

فیزیک دهم

آماج

(رشته ریاضی فیزیک)



از مجموعه رشادت

احمد پرندوست

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

به نام خداوند جان و خرد کزین برتر اندیشه برنگذرد

بسیار خرسندیم که کتاب «فیزیک دهم آماج» را تقدیم دانش‌آموزان می‌کنیم. این کتاب مطالب فیزیک پایه اول دوره دوم متوسطه را در سطح پیشرفته ارائه می‌دهد. دانش‌آموز، ابتدا با مباحث هر فصل آشنا می‌شود و با مثال‌ها و تمرین‌های فراوان بر آن مطالب اشراف پیدا می‌کند. سپس برای هر فصل، تعدادی سؤال چهارگزینه‌ای و تعدادی مسئله تشریحی را پاسخ می‌دهد تا بر موضوع تسلط کامل یابد. سؤالات چهارگزینه‌ای برخی تألیفی هستند و برخی مربوط به کنکورهای سراسری دانشگاه‌ها می‌باشند. دانش‌آموزان باید توجه داشته باشند که ترتیب مطالعه و حل آن‌ها باید رعایت شود.

انتظار می‌رود کتاب حاضر، همه نیازهای دانش‌آموزان کلاس دهم را که مایل به تحصیل در بهترین دانشگاه‌ها و بهترین رشته‌های کشور هستند، در درس فیزیک پاسخ‌گو باشد.

در این جا لازم می‌دانیم از مؤلف محترم آقای احمد پرندوست که کتاب را زیر نظر دبیر مجموعه تألیف کرده‌اند تشکر کنیم. هم‌چنین از خانم‌ها زینب شریفی (حروفچین و صفحه‌آرا)، مریم رسولی و بهاره خُدّامی (گرافیک‌ها) و مدیران و همکاران واحدهای حروفچینی، تولید و فروش سپاسگزاریم.

امیدواریم دبیران محترم فیزیک و دانش‌آموزان و خانواده‌های عزیز آن‌ها ما را با اعلام نظرات، پیشنهادها و انتقادهای خود درباره این کتاب یاری فرمایند.



فصل ۱: فیزیک و اندازه‌گیری ۷

۸..... درسنامه

۲۵..... تست و حل

۳۱..... این تست‌ها را حل کنید

۳۴..... پاسخ‌نامه تشریحی

۳۸..... این تمرین‌ها را حل کنید

۳۹..... پاسخ‌نامه کلیدی

فصل ۲: کار و انرژی و توان ۴۱

۴۲..... درسنامه

۶۹..... تست و حل

۸۶..... این تست‌ها را حل کنید

۱۰۶..... پاسخ‌نامه تشریحی

۱۳۳..... پاسخ‌نامه کلیدی

فصل ۳: ویژگی‌های فیزیکی مواد ۱۳۵

۱۳۶..... درسنامه

۱۶۶..... تست و حل

۱۸۳..... سوالات تشریحی

۱۸۵..... این تست‌ها را حل کنید

۱۹۹..... پاسخ‌نامه تشریحی

۲۱۵..... پاسخ‌نامه کلیدی

فصل ۴: دما و گرما و قانون گازها ۲۱۷

۲۱۸..... درسنامه

۲۵۰..... تست و حل

۲۷۲	این تست‌ها را حل کنید
۲۹۷	پاسخ‌نامه تشریحی
۳۳۱	پاسخ‌نامه کلیدی

فصل ۵: ترمودینامیک ۳۳۳

۳۳۴	درسنامه
۳۵۱	این تمرین‌ها را حل کنید
۳۶۱	تست و حل
۳۷۹	این تست‌ها را حل کنید
۳۹۲	پاسخ‌نامه تشریحی
۴۰۶	پاسخ‌نامه کلیدی
۴۰۷	سوال‌های کنکور سراسری سال ۱۳۹۵ (مرتبط به سال دهم)
۴۱۴	پاسخ‌نامه تشریحی سوال‌های کنکور سراسری ۱۳۹۵ (مرتبط به سال دهم)



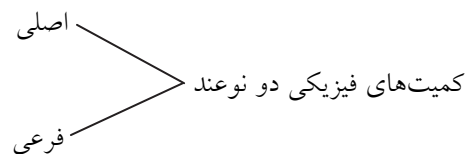
فصل اول



فیزیک و اندازه گیری



خلاصه آنچه در این فصل می‌آموزید:



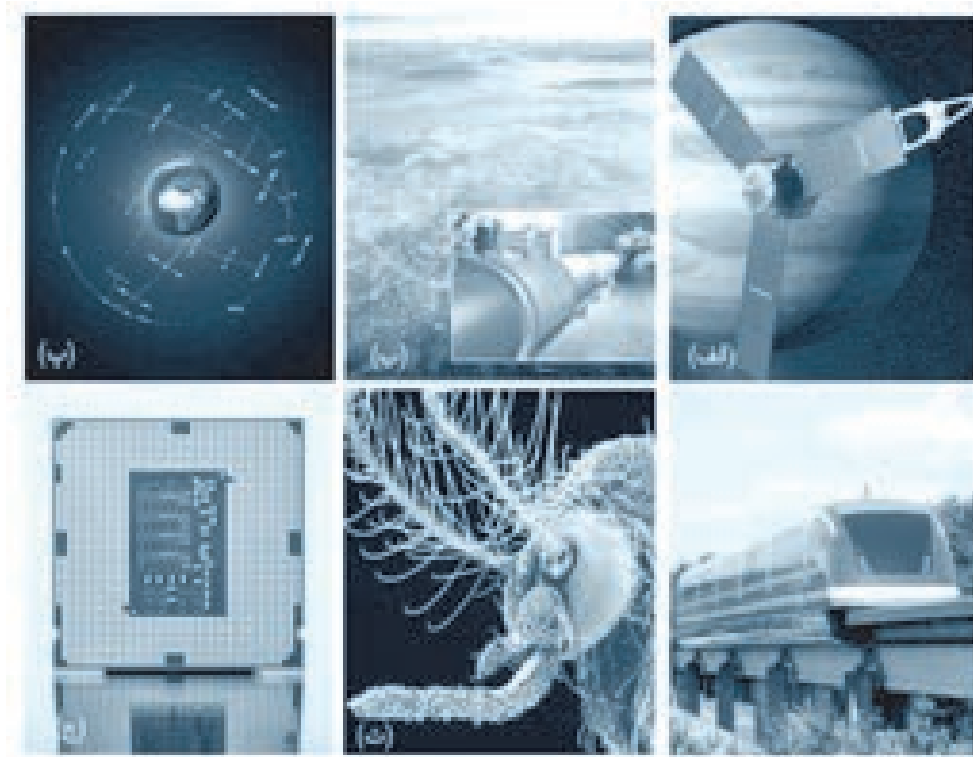
می‌آموزیم که کمیت‌های اصلی و فرعی چه هستند و چه تفاوت‌هایی با هم دارند.

