۸۸/۰۷/۶

Dynamics of Machineries — دینامیک ماشین

دینامیک ۵ بخش دارد :

۱. ذره مادی

۲. دستگاه ذرات مادی

۳. جسم صلب ← ما اینجا رو در دینامیک میخونیم

۴. دستگاه اجسام صلب ← دینامیک ماشین

۵. اجسام پیوسته

دینامیک ماشین ، دینامیک دستگاه اجسام صلب است و دو بخش دارد . بستگی دارد از کدام جهت به جسم نگاه کنید و از کدام طرف به چه سمت ذره سیر کند .

مثلاً حرکت نوسانی ساچمه درون کاسه صلب ، یک حرکت مقید است . کاسه الاستیک باشد ، از این دینامیک ذره ی مقید می رود بیرون

و شروع می کنیم تابع شکل کاسه و از اینجور چیزها می نویسیم .

مثلاً یک مطار که روی ریل حرکت می کند ، تابع آن ریل است (تابع مسیر است) (مقید به مسیر)

ماهی شناور در زیر آب ولی مقید نیست . برف پاک کن ماشین مقید است . دینامیک ماشین هم بحث اجسام صلب مقید است .

دستگاه اجسام صلب ← سازوکار مقید

multi body dynamics

فرض بر این است که ما جسم صلب را بلدیم . می رویم بررسی عده ای می کنیم دستگاه اجسام رو .

* ذره ی مادی : یک نقطه ، بعد ندارد ولی جرم دارد ! در تعریف حجمی داریم $\rho = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta m}{\Delta V}$ ولی اینجا وضعیت $\Delta V = 0$ پیش می آید یعنی $\rho = \frac{m}{V=0} = \infty$ ، پس این مفهوم وجود خارجی ندارد . ولی ما تعریف اش می کنیم چون گاهی برای ساده سازی کل جسم صلب را ، جرم متمرکز در مرکز جرم در نظر می گیریم .

* دستگاه ذرات مادی : مثلاً چند تا خود (گلوله ی بی بعد) را به هم وصل کرده ایم و پرت می کنیم ، در اینصورت مرکز جرم آنها مسیر سهمی می پیماید ، ولی هرکدام از ذرات روی حرکت مشخص (چرخشی) دارند . (اگر چند ذره را جداگانه پرتاب کنیم ، هرکدام سهمی می پیماید ، مرکز جرم هم سهمی) اگر بین آنها فنر بگذاریم ، مرکز جرم مسیر سهمی می پیماید ، هر ذره هم طبق روند خاصی حرکت می کند .

LearnElement.ir

حالا اگر بیشان میله بگذاریم (فنر با k بی نهایت و سختی بالا) ، یعنی اگر یک دستگاه ذرات مادی متشکل از حداقل دو نقطه‌ی جرم ، داشته باشیم که بین ذرات فنرهایی با سختی بالا وجود داشته باشد به طوریکه حرکت نسبت به هم نداشته باشند (یعنی فاصله‌ی بین ذرات تغییر نکند و تحرک داخلی نداشته باشند) یک جسم صلب داریم . یک تعریف دیگر آن است که جسم صلب تحت دستگاه نیروهای خودمتعادل تغییر شکل نمی دهد . (سه تعریف جسم صلب)

* دستگاه اجسام صلب : مجموعه‌ای از این‌ها . یا از دینامیک میایم پایین یا از سینماتیک میریم بالا .

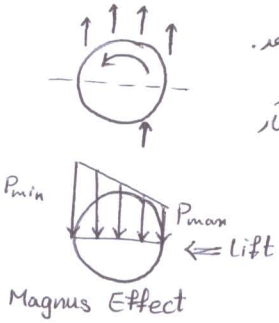
* اجسام پیوسته : در هر نقطه‌ی حجمی وجود دارد و ما آن را تابعی از (x,y,z) می گیریم .

در دینامیک ماشین تا دستگاه اجسام صلب پیش می آییم . بسته به اینکه می خواهیم چه چیز را بررسی کنیم ، جسم را به صورت ذره‌ی مادی یا جسم صلب در نظر می گیریم .

محور دوران زمین جابه جا می شود ، مسیر حرکتش را هم حتی در طول سالیان روی سطح زمین رسم کرده اند . بسته به نوع مطالعات ، ولی گاهی زمین فرض می کنی متفاوت خواهد بود . زمین در منظومه شمسی ذره ، در بررسی هواپیما صلب و در بررسی دوره تناوبش پلاستیک است .

(با صلب گرفتنش 300 روز می شود و پلاستیک گرفتن اش 427 روز ! یعنی 50 درصد خطا !)

توپ : وقتی اندازه ضربه‌ات از مرکز توپ بگذره ، رفتارش و حرکتش مثل ذره ست ولی اگر بخواهی به کنارش ضربه بزنی (شوت کات دار و از این حرفا) به خاطر چرخش اش (سیرکولاسیون) فشار دو طرفش به خاطر وجود هوا نابرابر می شود و لفت می دهد . باید جسم صلب بلدیش به خاطر چرخش . در کره‌ی ماه اصلا نمی توانی شوت کات دار بزنی و همه جا مثل ذره رفتار می کند .



در درس ما همه چیز صلب است .

بخش عمده‌ی مهندسی ، درلسازی است . حالا دلیل دوم ساختی ، حل براش پیدا می شه .

- Mechanics (مکانیک — قدیمی‌ترین بخش فیزیک)
  - Statics (ایستایی) (در واقع بخشی از سینتیک به حساب می‌آید) → $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$ $(\vec{a} = \vec{0})$; $\Sigma \vec{M}_o = \vec{0}$ $(\vec{a} = \vec{0})$ — equilibrium تعادل
  - Dynamics (پویایی)
    - Kinematics (حرکت شناسی) → (صرفاً ریاضیه) : بررسی حرکت بدون در نظر گرفتن عوامل حرکت
    - Kinetics (جنبش شناسی) → (یک علم تجربیه !) : بررسی عوامل ایجاد کننده حرکت

Location موقعیت → (x,y,z) مختصات خطی

Position وضعیت → $(\theta_x, \theta_y, \theta_z)$ مختصات زاویه‌ای

در ذره‌ی مادی زاویه تعریف نمی شود ، چون فقط 1 نقطه است . درحالیکه جسم صلب حداقل 2 نقطه است که اگر به هم وصل کنیم یک خط می شود . این

LearnElement.ir

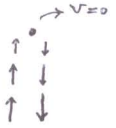
خط اول با خطی که در اثر تغییر وضعیت جسم به دست می آید، زاویه‌ای می سازد. ولی در ذره اصلاً خطی نداریم. پس برای ذره‌ی مادی موقعیت زاویه‌ای نداریم.

برای ω داشتن باید حداقل دو تا ذره داشته باشیم.

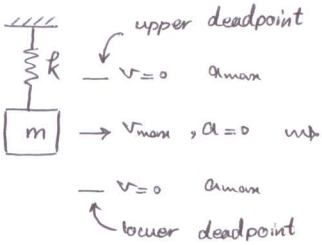
- سکون چیست؟

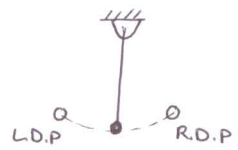
at rest $\begin{cases} v=0 \\ \omega=0 \end{cases}$ stationary state

وقتی یک ذره رو در میدان جاذبه پرت می‌کنی بالا و دوباره برمی‌گرده، توی نقطه‌ی اوج سرعت صفره ولی شتاب داره پس بحث استاتیک مطرح نیست بلکه دینامیکه!



در آونگ ولی حتی در نقطه وسط هم استاتیک نداریم چون حرکت منحنی الخط و شتاب داره!





(1776) تقسیم بندی دینامیک به سینتیک و سینماتیک متعلق به اویلره!

توانستن ← نیوتن ($\vec{F}=m\vec{a}$) سال‌هاست اعتبارشون رو از دست دادن، چون شرایط خاص دارن ($\vec{a}$ نسبت به دستگاه اینرسی) ولی ما مهندسا ازش استفاده می‌کنیم چون در محدوده‌ی جرم‌های بزرگ و سرعت‌های پایین معتبره!

- قانون دوم

$$\vec{F}=m\vec{a}=\frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\vec{M}_o=\frac{d\vec{L}_o}{dt}+M\vec{R}_c\times\vec{r}_o$$

ما از سینماتیک شروع می‌کنیم و اول جابه‌جایی رو پیدا می‌کنیم. بعد ازش مشتق می‌گیریم و ضرب در جرم می‌کنیم (نیروی دینامیکی) و بعد با نیروهای استاتیکی ترکیبش می‌کنیم و می‌رویم تو بالانسینگ و Fly wheel و این دوستان!

- دینامیک ماشین ⇔ تجزیه - تحلیل ⇔ آنالیز — Analysis
- طراحی مکانیزم‌ها ⇔ ترکیب - طراحی ⇔ سنتز — Synthesis

شاخه‌ی مکانیزم‌ها که نیمی از دستگاه اجسام صلب را درگیر می‌کنه، طراحیه! وقتی طراحی کردی باید بیای آنالیز کنی و چکش کنی ببینی همونطوری که می‌خواستی هست یا نه. پس برای طراحی باید آنالیز هم بلد باشی!

* مکانیزم: در مباحث مهندسی با مجموعه‌ای از مکانیزم‌ها مرتبط با هم سروکار داریم. این مجموعه بر مبنای همان تقسیم‌بندی‌های صفحه‌ی پیش برای مکانیزم، تقسیم بندی می‌شود.

LearnElement.ir

statics → structure (سازه) (مثال: سوله یا هواپیما که یک سازه‌ی ساکن است)

kinematics → mechanism (سازوکار)

kinetics → machine (ماشین)] →

* مجموعه‌ای از قطعات مرتبط به هم که طبق نظر طراح، کمیت‌های مکانیکی را از یک یا چند ورودی به یک یا چند خروجی منتقل کند.

خیلی وقتا به مغز طراح دسترسی نداریم، می‌رویم سراغ هندسی معکوس!

* کمیت های مکانیکی شامل سرعت، جابه جایی، مسیر، انحنا (کمیت‌های سینماتیکی)

سکان (رابطه بین کمیت‌های سینماتیکی و سینتیکی)

(کمیت‌های سینتیکی) نیرو، گشتاور، کار، انرژی و توان می‌شوند.

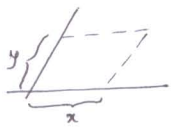
* اگر کمیت های منتقل‌شده، در دهه‌ی اول اهمیت برای ما جزء دسته‌ی سینماتیکی باشند، یک مکانیزم و اگر جزء سینتیکی ها باشند، یک ماشین داریم. به طور کلی در هرکدام از این ها کمیت هایی از هردو خانواده وجود دارند.

