient cause	علت فاعلی
elites	نخبگان
embryology	رویان‌شناسی
emission theory	نظریهٔ نشری
empiricism	تجربه‌گرایی
empty form	صورت محض/صورت تهی
epicycle	فلك تدویر
epistolography	منشات نویسی/ فن ترسّل
eugenics	بهبود نژاد

one-one correspondence	تناظر یك به یك
optical density	چگالی نوری
optics	نورشناسی
pantheism	همه خداانگاری
paradox	شبهه
parallax	اختلاف منظر
penumbra	نیمسایه
perihelion	حضیض سیاره
periodic change	دگرگونی متناوب
periodic motion	حرکت تناوبی
photosynthesis	نورساخت
physical substance	جوهر مادی
physiology	تن ـ کارشناسی
plane triangle	مثلث مسطح
plenum	ملأ
plurality	چندگانگی
pneumatics	علم خواص هوا
polaris	ستارهٔ قطبی
polytheism	چند خدایی
positional system	نظام موضعی
pragmatism	عملگرایی
precession	حرکت تقدیمی
premises	مقدمات قضیه
prime morer	محرك اوّل
prime number	عدد اوّل
primitive propositions	قضایای اوّلیه
Principle of Floatation	اصل‌شناوری‌اجسام
Principle of Least Action	اصل حداقل کنش
Principle of Universal Causation	اصل علیّت عمومی
procedure	آیین‌کار
projectile	پرتابه
initial assumption	مفروض نخستین
innate idea	تصور فطری
innate principle	اصل فطری
intellectual asceticism	پاکیزگی فکری
interference	تداخل
interventing idea	تصورمیانجی
introspection	درون نگری
intuition	شهود
isobaric heterotopes	هتروتوپوزهای‌هم‌فشار
kaleidoscope	خوش نقش‌نما
kinetic theory	نظریهٔ جنبشی
Law of Inertia	قانون لختی
Law of Multiple Propositions	قانون‌نسبتهای‌اضعافی
Law of Universal Gravitation	قانون‌گرانش‌عمومی
limiting value	مقدار حدی
linkage	پیوستگی صفتها
locus	مکان هندسی
logical certainty	قطعیّت منطقی
luminosity	تابندگی
Magellanic Clouds	ابرهای ماژلانی
materialism	مادیگرایی
metallurgy	فازگری
meteorite	شهابسنگ
metropolitan	مادرشهر
monotonic change	دگرگونی یکنواخت
moralism	اخلاقگرایی
nebula	سحابی
nomenclature	نامگذاری
notation	عددنویسی
nova	نواختر
observation	رصد/مشاهده

spiritual substance	جوهر روحانی
spontaneous variation	تفاوت‌خودبه‌خودی
square number	عدد مربعی
statement	حکم
stellar astronomy	اخترشناسی ستاره‌ای
survival of the fittest	بقای اصلح
syllogism	قیاس منطقی
symbol	نماد
symbolism	نمادگرایی
systematics	علم رده‌بندی
theological view	بینش کلامی
theory	نظریه
Theory of Vortices	نظریهٔ گردشارها
thermocouple	دماجفت
totalitarian system	نظام سلطه‌گر
tria prima	مواد اولانی سه‌گانه
trial and error	آزمون و خطا
triamgular number	عدد مثلثی
Tropic of Cancer	مدار رأس سرطان
Tropic of Capricorn	مدار رأس جدی
true	راست
truth	راستی
ultimate heaven	عرش
umbra	سایه
uniform circular motiou	حرکت مستدیر متشابه
useful arts	فنهای سودمند
utilitarianism	سودانگاری
Vega	نسر واقع
verification	راستی آزمایی
zodiac	منطقةالبروج
zoology	جانورشناسی