واحدها (یکها) برای کمیت‌های اصلی و فرعی چه هستند و سیستم SI چیست و چرا یکاهای اندازه‌گیری باید در همه جای دنیا یکسان باشند.

مفهوم دقت اندازه‌گیری برای ابزارهای اندازه‌گیری و نماد علمی برای ارائه عدد اندازه‌گیری شده و استفاده از پیشوندهای کوچک‌ساز و بزرگ‌ساز عدد برای سهولت ارائه و درک اعداد را می‌آموزیم و نیز در تبدیل یکها در فیزیک ماهرتر می‌شویم. و مهمتر از همه، در می‌یابیم که هدف همه این کارها چیست و برای چه منظوری باید این مطالب را آموخت.

فیزیک علمی است که در گستره وسیعی از رشته‌ها نقش اساسی دارد و این رشته‌ها مستقیم و غیرمستقیم از علم فیزیک بهره می‌برند؛ پس تکنولوژی‌های جدید و فناوری‌های مدرن بر قوانین فیزیک تکیه دارند و برای همین، فیزیک در زندگی بشر بسیار مهم است و نقش کلیدی دارد.

فیزیکدان‌ها می‌خواهند جهان، قوانین حاکم بر جهان و پدیده‌های آنرا بشناسند و روابط حاکم بر این پدیده‌ها را کشف کنند و برای همین، دست به مشاهده دقیق پدیده‌های گوناگون زده و می‌کوشند نظم حاکم بر این پدیده‌ها را درک کنند. کمیت‌های قابل اندازه‌گیری اساس این علم است (برخی پدیده‌ها مثل شادی، زیبایی و... قابل اندازه‌گیری نیستند) فیزیکدانان با مشاهده دقیق، دست به طراحی آزمایش، انجام آزمایش و مدل‌سازی و ارائه مشاهدات خود می‌زنند و سرانجام بنابر ارتباط این مشاهدات با هم و با استفاده از قدرت تخیل، منطق و استدلال نظریاتی را ارائه می‌کنند که این نظریات تا زمانی که جوابگوی سوالات مطرح شده در این زمینه باشد و با واقعیت‌های کشف و اثبات شده و نیز آزمایشات طراحی شده دیگر تناقضی نداشته باشند معتبر می‌باشند. چند مثال از فناوری‌های پیشرفته‌ای که بر اصول علم فیزیک تکیه دارند:



(الف) فضاپیما جونو (Juno): فضاپیمایی بدون سرنشین که ناسا آنرا در پنجم اوت ۲۰۱۱ از فلوریدا به فضا پرتاب کرد در حال حاضر این فضاپیما به سوی مشتری (برجیس) که بزرگترین سیاره منظومه شمسی است حرکت می‌کند. جونو رکورد بیشترین مسافت طی شده توسط یک فضاپیما خورشیدی را به نام خود ثبت کرده است. این فضاپیما اولین کاوشگر فضایی است که برای تأمین نیروی مورد نیازش به جای ژانراتورهای هسته‌ای به پنل‌های خورشیدی متکی است؛ یعنی از انرژی خورشیدی استفاده می‌کند. این فضاپیما پس از ۵ سال به مداری نزدیک به مشتری رسید. جونو به ابزارهای پیشرفته‌ای مجهز است و اطلاعاتی در مورد جو سیاره مشتری، ویژگی‌های مغناطیسی و گرانشی و نیز چگونگی شکل‌گیری این سیاره به زمین ارسال می‌کند.

(ب) شتاب‌دهنده ذرات زیر اتمی، که در تونلی به طول ۲۷ کیلومتر در عمق ۱۷۰ متری سطح زمین در مرز کشورهای فرانسه و سوئیس ساخته شده است و در آن بیش از ۳۰۰ دانشمند و فیزیکدان در حال کار هستند و بزرگترین دستاورد این آزمایشگاه تاکنون، کشف ذره بوزون هیگز است.

به طور کلی شتاب‌دهنده، دستگاهی است که در آن ذرات باردار مثل ذرات بنیادی، هسته اتم‌ها یا اتم‌های یونیزه شده و... به وسیله میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی تا سرعت‌های بسیار زیاد (حتی تا نزدیکی سرعت نور) شتاب داده می‌شوند. از شتاب‌دهنده‌ها در زمینه‌های مختلفی از فیزیک به خصوص فیزیک اتمی استفاده می‌شود.

ذرات بوزون هیگز (Higgs boson) یک ذره بنیادی اولیه دارای جرم است. مشاهده تجربی این ذره باعث شد دانشمندان بتوانند درباره چگونگی جرم‌دار شدن ماده توسط ذرات بنیادی دیگر توضیح دهند. بوزون هیگز یک مؤلفه بسیار مهم در دنیای ماده است.

(پ) سامانه مکان یا جهت‌یابی (GPS): این سامانه، مکان اجسام را با دقت زیادی روی زمین پیدا می‌کند بخشی از دقت این سامانه به این دلیل است که GPS براساس نظریه نسبیت آلبرت اینشتین کار می‌کند.



سیستم GPS از یک مجموعه ۲۴ تایی ماهواره‌ای تشکیل شده که بالای سطح زمین می‌چرخند و موقعیت مکانی گیرنده GPS را با خطایی کمتر از یک متر مشخص می‌کنند. ماهواره‌های GPS به دور زمین می‌چرخند و به ساعت‌های اتمی بسیار دقیقی مجهز هستند.