کاوشچی بریدن کاغذ هدفی وارد کردن نیرو است پس ماشین است. عقربه ساعت اولویتش سرعتش و جابه جایی اش است، پس مکانیزم است.

پرگار هم مسیر پس مکانیزم است. پرگار و عقربه مکانیزم های خالص هستند.

هر ماشینی مکانیزم هم هست.

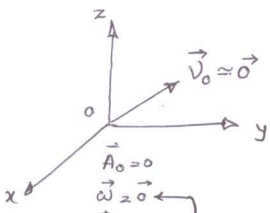
* و در مورد سکان؛ بحثی داریم به عنوان دستگاه مختصات مرجع Reference



- کارتزین: دستگاه xyz شامل سه کنج نه الزاماً متعامد!

- گالیله‌ای، لخت اولیه، مطلق، نجومی: سه تا محور که از سه تا از ثوابت (سه تا ستاره) عبور کند.

- نیوتونی، لخت (نانویه)

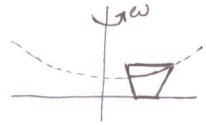


البته مشتق دوم ω می‌تواند لحظه‌ای صفر شود، ولی لحظه‌ای است، همیشگی نیست

دستگاه گالیله‌ای در حال سکون است ولی نیوتونی واقع گرایانه‌تر است.

اگر درک فضای لایتناهی باشیم، حس توانیم بفهمیم ساکنیم یا داریم با سرعت ثابت حرکت می‌کنیم.

نیوتون با سطل آبش چک می‌کند درک دستگاه دوار یا شتابدار هست یا نه.



نیرو مطلقه! نیرو تقسیم بر اسکالر جرم می‌شه شتاب! پس شتاب هم مطلقه! پس چه اتفاقی بین شتاب و سرعت می‌افته که سرعت نسبیه؟ به انتگرال گیری می‌کنیم که یک ثابت انتگرال می‌یاد وسط که بسته به شرایط اولیه و دستگاهی که توش انتگرال گیری می‌کنیم، فرق می‌کنه. پس سرعت نسبیه!

$$\vec{v} = \int \vec{a}\,dt \boxed{+ \vec{v}_0}$$

LearnElement.ir

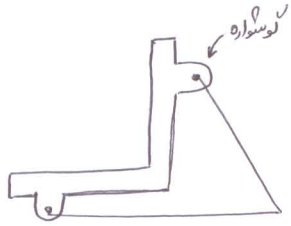
۸۸/۰۷/۰۸

* گسترده‌ی (طبیعی بدون جرم) جسم صلب (Massless Natural Extension) :

یعنی توسعه‌ی ریاضی یک جرم فیزیکی ! مثلاً برای مطالعه‌ی یک تیر، فقط محورش را درنظر می‌گیریم و آن را تا بی نهایت ادامه می‌دهیم. بدون جرم درنظر گرفته می‌شود چون در حالتیکه طولش بی نهایت می‌شود باز هم نتوانیم آن را جابه‌جا کنیم.

ماهیت همه‌ی اجسام سه‌بعدی است ولی ما گاهی اوقات لازم داریم یک یا دوبعدی درنظر بگیریم. مثلاً برای مطالعه‌ی تیر یک بعدی می‌گیریم، فقط x دارد.

در دینامیک ماشین ما با اجرام صفحه‌ای سروکار داریم. از طرفی گاهی اوقات با نقاط (مثلاً نقطه سرعت صفر) کار داریم که شاید بعضی به جایی بیرون ماهیت واقعی جسم. یا ممکن است برای انتقال دادن یک قطعه بخواهیم از نقاط استفاده کنیم که روی جسم نشسته.



* حرکت (Motion) : تغییر موقعیت یا وضعیت (یا هردو) یک جسم نسبت به یک جسم دیگر. حرکات یا صفحه‌ای اند یا فضایی.

۱) Planar Motion : هرنقطه‌ای از جسم را که درنظر بگیریم، حرکت آن در یک صفحه موازی یک صفحه‌ی مرجع مشخص باشد (در طول زمان)
   - a) انتقال Translation
   - b) چرخش (Pure) Rotation

2) Spatial Motion : حرکتی که صفحه‌ای نباشد.

حرکت صفحه‌ای یا انتقال خالص است یا چرخش خالص یا ترکیب این دوتا. در چرخش مسیر حرکت همه‌ی ذرات جسم دایره است. مکان هندسی مراکز این دایره‌ها می‌شود محور دوران.

اگر حرکت فضایی باشد، اگر سرعت نقاط روی محور دوران (که همیشه در راستای خود محور است) صفر بود (از نظر کسی که روی جسم زندگی می‌کند) چرخش دائم داریم و اگر سرعت راست، چرخش آنی داریم و محور هم به همین ترکیب محور دائم یا آنی داریم.

این محور چرخش وجود دارد و یکتاست.

به حرکت خود محور دوران (حرکت مکان هندسی نقطه‌ها) می‌گن تقدیم (precetion).

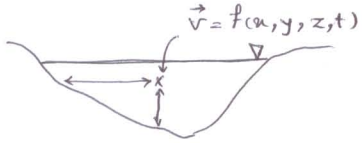
هر حرکت به صورت ترکیبی از انتقال و چرخش قابل تبدیل است به یک حرکت چرخش ← چرخش آنی

به حرکتی می‌گوییم انتقالی که سرعت، فقط تابع زمان باشد (انتقالی دائم) $v = f(t)$

اگر یک خط مبنا روی جسم درنظر بگیریم که در تمام طول حرکت، موازی حالت اولیه خودش باقی بماند.

LearnElement.ir

مثلاً جریان رودخانه در حالت کلی به صورت $V(x,y,z,t)$ است.



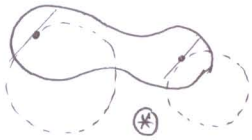
- اگر سرعت فقط توی یک لحظه این خاصیو داشته باشه (در یک لحظه سرعت عام نقاط جسم یکی باشد) (عکس یکبری پشت سرهم) ← می‌شود انتقال آن

- پوش (Envelop): مماس های بر منحنی را در هر لحظه داشته باشی، به منحنی اصلی می‌گن پوش. منحنی پوش سرعت می‌شه مسیر.

پس حرکتی که انتقال دائمه، مسیر همه‌ی ذراتش یکیه!

حرکت روبه رو

می تونه انتقالی باشه ولی اگر داشته باشیم



می تونه انتقالی باشه. ولی شاید به یه جایی برسه که برای اینکه به حرکت انتقالی ادامه بده، مجبور بشه لنگ بیاد، در اونجا به جای لنگ اومدن شروع به چرخش می‌کنه. شکل ⊛ در لحظه‌ای که کشیدیم انتقال آنی داره.

سرعت زاویه‌ای باعث می‌شه مؤلفه‌ی سرعت روی خط محدود بر خط واصل دو نقطه‌ی روی جسم صلب متفاوت باشد. مؤلفه‌ی سرعت روی خط واصل که همیشه باید برابر باشه تا نقطه‌های جسم صلب تحرک داخلی نداشته باشند.

به یک چیزی می‌گن فاز (phase): حالتی که جسم ما در یک آن دارد (می‌توانیم از آن عکس بگیریم) حالتی که در یک آن به آن میل می‌کند یک فاز است.

Translation { Rectilinear مستقیم‌الخط
Curvilinear منحنی‌الخط

در حرکت انتقال دائم که مسیر حرکت عام ذرات یکی است، اگر مسیره یک خط راست بود می‌شود حرکت مستقیم‌الخط و اگر منحنی باشد می‌شود منحنی‌الخط.

۸۸/۷/۱۳

* انواع حرکت فضایی

۱) حرکت استوانه‌ای — Cylindrical Motion — فاصله همواره از یک محور مشخص در فضا ثابت باشد و موقعیت نقط روی یک استوانه ثابت.

2) حرکت کروی — Spherical Motion — فاصله همواره از یک نقطه مشخص در فضا ثابت باشد.

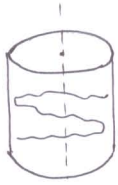
3) حرکت مخروطی — Conical Motion

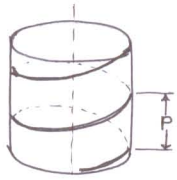
4) حرکت مارپیچی — Helical Motion — فاصله از یک محور مشخص در فضا ثابت است.

LearnElement.ir

حرکت به صورت کلی و کاسه برای اجسام، حرکت کلی است. انتقال کلی و هر انتقالی با دادن چند پارامتر مشخص می‌شود. در حرکت کلی با دادن 3 زاویه موقعیت جسم مشخص می‌شود.

- فرق استوانه‌ای و مارپیچی: در هردو با داشتن θ و z موقعیت نقطه مشخص می‌شود، ولی در مارپیچی بین θ و z رابطه‌ای وجود دارد. در مارپیچ با هر دور پیچیدن، یک گام می‌رود جلو (P). پس در مارپیچی با داشتن فقط یکی از θ یا z موقعیت مشخص است.





در حرکت مخروطی نقطه روی مخروط حرکت می‌کند. در انتقالات سریع از حرکت مخروطی استفاده می‌کنند.

حرکت زینی هم داریم؛ کف دست به سشوار دست ملن. هذولی لون دار، سمومی، بیضوی؛ ملن برای اندازه گیری دی آب از چرخنده بیضوی استفاده می‌کند. چرخنده‌های عقب پیکان هذولی لون هستند.

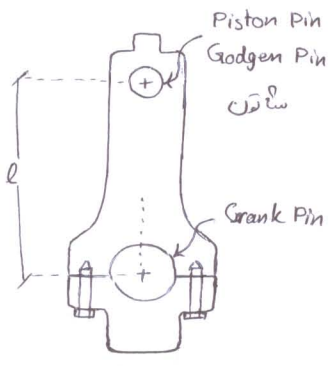
در ربات‌ها انتقالات معمولاً کلی اند (!!).

در تعریف ماشین گفتیم مجموعه‌ای از قطعات مرتبط به هم. قطعه → مرتبط به هم → انتقال دولوا

هر قطعه که جدا ساخته می‌شود و از پیوستگی طبیعی ماده استفاده می‌کند → جزء است. (element) پیچ و واشر و مهره هم هرکدام یک جزء به حساب می‌آید.

ولی بند مجموعه‌ای از این اجزاء است که به هم متصل اند و با هم حرکت می‌کنند و تحرک داخلی ندارند.