proof	برهان
proposition	قضیه
psychological parallelism	تقارن‌روانشناختی
pyramid number	عدد هرمی
radiation	پرتوتابی
reasonable	خردپذیر
recessive motion	حرکت پسگردی
reductio ad absurdum	برهان خلف
reduction	احیاء
reflecting telescope	تلسکوپ بازتابی
reflective thought	اندیشهٔ خیالپرور
reflector	بازتابگر
reflexive class	ردهٔ بازتابی
refraction	شکست
retardation	شتاب منفی
retrograde	پسخرام
Saros	ساروس
scholasticism	فلسفهٔ مدرسی
scientific agnosticism	درنگ اپینی علمی
sepherical triamgle	مثلث کروی
sepherical trignometry	مثلثات کروی
selective breeding	پرورش گزینشی
self fertiliser	خود بارورساز
sideral day	شبانروز نجومی
simple harmonic motion	حرکت‌توافقی‌ساده
simple idea	تصور بسیط
sociablity	امیزگاری
solar day	روز خورشیدی
solid number	عدد حجمی
space-time	جاگاه
species	انواع
spectrometere	طیفسنج

فهرست راهنما

آبدرا ٦١
ابرهای مازلانی ١٨٤
ابن‌هیثم بصری ١٤١، ١٤٤-١٤٦
آپولون، اسطوره ١٩٣
آپولون، پرستشگاه ٦٨
آپولونیوس پرگایی ١٠١، ١٠٧-١٠٨
اپیکوروس (اپیقور) ٨٦
اپیکوروسی، مکتب ٨٦
اتاناسیوسی، معتقدات ١٣٦
اتحادیهٔ دلوسی ٥٢
اتمی‌گرایان ٦٢
اتن ٥١-٥٣
اخلاق (اسپینوزا) ١٣٢
ادلارد بائی ١٤٩، ٢٥٩
ادمز، جان کاوچ ٢١٥
اراتستنس ٩٩-١٠١
اراسیستراتوس اسکندرانی ١١٨
آرخوتاس (ارخوطس) ٦٨
ارسطو (اریستوتلس) ٣١، ٦٣، ٦٥، ٧٧، ٢٩٧
— و رده‌بندی ٧٨
— و علت غایی ٦٤
— و کلیات ٨٣
— و مکتب اتمی ٦٢
— و منطق ٨٤-٨٥
ارسطوئیان ١٨٧
ارشمیدس ٤٤، ١٠١-١٠٦، ١٠٨، ١١٠، ١١١
ارغنون نو (بیکن) ٢٢٤
آریهط (اریا - بهاتا) ١٤٠
آریستارخوس (ارسطارخس) سامووسی ٩٦-٩٩، ١١١، ١١٤، ١٥٧
اریسوس ١٣٨ ب
اریوسی، آیین ١٣٨ ب
ازیاندر ١٧٠-١٧١، ١٧٧
اسپارت ٢٩
اسپانیا ١٤٠
اسپنسر، هربرت ٣٦٠
اسپینوزا ٢٢٦، ٢٣٢، ٢٧٠
استاگیرا ٦٣
آسکلپیوس ٧٥
اسکندرانیها ٩٢، ٩٧، ١١٠، ١١٧
اسکندر مقدونی ٨٩، ٩٠
اسکندریه ٨٩
مدرسهٔ پزشکی — ١١٧
اسلام ١٤٠
اسلامی، امپراتوری ١٤٠
اسمیت، ادم ٣٦١
اسمیت، سیدنی ٨١
آسیای کوچک ٢٩