(ت) ترابری مگلو (Maglev): یکی از دستاوردهای فیزیک، آبر رساناها هستند. این وسیله نقلیه موسوم به قطار مغناطیسی، حامل پیچیده‌های ابررسانا در زیر خود است و همین موضوع موجب می‌شود که قطار چند سانتی‌متر بالاتر از ریل به صورت شناور درآید و با تندی بیش از ۴۰۰ کیلومتر بر ساعت حرکت کند. بالاتر بودن قطار از سطح ریل موجب می‌شود که نیروی مقاوم در برابر حرکت قطار به حداقل برسد این قطارها نصف انرژی هواپیما را مصرف می‌کنند.

ابررساناها که از آنها در فن‌آوری مگلو استفاده می‌شود، رساناهایی هستند، که مقاومت آنها به صفر رسیده است و در این فن‌آوری از آنها برای ساخت پیچیده‌هایی استفاده می‌شود که با هدر دادن کم انرژی الکتریکی، خاصیت مغناطیسی زیادی ایجاد می‌کنند که موجب معلق ماندن قطار و عدم برخورد آن با ریل می‌شود.

(ث) میکروسکوپ الکترونی روبشی یا SEM: نوعی میکروسکوپ الکترونی است که قابلیت عکس‌برداری از سطوح را با بزرگنمایی تا ۵۰۰۰۰۰ برابر واقعی و قدرت تفکیک بسیار خوب دارا می‌باشد.

به طور کلی در میکروسکوپ‌های الکترونی به جای نور مرئی از باریکه‌ای از الکترون‌ها برای تصویربرداری استفاده می‌شود.

(ج) پردازنده یا واحد پردازش مرکزی (CPU): متشکل از صدها میلیون تا چندین میلیارد ترانزیستور بسیار کوچک و ظریف است که در یک محفظه سرامیکی جای گرفته‌اند. این شکل یکی از پردازنده‌های نسل جدید را نشان می‌دهد که فراتر از یک میلیارد ترانزیستور ۲۲ نانومتری در آن به کار رفته است.

نقش CPU در کامپیوترها، پردازش اطلاعات و دستورات (عملکردهای منطقی و ریاضی و...) می‌باشد و عملکرد آن قابل مقایسه با مغز انسان است.

*** مدل‌سازی در فیزیک:** برای آنکه بتوانیم روابط درستی برای یک کمیت پیچیده بنویسیم، باید آنرا ساده کرده و مدل مناسبی از آن ارائه دهیم، تا بتوانیم فرمول‌هایی را برای آن پدیده نوشته و آنرا تحلیل کنیم. برای این منظور از مسائل جزئی و کم اهمیت در آن پدیده صرف‌نظر می‌کنیم و مسائل کلی آنرا به صورتی ساده و آرمانی در نظر می‌گیریم. به عنوان مثال اگر بخواهیم حرکت گلوله‌ای را که از ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین رها می‌شود تا رسیدن به سطح زمین بررسی کنیم، دیگر اثر ارتفاع بر جاذبه زمین و اختلاف این نیرو در فواصل مختلف گلوله از سطح زمین اهمیت چندانی ندارد، پس از آن چشم‌پوشی می‌کنیم و شتاب گرانش زمین را در طول مسیر برای گلوله ثابت فرض می‌کنیم.

* لزوم تعریف یکا (واحد) برای کمیت‌ها

روشن است که برای انجام آزمایش در شرایط مشابه و تکرار آن^۱ و گزارش آزمایشات و استفاده از داده‌ها و نتایج، نیاز به بیان دقیق شرایط آزمایش یعنی نیاز به اندازه‌گیری دقیق و صحیح وجود دارد و برای آنکه همه بتوانند از این مطالب استفاده کنند باید از یکاهایی تعریف شده و معین برای اندازه‌گیری استفاده شود. این واحدها می‌بایست در دسترس همگان بوده و در طی زمان تغییرناپذیر باشد

۱. ویژگی آزمون‌پذیری و تکرار آزمایشات و اصلاح نظریه‌های فیزیکی ویژگی مهم برای تکامل و پیشرفت این علم است.



(نیاز به یکاهای اندازه‌گیری) در ضمن مطالب علمی باید به صورتی بیان شوند که درکشان ساده بوده و از طرفی دارای دقت لازم باشند؛ پس باید کمیت‌های مختلف فیزیکی را به گونه‌ای مناسب طبقه‌بندی کرد تا درک و تعریف آنها ساده و قابل فهم شده و روابط کمیت‌ها آسان‌تر بیان شده و یکایشان هم دقیق و راحت به دست آمده و فهمیده شود و برای همین، کمیت‌ها را به اصلی و فرعی طبقه‌بندی می‌کنند. کمیت‌های اصلی ساده‌ترین کمیت‌ها می‌باشند آنها را تعریف کرده و یکاهایشان را مشخص کرده‌اند. کمیت‌های فرعی از کمیت‌های اصلی ساخته و تعریف و فرمول‌بندی می‌شوند.

ناگفته پیداست که تعداد کمیت‌های اصلی باید حداقل باشد تا تعریف آنها، تعیین یکا برایشان و تعریف کمیت‌های فرعی از روی آنها به ساده‌ترین شکل ممکن مقدور باشد.

مثلاً کمیتی مثل طول، کمیتی اصلی است. (مثل طول پاره خط L) که با آن کمیت‌های سطح (مثل مساحت مربع L^2) و حجم (مثل حجم معکب L^3) را تعریف می‌کنیم.

برای توصیف کمیت‌های فرعی تندی و شتاب از کمیت‌های طول و زمان بهره می‌گیریم. (مثلاً تندی متوسط نسبت مسافت طی شده به زمان پیمودن این مسافت است.)

بیشتر بدانیم

کمیت‌های برداری و مقداری

ضمناً یک دسته‌بندی دیگر در مورد کمیت‌ها، طبقه‌بندی آنها براساس مقداری و برداری بودن آنهاست.