مثلاً شاتون حداقل از ۳ جز تشکیل شده است. روی هم link به حساب می‌آید. تعداد اجزاء می‌تواند بیشتر هم باشد. نهایتاً 13 جزء می‌تواند داشته باشد.



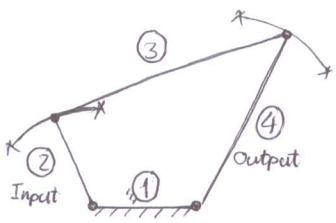
یک نکته‌ی دیگه اینکه، در نقشه‌ی شاتون به عالمه اندازه داده‌اند که کار کسانی است که در طراحی اجزاء و FEM و مانند اینها سروشته دارند و محاسبه کرده‌اند، برای اینکه نیروهای معینی را تحمل کند، چه ابعاد و شکلی باید داشته باشد. ولی یک پیکره‌ی سینماتیکی (Kinematic Diagram) هم داریم که دیگر تمام ابعاد توی نقشه‌ی فنی را ندارد و فقط آن اندازه‌هایی را که برای ما مهم است نشان می‌دهد. مثلاً حال شاتون مثل رو به رو است:

در این درس شاتون را صلب می‌گیریم، علی رغم اینکه می‌دانیم خسته می‌شود، شکسته می‌شود و غیره.

- بندها را براساس نقشی که ایفا می‌کنند، در چهار دسته طبقه بندی می‌کنند:

1) Input Link ورودی 2) Output Link خروجی 3) Base link پایه (Ground) 4) Connecting Link رابط → همه ستاره!
↳ Floating link / (Coupler)

LearnElement.ir



مکانیزم چهار میله پرکاربردترین مکانیزم در صنعت است. Four Bar Link (FBL)

↳ بند کار !

↳ مثل برف پاک کن

یکی از این بندها زمین است. ناظر روی آن می نشیند. پس الزاماً ثابت نباید باشد. ولی مثلاً در برف پاک کن ثابت است. به همین دلیل که « بند پایه است.

بندی که کمیت های مکانیکی به آن داده می شود ← بند ورودی

بندی که کمیت های مکانیکی از آن گرفته می شود ← بند خروجی

بند ورودی و بند خروجی از طریق بند رابط (بند شناور در برخی منابع) به هم ربط داده می شوند.

- تقسیم بندی بندها از نظر اتصالات :

بند ساده ← Simple (Binary) دوتایی

بند مرکب ← Compound Link

Ternary ← سه تایی

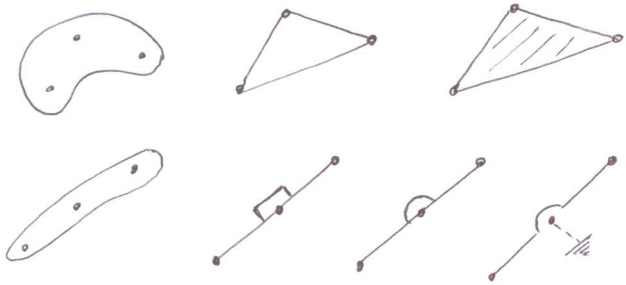
Quaternary ← چهارتایی

⋮

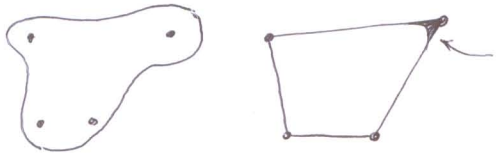
12تایی

بند به روشی قابل کنترل Controllable هست، مثل زنجیری که آویزان است، ول است.

- سه تایی : انواع و اقسام تماس



- چهارتایی :



برای اینکه یک بند باشد و FBL نباشد، و نسبت به هم تغییر شکل نداشته باشد، دوتا از میله ها با هم جوش می دهند.

* اتصالات سینماتیکی : اینکه چگونه این بندها به هم وصل می شوند.

به دو گروه تقسیم می شود :

1) Lower Pairs : اتصالات مرتبه پایین ← راحت تر حل می شوند، دستگاه کربولیس و نرمال ندارند، تماس شان صفحه ست.

2) Higher Pairs : اتصالات مرتبه بالا ← تماس شان خط یا نقطه است. یک کره روی زمین، یا استوانه روی یک دیلم.

Lower Pairs

Revolute	اتصال یک گرد	← (در مقابل گردی که میله‌گردش دارد)	Pin (Shaft and Bushing)	→ J_1 . وضعیت فقط با یک θ مشخص می شود
Prismatic	منشوری	←	لغزنده و راهنما Slider (Slider & Guide)	→ J_1 (s)
Helical	مارپیچی	←	پیچ و مهره screw (nut & screw)	→ J_1 (s یا θ)
Globular	کروی	←	گوی و کاسه Ball & Socket	→ J_3 ($\theta_x, \theta_y, \theta_z$)
Cylindrical	استوانه‌ای			→ J_2 (θ, s)
Flat	تخت			→ J_3 (x, y, θ_z)

LearnElement.ir

این اتصالات همه Joint هستند. به خاطر همین با J_n نشان می‌دهیم. $n \leftarrow$ تعداد پارامترهای تعیین کننده‌ی وضعیت!

۱۵, ۷, ۸۸

در مکانیزم‌های صفحه‌ای نقط از Pin(R) و Slider(P) استفاده می‌کنیم.

Higher Pairs
- 1) Direct Contact → 1) Pure Rolling — P.R.
  - (تماس مستقیم) ارتباط مستقیم
  - 2) Roll-Slide Contact — R.S.
  - 3) Pure Sliding — P.S.
- 2) Wrapping Pairs — W.P.
  - اتصالات پوششی

اتصالات مرتبه بالا ی تماس مستقیم، دائم و آنی دارند. علت آنی بودن آنی لحظه به لحظه آنی دوران. دوتا چرخدنده که باهم درگیرند، در تمام لحظات علت همراه با لغزش دارند و فقط در یک لحظه علت خالص را تجربه می‌کنند.

وقتی دو جسم روی همدیگر می‌غلتند و باهم تماس مستقیم دارند، مثلاً کف دست روی کف دست

محل تماس، در فضا یک خط راست یا نقطه می‌تواند باشد ولی در صفحه حتماً یک نقطه است. این می‌شود اتصال مرتبه بالا. هرچیزی که اتصال مرتبه بالا نباشد می‌شود مرتبه پایین.

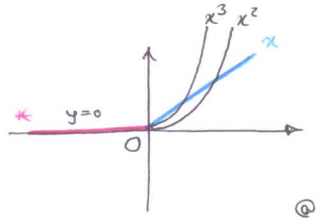
تعریف تماس چیست؟ تماس خطی است که از دو نقطه روی منحنی، که بسیار به هم نزدیک هستند می‌گذرد ولی این دو نقطه هیچ وقت یکی نمی‌شوند. (فاصله‌ی آنها آنقدر کم است که نمی‌توان هیچ نقطه‌ی سومی بین آنها درج کرد ← دو نقطه‌ی مجاور). فرق وتر با تماس در اینه که در وتر فاصله‌ی این دو نقطه از هم، مقدار محدودی است.

infinite ∞
finite A
infinitesimal 0

در ذهن ما می‌گنجد ← ما این دو تا را نمی‌توانیم تفکیک کنیم

* مرتبه‌ی اتصال: Order of Contact

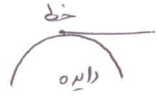
دو تا منحنی را می‌خواهیم در یک نقطه به هم وصل کنیم. اگر دو تا تابع به هم وصل شده باشند (پیوسته باشند) و $n-1$ مشتق بعدی آنها هم پیوسته باشند، می‌گوییم مرتبه‌ی اتصال n است.



دو تابع صورتی و آبی در نقطه‌ی O نقط پیوسته‌اند و مشتق اول آنها پیوسته نیست. مرتبه اتصال = 1

اگر حالا با x^2 و x^3 اتصال بدهیم و مشتقات آنها را بنویسیم:

@ x=0	y	y'	y''	y'''
$y=x$	0	1	0	0
$y=x^2$	0	0	2	0
$y=x^3$	0	0	0	3

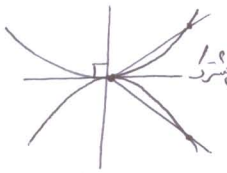


⇒ DoC = 2

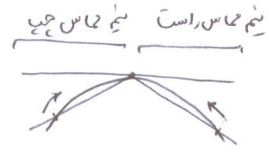
LearnElement.ir

برای پیوستگی سرعت، مرتبه‌ی اتصال ۲ و برای پیوستگی شتاب حداقل ۳ باید باشد. برای اینکه شتاب و سرعت ماشین، پیوسته باشد، باید پیچ خیابان، تابع خوبی داشته باشد.

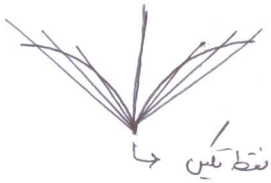
- اگر دو منحنی داشته باشیم که مماس‌های هردو برهم منطبق باشد، (مماس مستقیم)، به این خط می‌گوییم مماس مشترک. خط عمود بر این خط می‌شود، عمود مشترک.



در حالت عادی، نیم مماس راست و نیم مماس چپ، دو تا نیم خط متفاوت ولی در یک راستا اند.

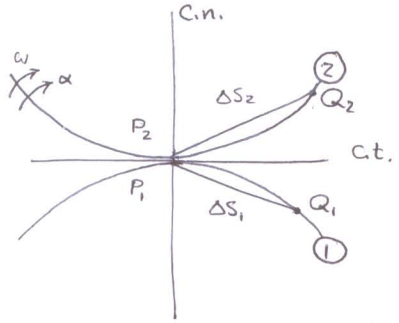


ولی اگر روی هم بیفتند، می‌شود نقطه‌ی تکین.



۸۸ ,U ,۲۵

* غلت خالص و لغزش خالص



$\overline{P_1Q_1} = \overline{P_2Q_2} \rightarrow \Delta S_1 = \Delta S_2$

$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S_1}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta S_2}{\Delta t}$

$V_1 = V_2$

$\vec{V_1} = \vec{V_2}$

سرعت دو نقطه‌ی در حال تماس در غلتش خالص باهم برابر است. یعنی سرعت نقطه P_1 به منحنی ① با سرعت P_2 به منحنی ② .

وضعیت این دو منحنی را با چند پارامتر می‌توان مشخص کرد؟

دایره‌ی بوسان که در ریاضی داشتیم اتصال از مرتبه‌ی ۳ است.