اشر، جیمز ۲۳
اصل دوپار ۸۱، ۲۸۲
اصول (اقلیدس) ۶۷، ۷۰، ۹۳، ۹۴، ۲۳۲، ۲۵۹
اصول (نیوتون) ۱۷۶، ۲۰۲، ۲۰۷-۲۰۹، ۲۱۳، ۲۴۴، ۲۵۴، ۲۶۶
اصول ریاضیات (راسل) ۳۷۲
اصول زمینشناسی (لایل) ۳۲۴، ۳۳۵
اعترافات (روسو) ۲۹۲
افلاطون (یونان) ۳۸، ۶۵، ۶۸، ۲۳۶-۲۴۲، ۲۹۶، ۲۹۷
— و ریاضیات ۶۹
— و نظریهٔ مُثُل ۸۲، ۸۳
اقلیدس ۹۳-۱۰۱، ۱۱۰
اکادموس (آکادمی) ۶۹
اکوس یوتاموس ۵۹ پ
اگریجنتو ۵۳
الئا ۵۴
البرتوس کبیر ۲۶۱
الگوریسم ۴۱
امپروسیوس ۱۲
امپدوکلس (امپدوکل) ۵۳، ۵۴، ۱۹۰
امپر، آندره ـ ری ۳۱۹، ۳۲۱
اناکساگوراس (آنکساغورس) ۴۹، ۵۹، ۶۰
اناکسیمندروس ۳۶
اناکسیمنس (آنکسیمانوس) میلتوسی ۳۵، ۳۶
انجمن بریتانیایی ۳۵۴
انجمن تحلیل کیمبریج ۲۱۰
انجمن فیثاغورسی ۳۷
انجمن لینه ۲۰۱
انجیل ۱۳۱، ۲۰۰
انسانگرایی ۱۲۰، ۱۵۵
— یونانی ۱۳۶
انقلاب علمی ۱۵۵
ائودوکسوس کنیدوسی ۴۴، ۶۵، ۶۶، ۷۰، ۱۲۰
— و پیش افتاد ۷۱
— و افلاطون ۷۲
اورانوس ۱۶۶، ۱۸۰، ۲۱۴، ۲۱۵
اورانیبورگ ۱۶۱
اورستد، هانس کریستیان ۳۱۹، ۳۲۱
اوسیریس ۱۱۹
اولیس (یولیسیس) ۲۸
اولین ۲۱۳
اویلر، لئونهارت ۲۱۳
اهرام مصر ۲۴
ایتالیا ۱۳۷
ایران ۱۳۸
ایرانیان ۲۹
ایری، سر جی. بی. ۲۱۵
ایسیس ۱۱۹
ایندکس، کنگره ۱۷۱
اینشتین، البرت ۳۶۹-۳۷۱
قانون گرانش — ۳۷۰
اینگ، کشیش ۴۷
ایونی ← یونیا

بابلیها ۲۲، ۲۶، ۲۷
— و روش علمی ۳۰
— و هندسه ۲۳
بارکلی، جورج ۲۸۲-۲۸۹
باکلند ۳۳۴
بال، راوز ۲۶۲
بالینگبروک، لرد ۲۴۹
بایرن، لرد ۳۶۵
بختالنصر ۲۲، ۳۲
برادلی، جیمز ۱۸۰
برزلیوس ۳۱۱، ۳۱۹
برو، آیزاک ۲۰۱
برونو، جوردانو ۱۷۰-۱۷۱، ۱۷۷
برهمگیت (براهماگوپتا) ۱۴۰
بریجز، رابرت ۸۱، ۲۴۱
بریگز کیمبریجی، هنری ۲۶۲
بسل، فردریش ویلهلم ۱۸۱، ۱۸۲، ۲۱۴، ۲۷۵

بشر، یوهان یواخیم ۳۰۰
بطلمیوس (سوتر) ۸۹، ۹۰
بطلمیوس (فیلادلفوس) ۹۰
بطلمیوس (کلاودیوس) ۱۲۰، ۱۲۳
بطلمیوسیان ۸۹، ۹۰، ۱۱۷-۱۱۹، ۱۳۹
بقراط (هیپوکراتس) خیوسی ۶۷
بقراط (هیپوکراتس) کوسی ۳۱، ۷۶، ۷۷
بنتام، جرمی ۳۶۱
بوئتیوس ۱۵۲
بوث، ژنرال ۳۵۷
بورلی، الفونسو ۲۱۲، ۳۱۱
بوفون، ژرژ-لویی ۲۳۳، ۲۳۵
بونزن، روبرت ۲۷۴
بویل، رابرت ۲۱۷، ۲۹۴، ۲۹۷-۳۰۰
بولیای، یوهان ۲۴۸
به انسان بنگر (نیچه) ۳۶۶
بهشت گمشده (میلتن) ۱۷۵، ۱۷۶
بیرگی، پاپست ۲۶۲
بیزانس، امپراتوری ۱۳۷، ۱۴۸
بیکن، فرانسیس ۲۲۴-۲۲۸، ۲۴۴
— و مشاهده ۲۲۵
بیگل، کشتی ۳۳۵، ۳۳۶