کمیت مقداری تنها اندازه و مقدار دارد و جهتی ندارد مثل زمان، جرم و مساحت

ولی کمیت برداری دارای اندازه و جهت است؛ مثل جابه‌جایی و نیرو.

مثلاً اگر بگوییم به میز تحریر، ۲۰۰ نیوتن نیرو وارد کردیم این سوال که «در چه جهتی این نیرو وارد شده است» سوالی با معناست (واژه جهت را به معنی واقعی آن که بیانگر راستا و سو باشد به کار می‌بریم نه به معنی منظور و هدف). ولی اگر بگوییم ۲ ساعت مطالعه کردیم، سوال «در جهتی» بی معنی می‌باشد و این موضوع نشان‌دهنده آن است که زمان، جهت ندارد ولی نیرو کمیتی جهت‌دار یا برداری است.

به بردار شکل نگاه کنید طول آن بیانگر اندازه یا مقدار و راستای آن شمال شرقی، جنوب غربی و نوک پیکان سوی آنرا نشان می‌دهد و اگر بردار a بردار جابه‌جایی باشد، نوک پیکان می‌گوید جابه‌جایی از جنوب غربی به سوی شمال شرقی است.

اندازه‌گیری و دستگاه بین‌المللی یکاها:

یکاهای اندازه‌گیری باید ثابت و غیرقابل تغییر و دارای قابلیت بازتولید در مکان‌های مختلف باشند. (یعنی در دسترس در همه جا) دستگاه معروف و متداولی که بیشتر دانشمندان و مهندسان در دنیا از آن بهره می‌برند اصطلاحاً دستگاه متریک نامیده می‌شود که در سال ۱۳۳۸ هـ. ش به طور رسمی، دستگاه بین‌المللی (SI) که مخفف واژه فرانسوی System International است نامیده شد.



ما هفت کمیت را به عنوان کمیت‌های اصلی می‌شناسیم که در ادامه سه کمیت اول را معرفی خواهیم کرد.

نماد یکا	نام یکا	کمیت‌های اصلی
m	متر	طول
Kg	کیلوگرم	جرم
S	ثانیه	زمان
K	کلوین	دما
mol	مول	مقدار ماده
A	آمپر	جریان الکتریکی
cd	کندلا (شمع)	شدت روشنایی

بیشتر بدانیم

چه کسی یا چه نهادی باید برای کمیت‌ها یکا انتخاب کند؟

برای انتخاب و تعیین واحد (یکا) برای کمیت‌ها نیاز به قوانین بین‌المللی است. اداره بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها واقع در نزدیکی پاریس که در سال ۱۸۷۵ میلادی تأسیس شده است، مرکز اصلی انجام این‌گونه امور است. این اداره با آزمایشگاه‌های تعیین استاندارد در تمام دنیا از جمله سازمان ملی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران دائماً در تماس است. مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها که یک مجمع بین‌المللی است در فواصل زمانی منظم تشکیل جلسه می‌دهد و تصمیمات و توصیه‌های لازم را اعلام می‌کند. اولین اجلاس این مجمع در سال ۱۸۸۹ میلادی برگزار شد. اولین قانون اندازه‌گیری در ایران در سال ۱۳۰۴ هـ.ش تصویب شد و ایران دستگاه متریک (SI کنونی) را به عنوان دستگاه رسمی اندازه‌گیری در کشور به رسمیت شناخت. اجرای قانون اندازه‌گیری در کشور به عهده مرکز اندازه‌شناسی سازمان ملی استاندارد ایران است که شامل بخش‌هایی مربوط به اندازه‌گیری‌های مکانیکی، فیزیکی و الکتریکی است.

طول:

در اواخر قرن ۱۸ تعریف آن یک ده میلیونیم فاصله استوا تا قطب شمال در امتداد نصف‌النهاری که از پاریس می‌گذرد بود. در آخرین توافق در مجمع عمومی وزن‌ها و مقیاس‌ها (در سال ۱۳۶۲ هـ.ش) تعریف طول به این صورت درآمد: مسافتی که نور در مدت زمان

$$\frac{1}{299792458} \text{ ثانیه در خلاء طی می‌کند.}$$

بیشتر بدانیم

یکاهای قدیمی ایرانی برای طول

یک ذرع برابر ۱۰۴ سانتی‌متر است. (حدود یک متر)
یک فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است. (یعنی حدود ۶ کیلومتر)



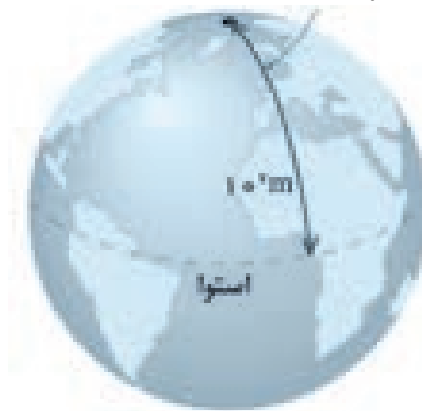


بیشتر بدانیم

- ۱- یکای نجومی (AU) میانگین فاصله زمین تا سطح خورشید و در حدود 1.5×10^8 کیلومتر است.
- ۲- مسافتی که نور در مدت یک سال در خلاء طی می‌کند یک سال نوری نامیده می‌شود (با نماد ly)
- ۳- کوازارها، دورترین اجرام شناخته شده از زمین می‌باشند آنها دورترین محل قابل مشاهده کیهان هستند. فاصله کوازارها از منظومه شمسی حدود 10^{26} متر برآورد شده است.

طول (m)	جسم
4×10^{16}	فاصله زمین تا نزدیک‌ترین ستاره
9×10^{15}	یک سال نوری
2×10^{11}	شعاع مدار میانگین زمین به دور خورشید
4×10^8	فاصله میانگین ماه از زمین
6×10^6	شعاع میانگین کره زمین
2×10^{-5}	ارتفاع ماهواره‌ای که دور زمین می‌گردد
9×10^1	طول زمین فوتبال
5×10^{-3}	طول مگس
1×10^{-4}	اندازه ذرات کوچک گرد و خاک
1×10^{-5}	اندازه سلول‌های بیشتر موجودات زنده
1×10^{-10}	قطر اتم هیدروژن
1×10^{-14}	قطر هسته اتم
1×10^{-15}	قطر پروتون

متر در آغاز به صورت یک ده میلیونیم این فاصله تعریف شد.