در غلتش خالص وضعیت فقط با x یا فقط با θ_z مشخص می‌شود. در غلت همراه با لغزش با x و θ_z به همراه هم مشخص می‌شود. در لغزش، ② می‌تواند دورخود بچرخد یا برود پایین. پس

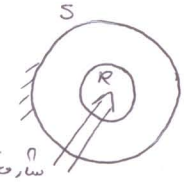
$\vec{V_1} = \vec{V_2}$	$\vec{V_1} \neq \vec{V_2}$
P.R.	P.S. or R.S.
$j_1 (x \text{ یا } \theta_z)$	$j_2 (x, \theta_z)$

* اتصالات پوسی:

دو دیسک به هم وصل شده‌اند بدون تماس به هم.

LearnElement.ir

در موتور الکتریکی پوسته در نظر گرفته می‌شود.



شار مغناطیسی روتور (R) را می‌چرخاند و باعث می‌شود استاتور (S) (درون) بچرخد. این شار الان اتصال

اینها را قدیم بندهای انعطاف‌پذیر Flexible Link در نظر می‌گرفتند ولی الان اتصال پوسته می‌گیریم.

شکمه الان بند در نظر گرفته نمی‌شود، اتصال مشروط است.

- اگر بپرسیم پین چه جوری با شیار اتصال دارد ← در اقدار شیار می‌تواند حرکت کند، پس در حقیقت غلت همراه با لغزش (j_2) است. سرعت بالا و پایین پین که در تماس با شیار است، اگر بخواهد غلت خالص داشته باشد، باید هر دو صفر باشد، پس کلاً سرعتش باید صفر باشد. یعنی نمی‌تواند بغلتد.

البته برای بالا بردن عمر لقی کمی ایجاد می‌کنند. در این صورت می‌تواند بغلتد.

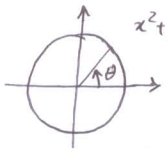
* درجه آزادی: Degree of Freedom

تعداد "حداقل پارامترها" یا "پارامترهای مستقل" برای تعیین یا تعیین وضعیت یک جسم را گویند.

	Particle	Rigid Body
2D	2 (x,y)	3 (x,y,θ_z)
3D	3 (x,y,z)	6 $\begin{pmatrix} x,y,z \\ \theta_x,\theta_y,\theta_z \end{pmatrix}$

مثلاً قطار چند درجه آزادی دارد؟ منحنی ریل حرکت آن را تعیین می‌کند. پس یک درجه آزادی دارد.

پیکان علی رغم اینکه نمی‌تواند درجا دور خودش بچرخد، سه درجه آزادی دارد (x, y, θ_z) چون می‌تواند "هر موقعیتی را با هر وضعیتی" داشته باشد اختیار کند.

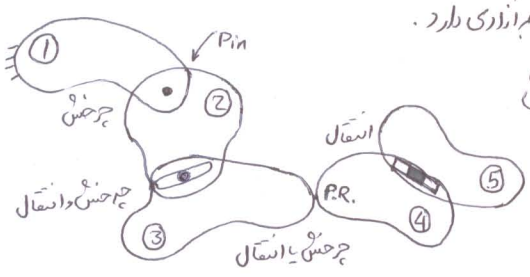


x : تعداد پارامتر مستقل

θ : حداقل پارامترها

کره‌ی ماه ۶ درجه آزادی دارد. حداکثر مثل ریل نیست!

مجموعه‌ای از اجسام صلب داریم که به هم وصل اند. می‌خواهیم بدانیم این مجموعه در کل چند درجه آزادی دارد.



یک راه این است که پارامترها را با هم جمع کنیم. اول باید روی یکی بایستیم (و fix اش کنیم).

$1+2+1+1=5$

ولی همواره نمی‌خواهیم حسی بودیم و خرجول می‌خواهیم.

① → ② j_1 ② → ③ j_2 ③ → ④ j_1 ④ → ⑤ j_1

- تعداد بندها: n تا
- تعداد اتصالات نوع j_k: f_k

LearnElement.ir

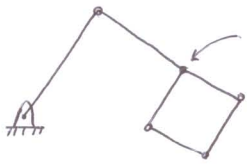
• DoF از رابطه‌ی گوسباخ

$$F = 3n - 3 - 2f_1 - 1f_2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{F = 3(n-1) - 2f_1 - f_2}$$

Kutzbach Relation

- F: درجه‌ی آزادی صفحه‌ای هر بند ۳ درجه می‌تواند داشته باشد و n تا بند داریم.
- 3: ۳ تای جسم f_{ix} سلول را کم می‌کنیم
- $1 f_2$: هر جسمی که ۱ درجه دارد، ۲ تا از ۳ تای که می‌تواند داشته باشد را کم می‌کند.

بعداً یاد می‌گیریم با چیزهای شبیه این چطور کار کنیم ←



$n = 7$!!! 7 بند!

$f_1 = 7$!! این رو دوبار شمرد!

LearnElement.ir

۸۸/۷/۲۷

Kutzbach relation

$$F = 3(n-1) - 2f_1 - f_2 \qquad \text{planar mech.}$$

$$F = 6(n-1) - 5f_1 - 4f_2 - 3f_3 - 2f_4 - f_5$$

$$= 6(n-1) - \sum_{k=1}^{6} (6-k) f_k \qquad \text{Spatial mech.}$$

* معیار Tchebychev - Grübler Criterion $\quad F=1 \;,\; f_2 = 0$

در زمان این آقا مکانیزم فقط یک درجه آزادی داشت و از اتصالات f_2 استفاده نمی کردند. (این معیار قبل از رابطه بالا ارائه شده بود)

$$1 = 3(n-1) - 2f_1 \Rightarrow 4 - 3n + 2f_1 = 0$$

این رابطه فقط معیاری ست برای آنکه بدانیم مکانیزم ما یک درجه آزادی هست یا نه!

در مکانیزم زیر هیچکدام از بندهای * می توانند دور کامل بزنند (راکر) و بند رابط گشتاور است، یک منفی شبه پروانه کون یا در نقطه گرفتن نقطه ی وسط آن رسم می شود. نقاط روی این بند کاپلر نام دارند.

این مکانیزم فقط یک درجه آزادی دارد.

اگر برای بند سمت چپ یک زاویه ی مشخص برهیم، مکانیزم دو حالت می تواند داشته باشد، ولی باید خواست باشه که به لحظات قبل و بعد هم توجه کنی.

مشکل رابطه ی بالا اینه که یک موجود هندسی را به صورت جبری بیان می کند. پس به سری نقاط کور دارد.

تا اینجا قدمات درس تمام شد و حالا ۴ بخش دیگه مانده برای مکانیزم های صفحه ای!

۱) حرکت شناسی ۲) سرعت شناسی ۳) شتاب شناسی ۴) نیرو شناسی

● حرکت شناسی

در اینجا به بررسی مکانیزم های صفحه ای می پردازیم که به صورت زیر تقسیم بندی کرده ایم.

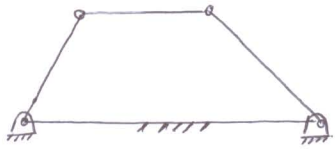
۴) سه بندی ۱) چهاربندی ۲) پنج بندی ۳) ۶ بندی

● مکانیزم های ۴ بندی

- چهار میله ای FBL — Four-Bar linkage
- لغزنده قنلی SCM
- بیضی نگار ETM

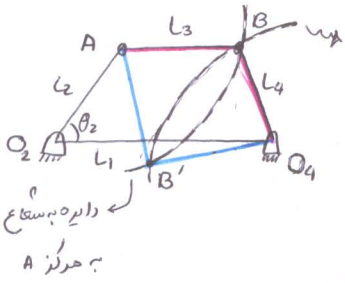
- چهار میله ای: ساده ترین مکانیزم ۴ بندی است و پرکاربردترین است. قبل از ثابت کردن بند پایه، ۴ درجه آزادی دارد ولی وقتی ثابت شود:

LearnElement.ir



$$\begin{cases} n = 4 \\ f_1 = 4 \\ f_2 = 0 \end{cases} \qquad F = 3(4-1) - 2\times 4 = 1$$

برای رسم کردن این مکانیزم باید ۴ تا طول بندها و زاویه‌ی بین ۲ تا از بند ها را داشته باشیم. کافی است ولی به دو تا مکانیزم می‌رسیم که هر ۴ تا عددشان یکی است. اینها را همزاد می‌نامد. استاد یکی را open و دیگری را crossed نامید.



دایره به شعاع L_4 به مرکز O_4

دایره به شعاع L_3 به مرکز A

O_2ABO_4 Open

$O_2AB'O_4$ Crossed (بندها همدیگر را قطع کرده‌اند)

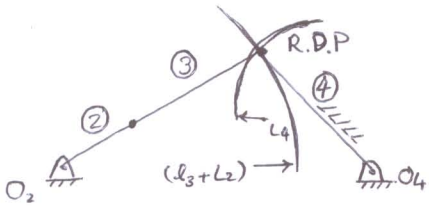
پس به ما علاوه بر این ۴ تا عدد وضعیت O_1C را هم باید بدهند.

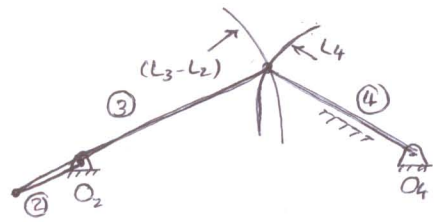
اینها دو مکانیزم جدا از هم هستند و در حالت کلی هیچ شانسی نداریم که با حرکت دادن یکی، به دیگری برسیم.

ولی استثنا هم دارد که در آینده بحث خواهد شد (دبل راکر).

۸۸, ۷, ۲۹

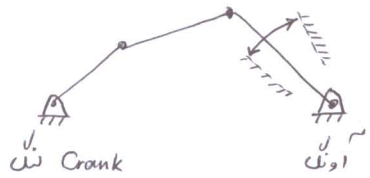
اگر حیله‌ی ۴ در FBL، فقط بتواند در محدوده‌ی خاصی حرکت کند، دو نقطه‌ی مرگ خواهیم داشت:





پس حرکت بند ۴ از هر دو طرف محدود شده است و نمی‌تواند یک دور کامل بزند.

در نقطه‌ی مرگ $\omega_4 = 0$ است ولی $\alpha_4 \neq 0$ نیست. یعنی نقطه‌ای مرگ نقطه‌ای است که سرعت زاویه‌ای بند خروجی در آن صفر شود. و این اتفاق وقتی می‌افتد که بند ورودی و بند رابط در امتداد هم قرار گیرند.