پادوا ۳۱۳
پاراسلسوس ۲۹۴-۲۹۷
پارسک ۱۸۳
پارمنیدس (برمانیدس) ۵۴، ۸۳
پاسکال ۲۶۵
پانگلوس ۲۵۱
پاولوس، پاپ ۱۵۶
پراگ، رصدخانه ۱۶۱
پروکلوس ۳۲ پ
پرومتئوس ۱۳۱، ۱۴۹
پریستلی، جوزف ۳۰۲-۳۰۵
پریکلس ۲۹، ۵۱، ۵۲، ۶۰
پزشکی اتنی ۵۴
پزشکی اسکندرانی ۱۱۷، ۱۱۸
پسامتیخوس ۳۲
پلاتایا ۲۹
پاوپونسوس ۲۹
پاونون ۱۶۶
پاوتینوس (فلوطین) ۲۹۶
پاینی (پلینیاس) ۱۵۲
پولس رسول ۱۳۱
پیاتنسی، جوزپه ۲۴۲
پیکار، ژان ۲۰۷

تاریخ طبیعی افلاک (کانت) ۱۸۱
تامسن، جوزف، جان ۳۶۸
تحقیق دربارهٔ جمعیت (مالتوس) ۲۲۵
تحقیقی دربارهٔ فاهمهٔ انسانی (لاک) ۲۲۲-۲۲۵، ۲۴۰، ۲۴۴
ترمویولای ۲۹
تقسیم زرین ۷۹ پ
تقویم گرگوری ۱۰۱
تقویم یولیانی ۱۰۱
تمدن اسلامی ۱۴۰
تمدن ایرانی ۱۳۹
تمدن بابلی ۲۱
تمدن مصری ۲۱، ۱۳۹
تئودوسیوس ۱۳۵
تئوفیلوس، اسقف اعظم ۱۳۵
توریچلی ۱۹۰، ۱۹۱
توماس اکوئینی ۲۹۷
تیتیوس ویتمبرگی ۱۶۴
تیکو براهه ۱۶۰-۱۶۴، ۱۶۹

جالینوس (گالنوس) ۱۱۸
جانسن، دکتر سمیوئل ۲۸۶
جمهوری (افلاطون) ۸۳
جنگهای پلوپونسوسی ۵۲

جینز، سر جیمز ۴۷، ۳۳۰

چسترتن، جی. کی. ۱۵۳
چلیس ۲۱۵

حساب فیثاغورسی ۴۵

خائرونیا ۸۵
خاورمیانه ۲۷
خشیارشا، شاه ایران ۲۹
خطوط فراونهوفر ۲۸۱
خوارزمی ۲۴۱، ۲۵۹
خوشه‌های ستاره‌ای ۱۸۴

داروین، چارلز رابرت ۳۲۹، ۳۳۴-۳۴۵، ۳۴۶، ۳۵۲، ۳۵۸
— و تغییر موجودات زنده ۳۳۷
— و پیوندی جانوری و گیاهی ۳۳۹
داریوش، شاه ایران ۲۹
دالتن، جان ۲۰۲، ۳۰۰، ۳۰۷-۳۱۱
دربارهٔ طبیعت اشیاء (لوکرتیوس) ۸۶
دزارگ، ژرار ۲۶۴، ۲۶۵
دستگاه تقارن عقاید (انکیزیسیون) ۱۷۴
دکارت، رنه ۱۹۴-۱۹۵، ۲۲۹، ۲۳۲
— و تقارن روانشناختی ۳۱۲
— و تضعیف قانون شکست نور ۲۷۰
— و گردشارها ۲۲۳
— و مختصات هندسی ۲۶۵
— و نظریهٔ اتمی ۳۰۷
— و هندسهٔ دکارتی ۲۶۳
دلوس ۶۸
دموکریتوس ۱۷۰-۱۷۱، ۱۹۶ پ، ۳۶۹
دموکریتوس ۶۰-۶۲، ۱۴۷، ۳۰۸
دورهٔ آتن ۵۲
دوشاتله، مادام ۲۵۴
دیوفانتوس ۱۱۲، ۱۴۱