شکل: اولین تعریف متر (در سال ۱۱۶۹ هـ. ش)

سال نوری (مسافتی که نور در یک سال طی می‌کند) معادل چند متر است؟ $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (سرعت نور در خلاء)

مثال ۱

پاسخ

$$v = \frac{\text{مسافت طی شده}}{\text{زمان}} = \text{سرعت (تندی)}$$

$$d = 365 \times 24 \times 3600 \times 3 \times 10^8 = 940.8 \times 10^{11} \text{ m}$$

d=	۳۶۵ ↓	× ۲۴ ↓	× ۳۶۰۰× ↓	$3 \times 10^8 = 940.8 \times 10^{11} \text{ m}$ ↓
فاصله یک سال نوری برحسب متر	تعداد روز یک سال	تعداد ساعت یک شبانه روز	ثانیه‌های یک ساعت	مسافتی که نور در یک ثانیه طی می‌کند.



بیشتر بدانیم

* یک آنگستروم که با نماد Å نمایش داده می‌شود معادل 10^{-10} متر است.
 * یک میکرون یا میکرومتر، معادل 10^{-6} متر می‌باشد.

بیشتر بدانیم

اولین استاندارد بین‌المللی طول، میله‌ای بود از آلیاژ پلاتین - ایریدیوم به نام متر استاندارد، که اکنون در اداره بین‌المللی اوزان و مقیاس‌ها نگهداری می‌شود. هنگامی که میله در دمای 0°C باشد فاصله بین دو خط ظریف که بر روی دو بست طلایی نزدیک به دو انتهای میله حک شده، یک متر است. حال چه نیازی به تعریف دقیق این مقدار هست در حالی که این نمونه را در موزه داریم و می‌توانیم مترهای دیگر را از روی آن بسازیم؟

پاسخ

این میله در اثر حوادث طبیعی مثل آتش‌سوزی یا جنگ ممکن است از بین برود به علاوه زیاد هم در دسترس نیست. این ایراد خیلی هم بی‌مورد نیست. به عنوان مثال در آتش‌سوزی پارلمان انگلستان در سال ۱۸۳۴ میلادی استانداردهای یارد (یکایی برای طول) و پوند (یکایی برای جرم) از بین رفتند و دولت فرانسه هم با توجه به این موضوع یک منطقه بین‌المللی بی‌طرف تأسیس کرد که موزه اوزان و مقادیر در آن قرار دارد و خوشبختانه این بی‌طرفی در جنگ جهانی دوم توسط آلمان نازی که فرانسه را اشغال کرده بود محترم شمرده شد.

جرم: یکای جرم در SI کیلوگرم (Kg) نامیده می‌شود. نمونه این واحد به شکل استوانه‌ای فلزی از آلیاژ پلاتین - ایریدیوم به دقت درون دو حباب شیشه‌ای در موزه سور فرانسه نگهداری می‌شود و نمونه‌های کاملاً مشابه آن برای کشورهای دیگر ارسال شده است.

مقادیر تقریبی برخی جرم‌های اندازه‌گیری شده	
جرم (Kg)	جسم
1×10^{52}	عالم قابل مشاهده
7×10^{41}	کهکشان راه شیری
2×10^{30}	خورشید
6×10^{24}	زمین
7×10^{22}	ماه
1×10^2	کوسه
7×10^1	انسان
1×10^{-1}	قورباغه
1×10^{-5}	پشه
1×10^{-15}	باکتری
2×10^{-27}	اتم هیدروژن
9×10^{-31}	الکترون



بیشتر بدانیم

چند یکای قدیمی ایرانی برای جرم:

یک خروار = ۱۰۰ من تبریز
 یک من تبریز = ۴۰ سیر = ۴ مثقال
 یک مثقال = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم
 یک مثقال معادل ۴/۸۶ گرم است.

* آیا می‌توانید یکاهای نخود و گندم و سیر و من تبریزی و خروار را برحسب گرم و کیلوگرم حساب کنید؟
 * آیا می‌دانید یک تن معادل حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم است.

زمان: در بسیاری از کارهای علمی می‌خواهیم بدانیم که یک رویداد چقدر طول می‌کشد. به فاصله زمانی بین دو لحظه، یک بازه زمانی می‌گوییم. در طول سال‌های ۱۲۶۸ و ۱۳۴۶ ه.ش واحد زمان که ثانیه (S) می‌باشد به صورت $\frac{1}{86400}$ یک دور گردش زمین به دو محورش (یک روز خورشیدی) تعریف می‌شد.

بیشتر بدانیم

ساعت اتمی استاندارد خوب و دقیقی برای سنجش زمان محسوب می‌شود. نوعی ساعت اتمی که براساس بسامد معین ایزوتوپ سزیوم ^{133}CS کار می‌کند از سال ۱۹۵۵ میلادی در آزمایشگاه ملی فیزیک انگلستان به طور پیوسته مشغول کار است.

ساعت‌های اتمی پس از چندین میلیون سال تنها یک ثانیه خطا دارند یعنی جلو یا عقب می‌افتند. براساس ساعت سزیم، آهنگ گردش زمین در نیم کره شمالی در تابستان زیاد و در زمستان کم است و سال به سال به طور یکنواخت به صورت بسیار جزئی کاهش می‌یابد. (به علت ذوب شدن یخ‌های قطب و جرز و مد و ...)

مثال ۲ اگر قطر هسته یک اتم حدوداً ۱.۵×10^{-15} متر باشد نور در چه مدتی این مسافت را طی می‌کند؟ (نور در هر ثانیه مسافت ۳×10^8 m را طی می‌کند؛ یعنی سرعت نور در خلاء $C = ۳ \times 10^8$ m/s است.)