لنگ

آونگ

توسان‌گر

رقاص

دنگ

در این مکانیزم ۳ مکانیزم های زیر نقطه‌ی مرگ وجود دارد:

Crank - Rocker	لنگ - آونگ
Double Crank	دو لنگ
Double Rocker	دو آونگ

* قانون گراشف Grashoff's Law

اگر $L+S \leq P+Q$ باشد، مکانیزم می‌تواند لنگ آونگ باشد. اگر $L+S > P+Q$ به هیچ وجه نمی‌تواند لنگ آونگ باشد. در حالت $=$، ۴ حالت قابل تصور است:

L: Longest	بلندترین بند
S: shortest	کوتاه‌ترین بند
P, Q	دو بند دیگر

LearnElement.ir

فریم (Frame) یا Base می‌تواند:

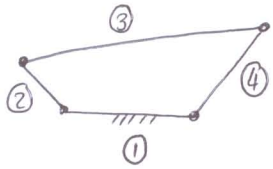
Frame or Base Link
- s → Double Crank
- مجاور s → Crank - Rocker
- مقابل s → Double Rocker

→ Grashoff's Mechanism

⇓

مکانیزمی که Crank می‌تواند داشته باشد؛ یعنی دوران کامل.

* وارونس سینماتیکی Kinematic Inversion



باتوجه به اینکه روی کدام بند می‌ایستید، حرکت نسبی بندها را متفاوت می‌بینید.

1st inv.
2nd inv.
3rd inv.
4th inv.

اگر کوتاه‌ترین بند: ② → s

بقیه هم: ③ → l

④, ① → p, q است.

اگر دقت کنیم، بند ② نسبت به ① دوران کامل انجام می‌دهد و بنابراین ① هم نسبت به ② دوران کامل انجام می‌دهد، پس:

1/2 دوران کامل

1/4 نوسانی

2/3 دوران کامل

3/4 (دوران ناقص) نوسانی ← به همین ترتیب 3 و 4 چون نوسانی‌اند، نسبت به هم نوسانی‌اند. البته حالت‌های خاص هم دارد.

مثلاً اگر هرکدام دقیقاً 180° طی کنند، آن‌وقت نسبت به هم دوران کامل دارند.

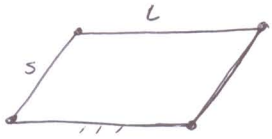
اگر $L+s > p+q$ باشد، آن‌وقت هر ۴ حالتش double rocker است.

حالت خاصی که باقی می‌ماند وقتی است که $L+s = p+q$. در این حالت وضعیتی به نام change point وجود دارد. اگر چنین حالتی ($L+s=p+q$) وجود داشته باشد، دو مکانیزم همزاد می‌توانند بدون کندن پین یا کش اومدن بندها، به هم تبدیل شوند.

وضعیت دگرگونی (Change Point) هنگامی اتفاق می‌افتد که هر چهار میله هم‌راستا باشند.

در این حالت خاص، حالت خاص‌تری وجود دارد که $L=p$ و $s=q$. دو حالت وجود دارد: یا هر دو s مجاور هم هستند یا مقابل هم.

مقابل هم

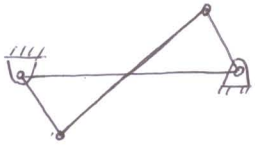


اسم این مکانیزم، مکانیزم متوازی‌الاضلاع Parallelogram Mech. است.

وضعیت دگرگونی این مکانیزم اینطوری است و در این وضعیت مکانیزم نامعین است.

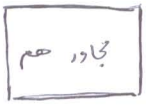
LearnElement.ir

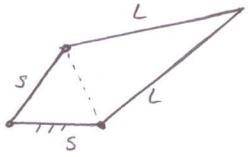
یعنی نمی دانیم که در حرکت بعدی می‌خواهد هم‌چنان open بماند یا اینکه می خواهد crossed شود. اگر اینرسی بالا باشد، مکانیزم بعد از change point ها نظور open به حرکت ادامه می‌دهد، ولی با قرار دادن یک مانع سر راه خروجی می‌توانیم تضمین کنیم که حرکت خود را به صورت crossed ادامه می‌دهد.



anti-parallelogram meeh. مکانیزم پادموازی الاضلاع

* دوره‌ی تناوب یک مکانیزم در واقع یک زاویه است نه زمان. برابر زاویه‌ای است که ورودی باید طی کند تا مکانیزم تمام حالت‌ها را طی کند و به حالت اول برسد و هیچ حالتی نمانده باشد که از آن نگذشته باشد. این تعریف یک cycle! (یک تناوب، یک period) در مکانیزم متوازی الاضلاع دوره‌ی تناوب $2\times360^\circ$ است (Double Crank)



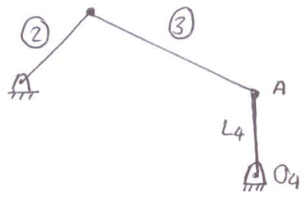


این مکانیزم یک Odtoid Mechanism است. (دوتا دلتا دارد.)

روی اینکه در هر حالت که s یا l زمین باشد، چه می‌شود فکر کنید.

موقتاً مکانیزم ۴ میله‌ای را رها می‌کنیم و به مکانیزم لغزنده - لنگی می‌پردازیم که به نوبه‌ی خود از همان FBL ناشی می‌شود.

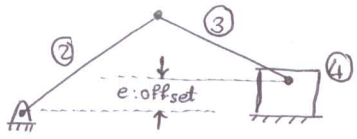
در حال حاضر مسیر نقطه‌ی A کمانی به مرکز O_4 و شعاع l_4 است و هرچه طول l_4 بیشتر شود (O_4 پایین‌تر برود) مسیر A صاف‌تر می‌شود (قوس کمان کمتر می‌شود). اگر O_4 به بی‌نهایت برود، مسیر A یک خط راست افقی می‌گردد. در این صورت بند ④ را دیگر نشان نمی‌دهیم و به جای آن یک لغزنده می‌گذاریم.



2 : Crank

4 : Slider → SCM

در این صورت را هم به بی‌نهایت می‌رود.

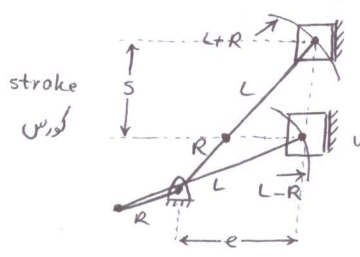


پین پیستون و O_2 الزاماً بر روی یک خط افقی نیستند و می‌توانند بالا و پایین باشند.

بعضی جاها عمداً در موتور احتراق داخلی برای جلوگیری از کمانش یا خردشدن بندها، یک فاصله‌ی e = offset ایجاد می‌کنند (مثلاً در موتور احتراق داخلی $e \le 0.25 D_{\text{piston}}$) تا نیروی وارده به پیستون یک گشتاور به crank بدهد و مطمئن باشند هیچ وقت کنترل نمی‌کند.

در طراحی مکانیزم ۴ میله‌ای، ۴ پارامتر طراحی (۴ طول بندها) داشتیم ولی در لغزنده لنگی سه پارامتر l_2 و l_3 و e را داریم یعنی Ω^3 حالت به جای Ω^4 حالت.

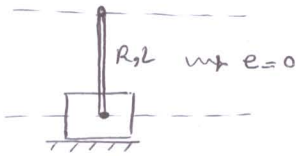
این مکانیزم هم نقطه‌ی مرگ دارد:



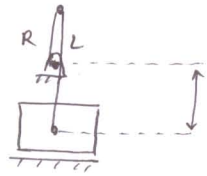
کورس

LearnElement.ir

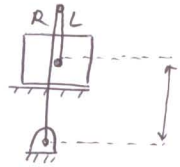
لغزنده - لنگ هم Change Point دارد:



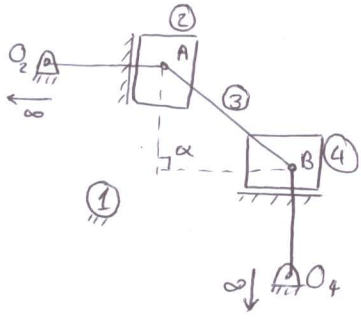
اگر منبع بذاریم جلوی پیستون، R و L شروع می‌کنند به چرخیدن و پیستون ثابت می‌ماند.



$\Rightarrow e = |L - R|$



* بیضی نگار، Eliptic Trammel Mech. ETM



تعداد پارامترهای طراحی بیضی نگار ۲ است. l_3 و α

در بیضی نگار و لغزنده-لنگ هم چون چهارمیله‌ای هستند، ۱ درجه آزادی داریم.

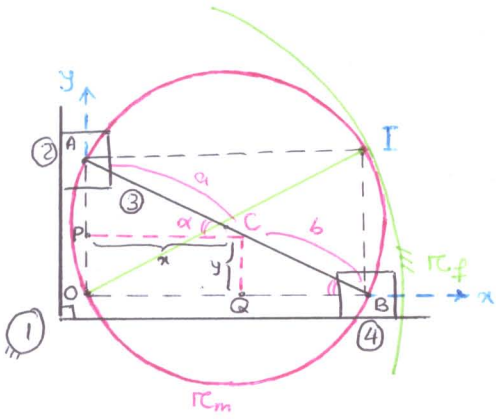
$$\Rightarrow \begin{cases} n = 4 \\ f_1 = 2+2 = 4 \\ f_2 = 0 \end{cases} \qquad F = 3(4-1) - \frac{9}{2\times 4} - \frac{8}{2\times 4} = 1$$

در Change Point درجه آزادی آن پیش می‌آید (زانوی آدم که خراب می‌شه، نیرپاش خالی می‌شه) و از آن جایگاه یک ورودی دارد و دو درجه آزادی، مجهم می‌شود.

۸۸، ۸,۴

* بیضی نگار

اگر نقطه‌ی C که یک نقطه‌ی دلخواه روی AB است، وسط بیفتد، بیضی ما تبدیل به دایره می‌شود.