دیوکنس (دیوژن) آپولونیایی ۳۵
دیوی، سر هامفری ۳۱۹

رادرفرد، لرد ارنست ۳۶۸
راسل، برتراند ۳۷۲
رامفرد، کنت ۳۰۷
رساله دربارهٔ نظریهٔ جدید رؤیت (بارکلی) ۲۸۲
رواقی، مکتب ۸۶
روبروال، ژیل پرسون ۲۱۲
رودلف دوم بوهمی ۱۶۱
رود نیل ۳۲
روسو، ژان- ژاك ۲۲۵، ۲۹۱-۲۹۳
روم، امپراتوری ۱۴۸
رومر، اولائوس ۱۷۳، ۱۸۰
— و سرعت نور ۲۷۸
رومیان ۱۱۹، ۱۵۲
ری، جان ۲۳۹
ریتیکوس ۱۷۰
ریکاردو، دیوید ۳۶۱
ریکرد، رابرت ۱۵۶
ریمان، گئورگ فریدریش برنهارد ۲۴۸
رینولدز، آزبورن ۲۵۶

زبك، توماس یوهان ۳۲۱
زحل ۱۷۴
زرقالی طلیطلی (تولدویی) ۱۴۱
زنون الثایی ۵۴
زنون کیتیونی ۵۴، ۵۷، ۸۶
زهره ۱۷۳

ژرار گرمونائی ۲۵۹
ژول (جیمز پرسکت جول) ۳۲۰، ۳۲۱

ساراستها ۱۳۹
سالامیس ۲۹

سانتا ماریا نوولا، کلیسای ۱۶۹ پ
ساوثرن، ا. و. ۳۲۵
ستارهٔ ۶۱ دجاجه ۱۸۲، ۱۸۳
سحابی‌امراة المسلسله (بانوی بسته به زنجیر) ۱۸۴
سراپیس، پرستشگاه ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۳۵
سرس ۲۴۲
سرمایه (مارکس) ۳۴۳
سقراط (سوکراتس) ۸۲
— وسوفسطائیان ۸۱
سکروپ، جورج پاولت ۳۳۴
سوئنه (اسوان) ۹۹، ۱۰۰
سوپاتور فیلسوف ۱۳۴
سوریه ۱۳۹
سوفسطائیان ۸۰، ۸۱، ۹۱
سه گفت و شنود (بارکلی) ۲۸۶
سیراکوز ۱۰۲
سیرنها ۲۸
سیریل، قدیس ۱۲۴
سیزی فلورانسی، فرانسسکو ۱۷۲
سیزی کس ۶۵
سیسرون ۲۲۵ پ
سیسیل، مدرسهٔ پزشکی ۵۴
سیکلوپها ۲۸
سیلوستر، پاپ ۱۴۹
سیمپسن، تامس ۲۱۰

شارلمانی ۱۳۷
شتال، ارنست گئورگ ۳۰۰
شوپنهاور ۳۶۵
شورای ترانت ۱۷۰
شیمیدان شکاك (بویل) ۲۹۴، ۲۹۷

صحیفهٔ یوشع ۱۶۹

ضد کوپرنیکیان ۱۷۷

طالس میلتوسی (تآلس) ۳۲، ۳۷، ۳۸، ۴۰
— و آب ۳۵
— و خور گرفت ۳۵
— و روش استنتاجی ۳۴
— و کهربا ۳۱۸

عطارد ۱۷۳
علم اتنی ۵۲
علم اسکندرانی ۱۲۹، ۱۳۵، ۱۵۵
علم فیثاغورسی ۴۵
علم یونانی ۱۳۰، ۱۳۲، ۱۲۵، ۱۵۱