پاسخ

می‌توانیم با تناسب این زمان را به دست آوریم:

ثانیه S	متر ۳×10^8
t = ?	۱.۵×10^{-15}

و اگر از فرمول سرعت (تندی) هم برای حل مسأله اقدام می‌کردیم به همین جواب می‌رسیدیم.

$$\text{سرعت } v = \frac{\text{جابه جایی}}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{زمان } t = \frac{۱.۵ \times 10^{-15}}{۳ \times 10^8} = ۵ \times 10^{-24} \text{ s}$$



مرتبۀ بزرگی برخی از زمان‌ها (به صورت تقریبی)

زمان به ثانیه	رویداد	زمان به ثانیه	رویداد
10^{-1}	مدتی که یک گلوله (با کالیبر 30 mm) طول یک زمین فوتبال را طی می‌کند	10^{18}	کل طول عمر خورشید
10^{-3}	مدت یک بال زدن مگس	10^{17}	سن قدیمی‌ترین سنگ‌ها از زمان تشکیل نخستین فسیل
10^{-4}	مدت یک ارتعاش زیرترین صوتی که شنیده می‌شود	10^{15}	از زمان زندگی دایناسورها تاکنون
10^{-5}	زمان ترکیدن یک ترقه	10^{13}	از زمان پیدایش نخستین انسان تاکنون
10^{-8}	مدت زمانی که طول می‌کشد نور طول اتاق را طی کند	10^{11}	از زمان پیدایش خط تاکنون
10^{-11}	مدتی که نور در آن ضخامت پنجره را می‌پیماید	10^9	دورهٔ عمر انسان
10^{-20}	مدتی که طی آن الکترون اولین لایه در یک اتم سنگین به دور هسته‌اش می‌گردد	10^7	مدتی که طول می‌کشد تا زمین یک بار به دور خورشید بگردد (یک سال)
10^{-25}	مدتی که نور قطر هسته اتم را می‌پیماید	10^6	یک ماه
		10^5	یک روز
		10^3	مدتی که نور خورشید به زمین می‌رسد
		10^2	یک دقیقه
		10^0	مدت ضربان قلب

پیشوندهای SI:

وقتی در اندازه‌گیری با اعدادی خیلی بزرگتر یا خیلی کوچکتر از یکای اصلی آن کمیت مواجه شویم از یک‌سری پیشوند برای ساده‌سازی ارائه آن عدد استفاده می‌کنیم تا بیان و درک آن عدد ساده‌تر شده و احتمال اشتباه کمتر شود. مثلاً می‌گوییم فاصلهٔ دو شهر از هم 546 کیلومتر است (پیشوند کیلو به معنی هزار است یعنی این فاصله 546000 متر می‌باشد)

* جدول پیشوندهای یکاهای SI

ضریب	پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد
10^{24}	یوتا	Y	10^{-24}	یوکتو	y
10^{21}	زتا	Z	10^{-21}	زپتو	z
10^{18}	اِگزا	E	10^{-18}	آتو	a
10^{15}	پتا	P	10^{-15}	فمتو	f
10^{12}	ترا	T	10^{-12}	پیکو	p
10^9	گیگا	G	10^{-9}	نانو	n
10^6	مِگا	M	10^{-6}	میکرو	μ
10^3	کیلو	K	10^{-3}	میلی	m
10^2	هکتو	h	10^{-2}	سانتی	c
10^1	دِکا	da	10^{-1}	دسی	d

شش سطر پایینی مهم‌تر هستند.



مثال ۳

- الف) $0,00005 \text{ Km}$ چند سانتی‌متر است؟
 ب) $3,5 \times 10^{-8} \text{ s}$ چند نانو ثانیه است؟
 پ) $0,0047 \text{ mg}$ چند کیلوگرم است؟
 ت) دو ترا بایت معادل چند بایت است؟ (بایت واحد حافظه در کامپیوتر می‌باشد)
 ث) یک ترا بایت معادل چند گیگا بایت است؟
 ج) ۶ مگاوات معادل چند کیلووات و چند وات است؟

پاسخ

الف) $0,00005 \text{ Km} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$

ب) $3,5 \times 10^{-8} \text{ s} = 35 \times 10^{-9} \text{ s} = 35 \text{ ns}$

پ) $0,0047 \text{ mg} = 4,7 \mu\text{g}$

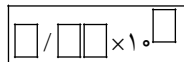
ت) $2 \text{ T Byte} = 2 \times 10^{12} \text{ Byte}$

ث) $1 \text{ T Byte} = 1000 \text{ G Byte}$

ج) $6 \text{ MW} = 6000 \text{ KW} = 6000000 \text{ W}$

نماد علمی: قراردادی برای ارائه یک عدد خیلی بزرگ یا خیلی کوچک است که فهم آنرا آسان‌تر می‌کند و احتمال اشتباه را در آن کاهش می‌دهد.

یک عدد را به صورت یک رقم صحیح و بقیه اعشاری نشان می‌دهند که در ۱۰ به توان عدد دیگر ضرب شده است.



مثلاً به جای عدد 54672100×10^7 آنرا با نماد علمی $5,4672100 \times 10^7$ نمایش می‌دهیم.

یا مثلاً شعاع اتم هیدروژن $0,00000000050$ متر است که آنرا با نماد علمی $5,0 \times 10^{-11}$ متر بیان می‌کنیم.

سرعت نور در خلاء 300000000 متر بر ثانیه است که نماد علمی آن 3×10^8 متر بر ثانیه می‌باشد.

مثال ۴

داده‌های زیر را با استفاده از نمادگذاری علمی و برحسب یکاهای خواسته شده بنویسید.