I: مرکز آنی دوران

π_m: دایره غلتان

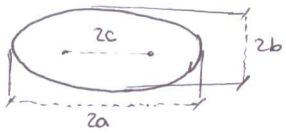
$$\Delta ACP: \cos\alpha = \frac{\overline{PC}}{\overline{AC}} = \frac{x}{a}$$

$$\Delta CBQ: \sin\alpha = \frac{\overline{QC}}{\overline{BC}} = \frac{y}{b}$$

$$\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1 \rightarrow \left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$$

$$a = b = l_3/2 \Rightarrow x^2 + y^2 = (l_3/2)^2 \qquad \epsilon = 0$$

حرکت از مرکز دایره صفر است.



$$\varepsilon = \frac{c}{a} \quad , c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

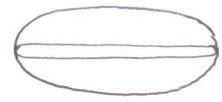
LearnElement.ir

معادله بیضی $\Rightarrow b^2x^2 + a^2y^2 = a^2b^2$

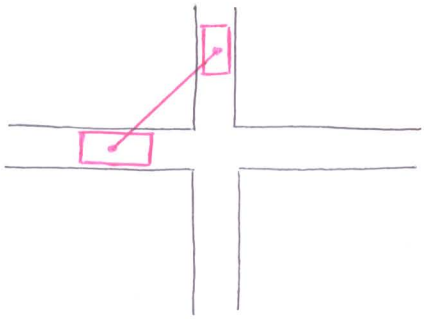
$a=0 : b^2x^2=0 \;,\; b\neq 0 \Rightarrow x=0$ ، محور y

$\longrightarrow \varepsilon = 1$

$b=0 : a^2y^2=0 \;,\; a\neq 0 \Rightarrow y=0$ ، محور x



پس خروج از مرکز تمام خانواده‌ی بیضی ها $0 < \varepsilon < 1$ است.

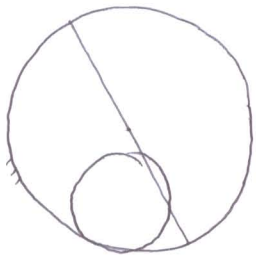


برای اینکه یک بیضی یا دایره کامل بکشیم، باید یک سیم مهلبی درست کنیم.
در مورد لغزنده‌ها، طولشان باید حتماً از عرضشان بیشتر باشد تا مطمئن شویم حتماً در شیار خودش حرکت می‌کند.

دایره‌ای که از A و B و O گذر کند، حتماً از I هم می‌گذرد. مستطیل OAIB هرشکلی هم که بشود، این دایره، مقامش ثابت می‌ماند. اگر یک صفحه‌ی بی‌رنگ بچسبانیم روی دایره‌ها، تمام نقاط روی دایره پاره خط رسم می‌کنند. تمام این خطوط متقارن نسبت به O، لغزنده‌ها از O و به طول $2a$ هستند. تمام نقاط درون و بیرون دایره بیضی رسم می‌کنند. که این بیضی‌ها همه کانونی نیستند.
تمام خانواده‌ی بیضی‌ها با $0 < \varepsilon < 1$ را هم می‌توان با نقاط بیرون و هم با نقاط درون دایره رسم کرد. فقط یک نقطه هست (مرکز دایره) که دایره رسم می‌کند. اینها را بدون اثبات می‌پذیریم.

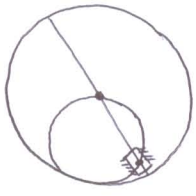
مکان هندسی I نسبت به بند $\frac{3}{4}$ همین دایره‌ها است. اگر روی زمین (بند 1) باشیم، مکان هندسی I، یک دایره به مرکز O می‌شود. دایره‌ی R_m انگار در O شیار شده است.

اگر یک دایره رو در نظر بگیریم که درون یکی دیگه می‌غلته، مسیر حرکت تمام نقاط روی دایره کوچیکه خط راست است.



Cardano('s) Mech

یک نفر آمد یک چرخدنده‌ی 120 دندونه و یک 60 دندونه ساخت. در نقطه بالائی از دایره‌ی درونی که ثابت می‌مونه، یک پایه‌مان ثابت بست روی اون نقطه و یک میل‌لنگ گذاشت. حالا پیچوند رو آلله بداری روی یکی از نقطه‌های دایره کوچیکه و ببندی به میل‌لنگ، مسیر حرکتش خط راسته و دیگه شاتون نیاز نداره. ساختن شاتون خیلی سخته!



بحثی داریم در طراحی به نام Path Generation !

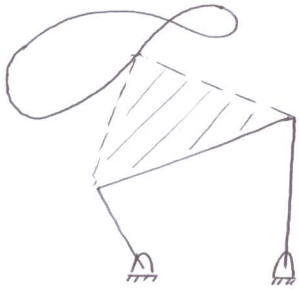
مسئله‌ی رابرتز چوبیشف: نقاط روی ② و ④ دایره رسم می‌کنند ولی نقاط روی بند سه‌تا (کوپلر) منحنی‌های درجه ۶ رسم

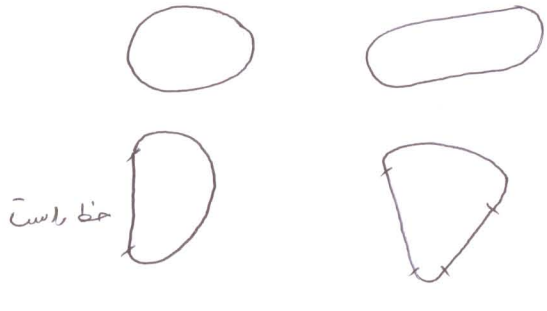
LearnElement.ir

می‌کشد. Coupler Point Curve درجه‌ی این منحنی در نقاط ابتدا و انتهای کابل کاهش پیدا می‌کند (تبه‌گون) و مثلاً می‌شود $3^{(2)}$ (به چیزی) که مسیرشان همان دایره است. اگر پارامترها را تغییر بدهیم مثلاً منحنی تبدیل می‌شود به

که یک خط و یک دایره است (Degeneration) مسیر نقاط کابل (حتی روی توسعه‌اش) می‌تواند شبه دایره، شبه بیضی

و... باشد.



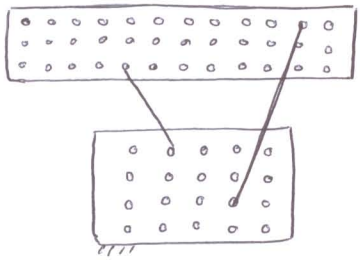


نقطه تکین → تیزه Cusp

مشتق 1، 2 معین است.

Crunode

P=?

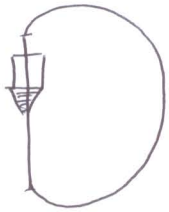


دو نفر به نام‌های Nelson و Hrones در دانشگاه MIT

هر پنج درجه که بند ورودی می‌چرخید، فنداردو یک درجه می‌کشید عقب.

دیری به ما می‌دهد که وقتی می‌خواهیم یک 10 معادله 10 مجهول حل کنیم، حل می‌شود یا نه.

نقاطی که خط چین ریزتره، سرعت کندتره.



مکانیزم ایوانز (شکل کاملش رو از جزوه‌ی شیما ببین): برای سوراخ کاری در زمین مزرعه، نقطه‌ای از کابلرو پیدا کرد که بخشی از منحنی درجه 4 بسیار نزدیک به خط راست است. Evan('s) Meeh

۸۸/۸/۶

* قید زائد Redundant Constraints

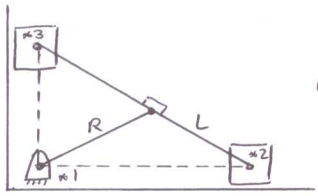
حتماً مسیرها را بشناسید و اگر مسیر دنبال شده توسط یک قید اضافه است، باید آن قید را حذف کنی، برای اینکه اضافه است. در مکانیزم رویه‌رو اگر بند (1) را هرجایی به غیر از O (مرکز دایره) ول کنیم، قفل می‌شود.

$$F = 3(3-1) - 2\times 3 = 0$$

$$\Rightarrow 3(2-1) - 2\times 1 = 1 \checkmark$$

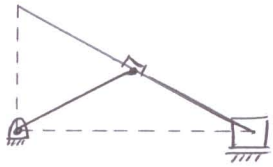
LearnElement.ir

اگر یک مکانیزم آشنا بهت دادن، اول نگاه می‌کنی ببینی درجه آزادی مکانیزم چند بوده و الان چه قیدهایی بهش اضافه شده وسعی کن قیدهای زائد رو حذف کنی.



بعضی نگار، با یک قید اضافه ⇒ یکی از * ها

اگر *1 را برداریم می‌شود بعضی نگار خودمون. اگر *2 و *3 را برداریم می‌شود یک مکانیزم خط نگار.

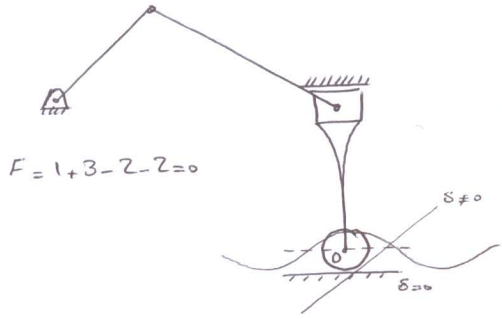


Scott-Russel Mech. (Exact)

بعضی از مکانیزم های خط نگار مثل همین مکانیزم خط راست دقیق می‌کشند و یک خط راست تولید می‌کنند و بعضی هم مثل مکانیزم Ivan's تقریباً خط راست می‌کشند (approximate).

دو مبحث در تولید داریم: forming و generating، خط کشیدن با خط‌کش forming است ولی خط کشیدن با مکانیزم یا generating است.

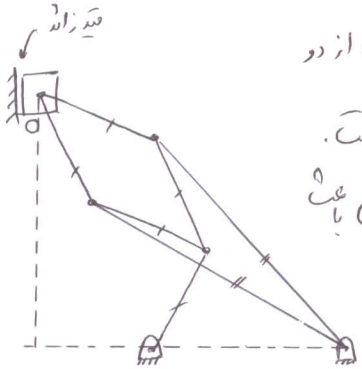
اضافه کردن دسک زیر بر روی سطح افقی، فرق ایجاد می‌کند چون مسیر حرکت O از قبل خط افق بود ولی اگر سطح شیب دار بذاریم یا O در مرکز دسک نباشد، چون یک مسیر دیگر هم دیکته می‌شود، قفل می‌کند.

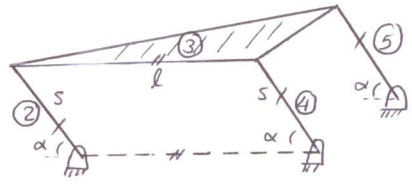


اگر به جای علت خالص، R.S. باشد، دو درجه آزادی دارد و غیر قابل کنترل می‌شود (درجه آزادی هرز) اما این قید اضافه رو بیشتر به دلایل سینماتیکی می‌گذارند. چون مثلاً نقاشنده ی بالا نمی‌تواند حرکت خط راست نقطه‌ی O را (در عالم واقعی) تضمین کند.

- درجه آزادی هرز: درجه آزادی که ما نمی‌خواهیم کنترلش کنیم. گاهی اوقات مثلاً در پای ما لازم است ولی خوب سایش اضافه دارد. سعی می‌کنیم در ماشین آلات درجه آزادی هرز نداشته باشیم.