فاراده (مایکل فردی) ۳۱۹، ۳۲۱
فایدون (افلاطون) ۲۴۱
فرانسیس، قدیس ۱۵۳
فرانکلین، بنجامین ۲۲۲
فردریك دوم، شاه دانمارك ۱۶۱
فراونهوفر، یوزف فون ۱۸۱
فرنل، اوگوستن ۲۷۸، ۲۸۰
فلسفهٔ آتنی ۸۰
فنیقیها ۲۲
فوکو، ژان - برنار ۲۷۴، ۲۷۸
فیبوناتچی پیسائی، لئوناردو ۲۵۹
فیثاغورس (پیتاگوراس) ۲۴، ۳۶، ۳۸، ۳۹، ۴۵، ۴۷
فلسفهٔ — ۴۷
فیثاغورسیان ۳۶، ۳۷، ۴۰، ۴۵، ۴۷
— و اعداد ۴۸
— و فیزیك تجربی ۵۰
— وکروی بودن زمین ۴۹
فیلیموس کوسی ۱۱۸

قانون بود ۱۶۴، ۱۶۶
قانون سنل ۱۴۶، ۲۷۰

قانون فرل ۱۶۴
قانون نیوتون ۱۸۸
قسطنطین کبیر (کونستانتینوس) ۱۳
قسطنطنیه ۱۴۸
قیفاووسیان ۱۸۳، ۱۸۴

کاتچینی کشیش ۱۶۹ پ
کارنائدس ۲۶۷
کالون، ژان ۱۶۹
کالینگ‌وود، ر. ج. ۳۴، ۲۴۱
کانت، ایمانوئل ۱۸۱، ۲۳۰
— و زمان و مکان ۲۴۶
— و فرضیهٔ سحابی ۳۲۹
کانتور ۵۸
کاندید (ولتر) ۲۵۱
کپلر، یوهانس ۱۶۱، ۱۶۴-۱۶۹، ۲۱۱
قانونهای — ۱۶۷
کتابخانهٔ اسکندریه ۹۰-۹۱، ۱۱۸، ۱۳۵ پ
کتابخانهٔ پرگاموس ۱۳۵ پ
کرامول، الیور ۲۹۱
کرکه ۲۸
کلازومنای ۵۹
کلاوزیوس، رودلف ۲۲۱
کادانیها ۲۲
کارو، الکسی کلود ۲۱۳
کلئوپاترا ۹۰، ۱۲۵ پ
کلوین، لرد ۲۵۶، ۳۳۱، ۳۳۳، ۳۵۳
کلیفرد ۳۷۴
کوپرنیک ۱۵۰، ۱۵۶-۱۶۰، ۱۶۶، ۱۶۸، ۱۷۰، ۱۷۴، ۲۱۱
کوپرنیکی، آیین ۱۷۸
کوپرنیکیان ۱۷۷، ۱۹۲
کورش، شاه ایران ۲۹
کورنه ۹۹
کولن ۳۱۸
کواومبو ۳۱۴
کوندیش، هنری ۲۰۵، ۳۰۴
کیرشهوف، گوستاو ۲۷۴
کیمیاگری ۱۴۶

گاسندی، پیر ۳۰۶
گالتن ۳۶۴، ۳۶۵
گالوانی، لوییجی ۳۱۸
گالهٔ برلینی، یوهان گوتفرید ۲۱۵
گالیله ۱۶۹ پ، ۱۷۱، ۱۷۲، ۲۱۲
— و معمای اخیلس و سنگپشت ۵۷
گاوس، کارل فریدریش ۲۴۸
گردش افلاک آسمانی (کوپرنیک) ۱۵۶، ۱۵۷، ۱۶۰، ۱۷۰، ۱۷۱، ۲۴۴
گرگوری، جیمز ۲۷۰
گریکه، اتوفون ۱۹۲
گفتار خطاب به ریاضیدان نامتدین (بارکلی) ۲۸۴
گفتار درباب تاثیرات اخلاقی هنرها و علوم (روسو) ۲۹۲
گفتار در روشن راه بردن عقل (دکارت) ۲۳۲
گلاور، تی. آر. ۱۱۸
گیلبرت، ویلیام ۱۷۵، ۲۱۱، ۳۱۸