الف) $r = 382 \times 10^3 \text{ Km} = \dots\dots\dots \text{m}$

الف) فاصله ماده تا زمین:

ب) $a_0 = 0,0529 \text{ nm} = \dots\dots\dots \text{m}$

ب) شعاع اتم هیدروژن در مدل اتمی بور:

پ) $m = 199 \times 10^{25} \text{ ton} = \dots\dots\dots \text{kg}$

پ) جرم خورشید:

ت) $m = 16,7 \times 10^{-25} \text{ g} = \dots\dots\dots \text{kg}$

ت) جرم پروتون:

ث) $T = 0,241 \text{ سال} = \dots\dots\dots \text{سال}$

ث) مدت زمان گردش سیاره عطارد به دور خورشید:

ج) $T = 0,00015 \text{ PS} = \dots\dots\dots \text{s}$

ج) مدت زمان گشتن الکترون به دور هسته اتم هیدروژن در مدل اتمی بور:

چ) $q_e = 160 \times 10^{-15} \mu\text{C} = \dots\dots\dots \text{C}$

چ) بار الکتریکی الکترون:



پاسخ

الف) $r = 382 \times 10^3 \text{ Km} = 3,82 \times 10^8 \text{ m}$

ب) $a_0 = 0,0529 \text{ nm} = 5,29 \times 10^{-11} \text{ m}$

پ) $m = 199 \times 10^{25} \text{ ton} = 1,99 \times 10^{30} \text{ Kg}$

ت) $m = 16,7 \times 10^{-25} \text{ g} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$

ث) $T = 0,241 \text{ سال} = 2,41 \times 10^{-1} \text{ سال}$

ج) $T = 0,00015 \text{ ps} = 1,5 \times 10^{-16} \text{ s}$

چ) $q_e = 160 \times 10^{-15} \mu\text{C} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

*** دقت و خطای اندازه گیری:** اصولاً اندازه گیری‌ها تقریبی هستند.

در اندازه گیری تمام کمیت‌های فیزیکی مثل طول، جرم، زمان و ... عدم قطعیت و خطا وجود دارد و هرگز نمی‌توان گفت یک اندازه گیری ۱۰۰ درصد درست است. اما چگونه می‌توان خطای اندازه گیری را به حداقل رساند؟ حساسیت ابزاری که اندازه گیری را انجام می‌دهد، روش و تکنیک اندازه گیری، تعداد دفعاتی که اندازه گیری تکرار می‌شود و دقت شخص اندازه گیری کننده همه از عواملی هستند که بر دقت بودن عدد نهایی ارائه شده تأثیر می‌گذارند.

* در این قسمت به بررسی دو موضوع می‌پردازیم:

۱- دقت ابزار اندازه گیری چیست؟

۲- چگونه عدد را ارائه دهیم که گویای دقت اندازه گیری ما باشد؟

ابزار اندازه گیری باید با چیزی که می‌خواهیم اندازه‌اش را به دست آوریم متناسب باشد؛ مثلاً برای اندازه گیری ضخامت تار مو، متر نواری کاربردی ندارد.

هر وسیله اندازه گیری حساسیت و دقت خاص خود را دارد مثلاً خطکش میلی‌متری می‌تواند حداقل ۱ mm را اندازه بگیرد و دقت آن

در حد $\frac{1}{1000}$ متر است پس اگر عدد ۰/۰۲۳۱ متر را ارائه کند، یعنی عدد آخر سمت راست یعنی ۱ حدسی و غیرقطعی است و این

نتیجه با ۵ رقم با معنا بیان شده است که تنها چهار رقم آن درست و مطمئن است.

یکی از راههای افزایش دقت اندازه گیری، چند بار اندازه گرفتن یک کمیت و میانگین گرفتن از اندازه‌هاست. یعنی اعداد اندازه گیری شده را جمع کرده و آنها را بر تعداد اعداد، تقسیم کنیم.

توجه کنید که اگر عددی با سایر اندازه‌ها تفاوت زیادی داشت آنرا از جمع اعداد حذف کنیم (زیرا به احتمال قوی اشتباهی رخ داده است).

سوال: اگر پنج دانش‌آموز طول کاغذ A۴ را با خطکش میلی‌متری اندازه گرفتند و اعداد زیر را اعلام کردند، به نظر شما چه عددی

به احتمال زیاد به طول واقعی کاغذ نزدیک‌تر است؟ (۳۰/۲cm, ۳۰/۳cm, ۴۱/۲cm, ۳۰/۱cm, ۳۰/۲cm)

پاسخ

عدد ۴۱/۲ با بقیه اعداد تفاوت زیادی دارد پس آنرا حذف کرده و از سایر اعداد میانگین می‌گیریم.

$$\frac{30,2 + 30,3 + 30,1 + 30,2}{4} = 30,2 \text{ cm} = 30,2 \text{ mm}$$




بیشتر بدانیم

به موارد زیر توجه کنید:

- ۱- وقتی عددی به صورت $۵/۲۱$ یعنی با سه رقم با معنا ارائه شد، باید بدانیم که $۵/۲$ درست است و قطعیت دارد و ۱ غیرقطعی و مشکوک است (آخرین رقم قسمت راست حدسی و غیرقطعی است).
- ۲- اگر ضخامت یک شیشه را $۰/۴۱\text{mm}$ اندازه گرفتیم رقم غیرقطعی، عدد ۱ است یعنی عدم قطعیت در حد صدم میلی‌متر می‌باشد.
- ۳- اگر طول اتاق را $۴/۲۵$ متر اندازه گرفتیم رقم حدسی و غیرقطعی، ۵ است یعنی در حد صدم متر عدم قطعیت داریم.

یک سوال اساسی:

حال اگر اعداد دارای عدم قطعیت را در محاسبات ریاضی یعنی جمع، تفریق، ضرب و یا تقسیم استفاده کردیم عدم قطعیت عدد به دست آمده چه خواهد بود؟ دقت کنید که حاصل عملیات ریاضی باید به گونه‌ای باشد که عدد به دست آمده دقتی بیش از دقت عددهای اندازه‌گیری شده را بیان نکند.

الف) اگر ضرب و تقسیم داشته باشیم:

هنگامی که عددها در ضرب می‌شوند یا برهم تقسیم می‌شوند عدد نهایی نمی‌تواند دارای تعداد ارقام با معنی بیشتری از هر یک از اعداد اولیه داشته باشد. مثال: $۶۵/۳۸۰۱۴۴۰۴ = ۷/۱۲ \times ۳/۱۴۱۵ \times ۲/۹۲۳$ در این مورد عدد نهایی ارائه شده $۶۵/۳$

می‌باشد که دارای ۳ رقم با معناست.