مکانیزم وارونگر: Inversor Mech. خط دایره را به هم تبدیل می‌کند. فقط از دو نوع بند استفاده شده است. بعداً می‌توانیم حساب کنیم درجه آزادی بدون قید زائد است. مشکلات ساخت (عدم دقت، تغییر شکل الاستیک و ...) (structural errors) باعث می‌شود خط راست نتوان رسم کرد با دیفرانسیل، حتی!!



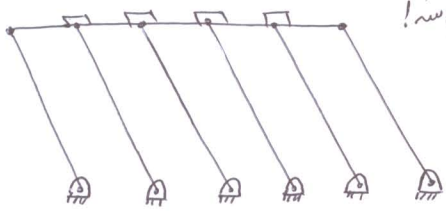


در این مکانیزم متوازی الاضلاع هم، کافیست زاویه یا طول بند ⑤ کمی تغییر داده شود تا مکانیزم قفل باشد.

$$\begin{cases} n=5 \\ f_1=6 \\ f_2=0 \end{cases} \quad F=3(5-1)-2\times 6=0$$

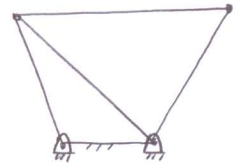
LearnElement.ir

رابطه ی گوتزباخ می گه مکانیزم روبرو فوق صلبه . کافیه یک تکان کوچک بخوره تا حل باشه!
(شبیه چرخ قطار)



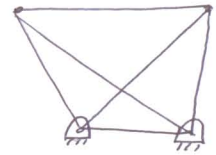
$F = 1+12-16 = -3$

این سازه صلبه (Rigid) ! به قدر کافی مقیده ، محکمه ، می شه حلش کرد (استاتیک)



$F = 1+3-4 = 0$

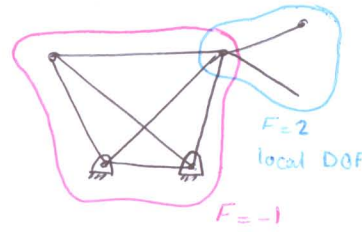
این سازه فوق صلبه (Over rigid) . نامحکمه و باید بریم با مقاومت مصالح مثلاً روش انرژی حلش کنیم.
در این سازه ی فوق صلب اگر یکی از میله ها را بیرم ، سازه هنوز سرجاش می مونه . ولی اگر دوتا رو بیرم
سازه شروع به حرکت می کنه . اگر فوق صلب داری ، باید یکی چندتا بندرو بیری هنوز کمی زنده . این!
درجه فوق صلبه ←



$F = 0+3-4 = -1$

خیلی از سازه های ساخته شده ی واقعی فوق صلب هستند .

ممکنه یه چیزی ببینی که یه جاهایی اش سازه است و یک جاهایی اش مکانیزمه! حرف زدن در مورد کل سیستم اشتباه است . باید local یکی.



کل $F = -1+3-2(2) = 1$

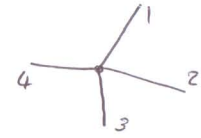
خواست به تعدادن تعداد j_1 ها باشه!

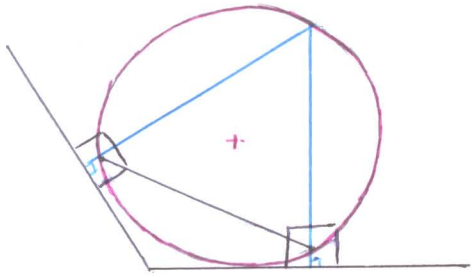
Double Joint
$2 \times j_1$

لولای مضاعف →

سه ←

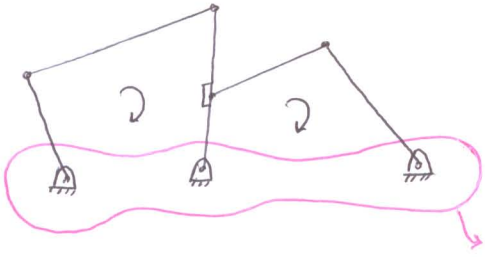
multiple joint





در این بیضی نگار هم مثل قبلی از اندازه حرکت لغزنده ها 0 رابست می آوریم و بعد ... . فقط مرکز این دایره ، دایره رسم می کند.

* سس میله ای (SBL) Six Bar Linkage

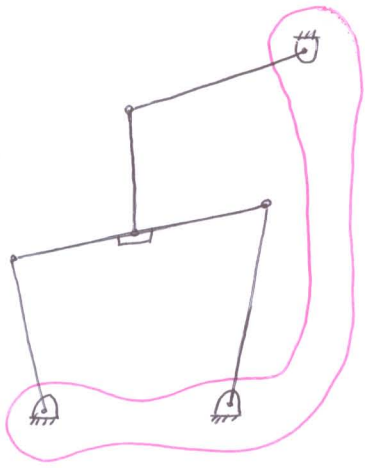


SBL - Type I

$F = 1+2\times3-3\times2 = 1$

حل کردن این آلونده!

LearnElement.ir



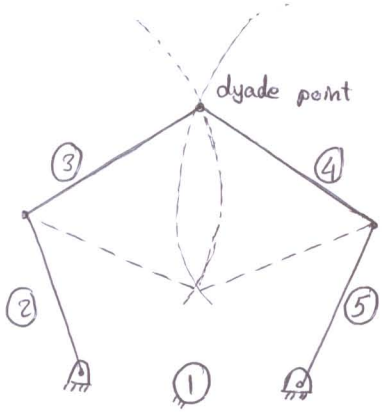
SBL Type II

Watt's Mech

چینی به نام خط و کره و... در جهان خارجی وجود ندارد.

سس ها در ادامه ی درس باز توضیح داده خواهند شد.

* پنج میله ای :



$$\begin{cases} n=5 \\ f_1=5 \\ f_2=0 \end{cases} \qquad F=3(5-1)-2(5)=2$$

dyade point : نقطه ای که دو بند سنا در به هم وصل می شوند.

مسیری که این نقطه رسم می کند به نسبت $\frac{\omega_2}{\omega_5}$ بستگی دارد. این مکانیزم تابع زمان است. باید حرکت کند تا پارامترهای آن مشخص شوند. در حالیکه سیم تنا کابل در ۴ میله ای مشخص است و به زمان بستگی ندارد. ۴ میله ای همینطور که ثابت وایستاده هم، پارامترهایش مشخص هستند.

این مکانیزم ها هم هزاد دارند که در حالت خاص به هم تبدیل می شوند. اگر بند ۳ و ۴ همراستا شوند، به هم تبدیل می شوند.

* برای تشخیص تعداد درجات آزادی :

۱) رابطه ی گوتزباخ

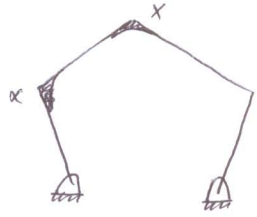
۲) روش کاهش مرتبه ی اتصالات

اینکه فرق ببینی چند تا بند را بگیری تا قفل شود، غلط است. چون ممکن است بندی را بگیری که چند درجه آزادی دارد!

در این روش اتصالات j_2 را به j_0 و j_1 را به j_0 تبدیل می کنیم. (مرحله به مرحله)

به تعداد دفعاتی که این کاهش را انجام می دهی تا بالاخره مکانیزم قفل شود، درجه آزادی را بگو.

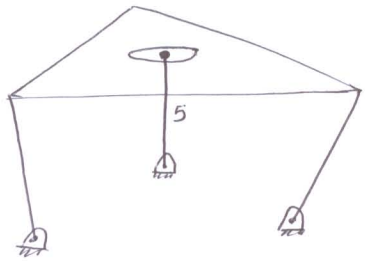
j_2	fork joint	R.S.
j_1	Pin	P.R.
j_0	welded joint	W.j.



m=2 DOF

LearnElement.ir

$F = 1+3-2-1 = 1$ گوتزباخ

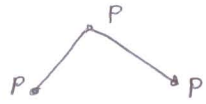


fork joint → pin تبدیل می‌شود ⇒ 1 DOF

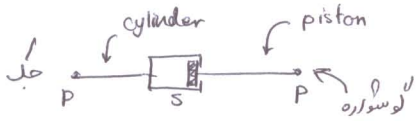
لی مسیر ته بند 5 با مسیر نقطه‌ای کابلر

یکی هست.

3) حذف مجموعه‌های بی‌اثر:



$3\times2-2\times3$



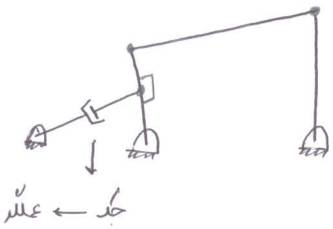
$3\times2-2-2-2$

فنر سیمانی یکی هست، از بحث عبور!

4) تعداد محلل‌ها (Actuator) برابر تعداد درجات آزادی کنترل پذیر است.

وقتی به دست‌گاه می‌بینی که 8 تا موتور داره، 8 تا درجه آزادی کنترل پذیر دارد.

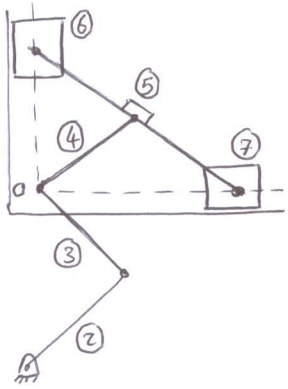
ولی می‌توانی یکی چندتا درجه آزادی دارد چون ممکن است درجات آزادی هرزهم داشته باشد.



LearnElement.ir

۸۸/۸/۱۱

* درجه آزادی آنی Instantaneous DoF



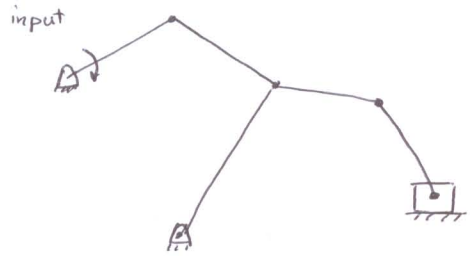
$$\begin{cases} n = 7 \\ P_1 = 6+2 = 8 \\ P_2 = 0 \end{cases}$$

اما اگر ورودی ما ② باشد، بعضی نقاط به تقابلی و ۴ حلقه‌ای هم برای خودش حرکت می‌کند و دو درجه آزادی داریم. ولی اگر ورودی ⑥ یا ⑦ باشد، چون 4 دوست دارد حول o بچرخد، چهارحلقه‌ای قفل می‌کند و یک درجه آزادی داریم.