لاپلاس ۱۴۱، ۲۱۳، ۲۱۴، ۲۸۳، ۳۵۷، ۳۵۸
— و فرضیهٔ سحابی ۳۲۹
لاج، سر الیور ۱۷۲
لاک، جان ۲۲۸، ۲۳۲-۲۴۵
لاکیر، نارمن ۲۷۴، ۲۷۵
لاگرانژ ۲۱۳
لامارک، ژان - باتیست ۳۳۳، ۳۳۵، ۳۴۴-۳۴۵، ۳۶۴
لاووازیه، آنتوان‌لوران‌دو ۲۹۸، ۳۰۰، ۳۰۲-۳۰۵، ۳۰۷
لایبنیتز ۲۰۲، ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۲۹، ۳۶۸، ۳۶۹
— و حساب دیفرانسیل ۳۶۶
لایل، چارلز ۳۳۴-۳۳۵

لئوکیپوس ۶۰-۶۲، ۳۰۸
لئوناردو داوینچی ۱۵۰
لئوی سوم، پاپ ۱۳۷
لوباچفسکی، نیکولای ایوانوویچ ۲۴۸
لوتر، مارتین ۱۶۹
لوکئون (ایسه) ۶۳
لوکرتیوس ۸۶
لووریه، ژان ژوزف ۲۱۵
لیپرشای، هانس ۱۷۲
لیسنکو، تروفیم دنیسوویچ ۳۶۴
لینکن شر ۲۰۳
لینه (لینائوس) ۳۳۹، ۳۴۱

ماخ، ارنست ۲۸۷
ماراتون ۲۹
مارك انتونی ۱۳۵ پ
مارکس، کارل ۳۴۳
مارکوپولو ۱۴۹
مارکونی، کوکلیلمو ۲۵۷
ماکیاولی، نیکولو ۱۵۱
مالپیگی ۳۱۵
مالتوس، تامس رابرت ۳۳۵، ۳۴۱، ۳۴۲، ۳۶۱
مبادی علم انسانی (بارکلی) ۲۸۶
مجسطی (بطلمیوس) ۱۲۰، ۲۵۹
مریخ ۱۶۵، ۱۶۶، ۲۰۵
مسلمانان / مسلمین ۲۲، ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۶
مصریها ۲۲، ۲۴، ۲۷
مقدونیها ۵۲
مکانیك آسمانی (لاپلاس) ۲۱۴
مکسول، جیمز کلرك ۱۹۸، ۱۹۹، ۲۵۶، ۲۵۷، ۳۱۹
نظریهٔ الکترومغناطیسی — ۲۸۰
ملك‌اورین، کالین ۲۱۰
منائخموس ۷۲
مندل، گرگور یوهان ۳۴۶-۳۵۱
منشاء انسان (داروین) ۳۴۴، ۳۵۴ پ
منشاء انواع (داروین) ۳۳۵، ۳۴۱، ۳۴۲، ۳۴۴
منظومهٔ جهان (لاپلاس) ۲۱۴
منون (افلاطون) ۲۳۶، ۲۳۸
موزهٔ اسکندریه ← کتابخانهٔ اسکندریه
میل، جان استوارت ۳۶۱
میلتن، جان ۱۷۵، ۱۷۶
میلتوس (ملطیه) ۶۱

ناپلئون ۲۱۴
نامه‌ها (ولتر) ۲۵۴
نامه‌های فلسفی دربارهٔ مردم انگلیس (ولتر) ۲۴۰
نپتون ۱۶۶، ۲۱۴
کشف — ۲۱۵، ۲۱۶
نسطوریان ۱۳۹
نظام بطلمیوسی ۱۲۰، ۱۵۷، ۱۶۷
نظام فیثاغورسی ۴۰
نورشناسی (نیوتون) ۲۶۶
نی‌پیر مرچیستنی ۲۶۲
نیچه، فریدریش ۳۶۴-۳۶۶
نیوتون، ایزاك ۱۹۶، ۱۹۷، ۲۰۱-۲۱۲، ۲۲۰، ۲۲۴، ۲۲۸، ۲۳۳، ۲۵۵، ۲۶۸-۲۸۰، ۳۵۳، ۳۵۸، ۳۶۹
— و پراکند نوری ۲۷۲
— و تلسکوپ بازتابی ۲۷۰
— و حساب دیفرانسیل ۲۶۶
— و فرضیه‌های موجی ۲۷۷
— و معمای باور ایمانی ۲۷۶
— و نظریهٔ انتشار ذرهای ۲۷۱