ب) اگر جمع و تفریق داشته باشیم:

در این صورت آنچه اهمیت دارد جای ممیز است نه تعداد ارقام با معنا

به عنوان مثال حاصل $۴/۸ + ۲۴۵/۴۱$ باید به صورت $۲۵۰/۲$ بیان شود یعنی تعداد ارقام سمت راست ممیز (اعشاری‌ها) نباید از کمترین تعداد ارقام اعشاری هیچ‌کدام از اعداد قبلی بیشتر باشد (یعنی عددی که کمترین تعداد ارقام اعشاری را دارد برای عدد نهایی ایجاد محدودیت می‌کند) $x = ۹/۳۵۶ + ۴/۲۳/۵ + ۲/۱ = x$ پس x باید به صورت $۱۵/۶$ بیان شود.

مثال ۵ جمع زیر را انجام دهید $۴/۳۲۴\text{Kg} + ۲۵/۱۳\text{Kg}$

پاسخ

مقدار عدد اول با دقت هزار کیلوگرم و مقدار دومی تا صدم کیلوگرم دقت دارد. در نتیجه رقم اعشاری در عدد دوم بیشتر است و رقم نهایی در حاصل جمع باید با دقت صدم بیان شود؛ در نتیجه خواهیم داشت: $۴/۳۲ + ۲۵/۱۳ = ۲۹/۴۵\text{Kg}$

در هنگام جمع و تفریق دو عدد که یکای آنها یکسان نیست، باید بدون آنکه در تعداد رقم‌های با معنای آنها تغییری ایجاد شود، ابتدا همه را برحسب یکای مشترکی بنویسیم، آنگاه با توجه به قاعده کلی که بیان شد، محاسبه مورد نظر را انجام دهیم.

مثال ۶ یک سنگ $۲/۵$ کیلوگرمی را درون یک جعبه ۲۶۴ گرمی قرار می‌دهیم جرم کل چند گرم می‌شود؟

پاسخ

ابتدا هر دو عدد را برحسب یکای گرم و به صورت توان یکسان ۱۰ می‌نویسیم:



$$m_1 = 2,5 \text{ Kg} = 2,5 \times 10^3 \text{ g}$$

$$m_2 = 264 \text{ g} = 0,264 \times 10^3 \text{ g}$$

$$\text{کل } m = m_1 + m_2$$

$$m = 2,5 \times 10^3 + 0,264 \times 10^3 = 2,764 \times 10^3 \text{ g}$$

در نوشتن حاصل جمع، ضمن به کارگیری قاعده بیان شده، از روش گرد کردن هم استفاده کرده‌ایم و حاصل جمع را به جای $2,764 \times 10^3$ به صورت $2,8 \times 10^3$ نوشتیم.

نکته ۱ برخی رابطه‌ها ضریب‌های ثابتی دارند که از محاسبات به دست نیآورده‌اند؛ مثل رابطه زیر:

$$\text{عرض مستطیل} + \text{طول مستطیل} = 2 = \text{محیط مستطیل}$$

$$\text{یا عددهای ۴ و ۳ در رابطه } \frac{4}{3} \pi R^3 = \text{حجم کره}$$

این گونه ضریب‌ها که رقم غیرقطعی ندارند، به هنگام تعیین تعداد رقم‌های با معنای حاصل یک محاسبه، در نظر گرفته نمی‌شوند.

دقت و صحت:

تفاوت دقت اندازه‌گیری و درستی آن:

ممکن است یک ساعت دیجیتالی داشته باشیم که زمان را با دقت یک ثانیه نشان دهد ولی این ساعت را ما درست تنظیم نکرده باشیم در این صورت این ابزار دقت دارد ولی عدد درست را نمایش نمی‌دهد و عددی که نشان می‌دهد صحت ندارد در حالی که ممکن است ساعتی عقربه‌ای که ثانیه شمار ندارد و دقت پایین دارد زمان را درست نشان دهد. پس این ساعت عقربه‌ای دقت ندارد ولی زمان را صحیح‌تر از ساعت دیجیتالی نشان می‌دهد.

تخمین مرتبه بزرگی محاسبات در فیزیک:

به طور کلی تخمین زدن یعنی حدود عددی را گفتن و قاعده‌تاً این عدد دقت لازم را ندارد؛ پس وقتی از تخمین استفاده می‌کنیم که محاسبه دقیق را نداشته باشیم یا دسترسی کافی به اطلاعات لازم مقدر نباشد و یا اینکه اصلاً دقت در کار اهمیت زیادی نداشته باشد. تخمین مرتبه بزرگی یعنی تخمین زدن یک مقدار و ارائه آن به صورت ده به توان یک عدد. تخمین مرتبه بزرگی نوعی تخمین زدن است که در فیزیک کاربرد زیادی دارد و نهایتاً عدد به صورت 10^n ارائه می‌شود که ممکن است با عدد واقعی، یک یا دو مرتبه بزرگی متفاوت باشد.

برای ارائه عدد به این روش باید ابتدا عدد را به صورت نماد علمی یعنی: $X \times 10^m$ نوشت؛ سپس X را به 10^0 یا 10^1 گرد کرد. اگر $1 \leq X < 5$ باشد آنرا 10^0 و اگر $5 \leq X < 10$ باشد آنرا 10^1 قرار می‌دهیم.

مثال ۷

$$3,0 = 1 \times 10^0 \sim 10^0$$

$$0,72 = 7,2 \times 10^{-1} \sim 10^0 \times 10^{-1} = 10^{-1}$$

$$0,2 = 2 \times 10^{-1} \sim 10^0 \times 10^{-1} = 10^{-1}$$

$$0,0253 = 2,53 \times 10^{-2} \sim 10^0 \times 10^{-2} = 10^{-2}$$

$$14,2 = 1,42 \times 10^1 \sim 10^0 \times 10^1 = 10^1$$

$$65 = 6,5 \times 10^1 \sim 10^2$$

$$0,00736 = 7,36 \times 10^{-3} \sim 10^0 \times 10^{-3} = 10^{-3}$$