واگنر ۳۶۵
والاس، الفرد راسل ۳۲۵، ۳۴۲، ۳۴۴، ۳۵۷
وایتهد، الفرد نورث ۳۷۲
وسالیوس، اندرئاس ۳۱۳
ولتا، الساندرو ۳۱۸
ولتر ۲۲۶، ۲۴۹-۲۵۱، ۲۵۴-۲۵۵
— و بیکن ۲۵۰

— و ترویج اندیشه‌های نیوتون ۲۸۳
— و دکارت ۲۵۰، ۲۵۴
— و لاک ۲۵۰، ۲۵۱
— و نیوتون ۲۵۰، ۲۵۴
وولستورپ ۲۰۳، ۲۶۹
ویلبرفورس، سمیوئل ۳۵۴ پ
ویلیام سلیرنی، گیلبرت ۳۳۲

هایز، تامس ۳۲۲
هاتن، جیمز ۳۳۳
هاروی، ویلیام ۳۱۲-۳۱۵
هاکسلی، تامس هنری ۳۲۹، ۳۳۶، ۳۴۱، ۳۴۴، ۳۵۴ پ، ۳۵۷-۳۶۴
هاکسلی، جولین ۳۵۶، ۳۶۴
هالی، ادموند ۲۰۷، ۲۱۲، ۲۱۳
هراکلئیدس پونتوسی ۶۵، ۶۶
هراکلیتوس (هرقلیطوس) افسوسی ۳۵
هرتسن، رودلف ۲۵۷
هرشل، سر ویلیام ۱۸۰، ۱۸۱، ۲۷۴
— و کشف سحابیها ۳۲۹
هرم جیزه ۲۲
هروفیلوس اسکندرانی ۱۱۸
هرون اسکندرانی ۱۱۶
هگل، ارنست ۳۵۷
هگل، گئورک ویلهلم فریدریش ۲۴۲، ۳۵۳
هلمون، وان ۲۹۴-۲۹۸
هلمهولتس، هرمان ۳۲۱
هندسهٔ فیثاغورسی ۴۲
هندسهٔ یونانی ۴۴، ۷۰
هندیها ۲۲، ۱۱۰
هوك، رابرت ۲۰۷، ۲۱۲
— و امواج نوری ۲۷۷
— و فرمول کشش قنر ۲۶۸
هوکر، سر جوزف ۳۳۶
هوملت، فون ۳۳۲
هومر ۲۸، ۳۶، ۷۵
هویگنس، کریستیان ۱۷۴، ۲۱۱، ۲۷۸
— و نظریهٔ موجی ۲۷۷
هیپاتیا ۱۳۴
هیپارخوس (ابرخس) ۷۲، ۱۱۱-۱۱۶، ۱۵۷
هیرون، شاه سیراکوز ۱۰۶
هیرونوموس فابریکیوس ۲۱۴
هیوم، دیوید ۲۹۰، ۲۹۱

یانگ، تامس ۲۷۸
یروم قدیس ۱۵۰، ۱۵۳
یسوعیان ۱۵۰، ۲۴۹ پ
یوستی نیانوس (ژوستی‌نین) ۱۳۵
یوشع ۱۶۹
یونان ۵۱
یونانیان ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۷۹
— و اخترشناسی ۲۹
— و روش علمی ۳۰
— و ریاضیات ۲۳
— و عددنویسی ۱۰۸
— و علم ۳۱
یونیا ۲۶

مرکز اروپایی
تاریخ ۱۳۸۸/۱۱/۱۵
شماره ۲۰۵۴۳

۲۰۵۴۳