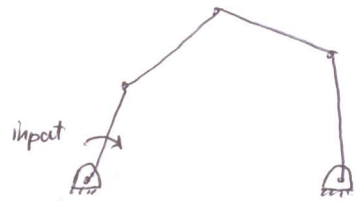
ورودی نمی‌تواند بند شناور باشد، ورودی فقط می‌تواند آنهایی که دوران حول محور ثابت یا انتقال محض دارند، باشد.

در مسیری که مکانیزم حرکت می‌کند، اگر در یک لحظه یک درجه آزادی از دست بدهد یا بدست آورد، درجه آزادی آنی خواهد داشت.

این مکانیزم نیمه معقد است یعنی همیشه با یک ورودی نمی‌توانی کنترلش کنی مثلاً با ② نمی‌توانی ⑦ را کنترل کنی. یک تکه اش تحت کنترل هست و یک تکه نیست.



معقد



غیر معقد

* زنجیره ی سینماتیکی Kinematic Chain

اگر یک تعدادی بند را به هم وصل کنیم، تشکیل زنجیره‌ی سینماتیکی می دهند؛ که دسته بندی های متفاوتی دارد.

- معقد: Constrained / Unconstrained
- ساده: Simple / مرکب: Compound
- قفل شده: Locked / Unlocked
- باز: Open / بسته: Closed

باز

در زنجیره (مکانیزم) باز حداقل یک بند وجود دارد که فقط یک اتصال دارد. زنجیره ی باز قابل کنترل نیست.

اگر یکی از بندها را زمین بگیریم، (برایم روش بایستیم) ← قفل شده!

قفل شده

اگر فقط بند دوتایی داشته باشیم، زنجیره ی ما ساده است.

های

LearnElement.ir

در مقید ، تعداد ورودی ها برای تعداد درجات آزادی است. البته باید سازگاری هندسی داشته باشند (دوتا ورودی روی یک بند نباشه مثلاً)

* اگر زنجیره ای بسته

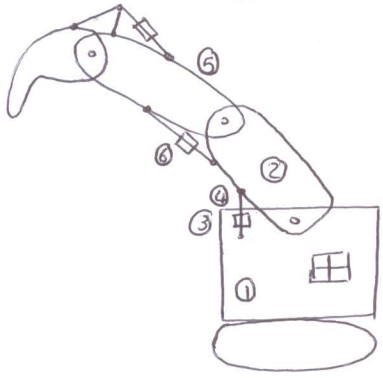
حل شده

ساده یا مرکب

و مقید باشد ، می شود مکانیزم ← ربات ها

دست آدم ، بسته است. ماهیچه ها loop استخوان ها را می بندند.

ماشین نیز ۳ درجه آزادی دارد نسبت به کابین .



کابین ←

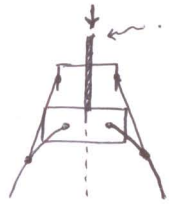
$$\begin{cases} n = 12 \\ f_1 = 12+3 = 15 \\ f_2 = 0 \end{cases} \qquad F = 3(12-1) - 2\times 15 = 3$$

اما شمردن اینها سخته. به جای کوتز باخ اینطوری بگو :

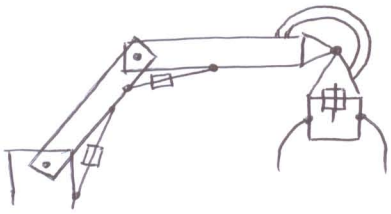
۳ درجه آزادی قابل کنترل داره ، اتصالات زائد (جک ها و دوبیله ای سه لولایی ها)

رو حذف کن ، می مونه یک بند روی هوا که ۳ درجه آزادی داره دیگه .

با حرکت دادن این میله ی عمودی، فکک باز و بسته می شه. ←



$$n = 6 \qquad f_1 = 7 \Rightarrow F = 3(6-1) - 2\times 7 = 1$$



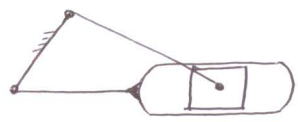
می تونی برای حساب کردن درجه آزادی این ، به خاطر تقارن نصفشو حذف کنی !

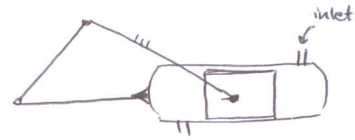
می تونی فقط با شمردن جک ها ، درجات آزادی رو پیدا کنی !

* وارونش سینماتیکی Kinematic Inversion ← ادامه

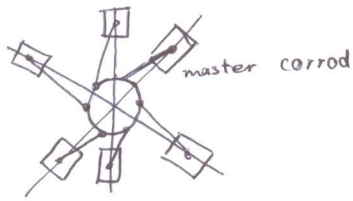
فرض کن تو روی کدوم بند باسنی ، حرکت بقیه مکانیزم همان قبلی باقی می ماند.

موتور احتراق داخلی





قطار



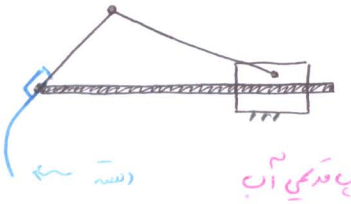
- موتور رادیال ← ملغ هواپیماهای قدیمی ، یکی از ساقوں ها را که master است ، روی میل لنگ ثابت می شود و بقیه روی آن لولا می شوند.

LearnElement.ir

البته گاهی لنگ را ثابت نگه می‌دارند و پوسته‌ی موتور حول آن می‌چرخد.

داروینش چهارم لغزنده لنگ عملی هم به صورت زیر است.

می‌بینی که به کمک هرکدام از داروینش‌های یک مکانیزم، یک کاربرد متفاوت ایجاد شده!

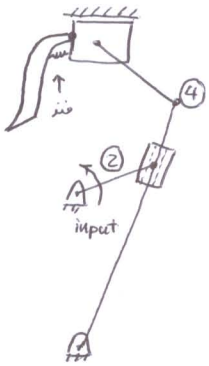


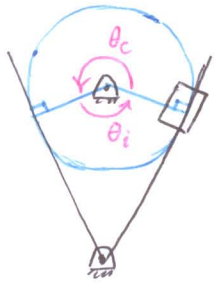
صفحه تراش ← shaper ← داروینش دوم لغزنده لنگی ← فقط در یک جهت برداری می‌کند.

به خاطر همین زمان برگشت را کوتاه کردند. به کمک ↓

ساز و کار تندبرگشت Quick Return Mech. (QRM)

نقطه‌ی مرگ ← وقتی ۲ به ۴ عمود شود.





cutting $\theta_c = 240^\circ$ → 40 sec

idler $\theta_i = 120^\circ$ → 20 sec

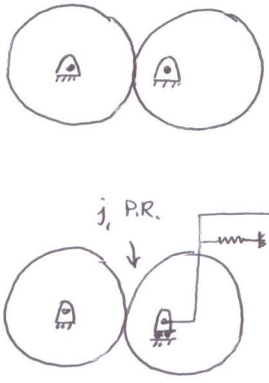
فنر را به خاطر این گذاشته‌اند که موقع برگشت، روی صفحه خط نیندازد.

در ماشین ابزار ← هرچه ابزار ساده‌تره، مکانیزم درجه آزادی بیشتری دارد. هرچه DoF کمتر باشه، ابزار پیچیده‌تره!

خان کشی (!!) ← broaching ← مثلاً می‌خواهی یک حفره‌ای با شکل درب و داغون درست کنی، از یک حفره کوچک شروع می‌کنی و ذره ذره بیشتر سوراخ می‌کنی. فقط یک درجه آزادی دارد، تمام وسایل برش روی یک محور نصب شده. می‌گیری اون محور رو عمود بر حفره هه می‌کشی بیرون!

فرض کن یکی از چرخ‌دنده‌هاش، از یه جایی خارج از مرکزش لولا شده! الان فقله!

برای اینکه کارکنه باید یه چرخ‌دنده که سوراخش وسطشه بیاریم. یا از یک لغزنده استفاده کنیم.



$n = 3$

$f_1 = 2+1 = 3$

$\Rightarrow F = 3(3-1) - 2\times 3 = 0$ → قفل

اگر سوراخ‌ها وسط باشند، درجه آزادی صفحه ولی کار می‌کنه ⇐ فنر زائد ⇐ پین را تبدیل به fork joint می‌کنیم.

$n = 3$

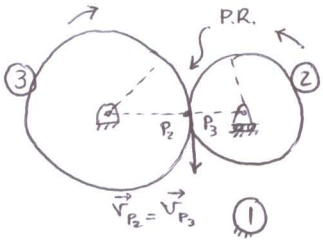
$f_1 = 1+1 = 2 \Rightarrow F = 1$

$f_2 = 1$

رابطه کوتر باخ استثناء داره. هندسه سو درست کنید، رابطه درست جواب می‌ده.

LearnElement.ir

۹۸/۰۸/۱۸

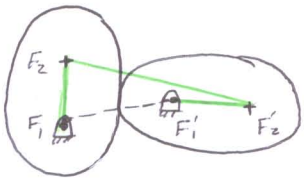


* با شرط

۱) دو تا بند روی یک بند دیگر لولا شده باشند.

2) " روی هم غلتک خالص داشته باشند.

3) مجموع جبری شعاع های تماس برابر فاصله‌ی بین مراکز باشد.



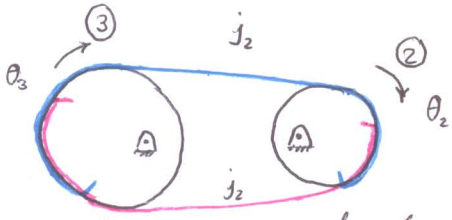
این دو تا بند می‌توانند به حرکتشون ادامه بدهند، درحالیکه هیچ کدام لقی نیافتند و فشرده هم نشوند.

پس اگر شرط زیر برقرار باشد، می‌توان برای بیضی های بالا هم، یکی از لولاها را به fork joint تبدیل کرد.

↳ دو بیضی یکسان با خروج از مرکز برابر!

دو بیضی های بالا اگر با وصل کردن کانون‌ها به هم، یک مکانیزم ۴ میله‌ای بسازیم، اسمش چهوشف است ← بند کها سبز!

* اتصالات پوسی

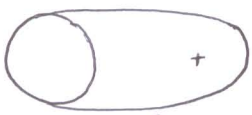


درحالیکه فقط شمه‌ی آبی باشد، بین θ_2 و θ_3 یک تابع خاص حلقه‌ای است (که می‌تواند یکنواخت نباشد حرکت دورانیه)

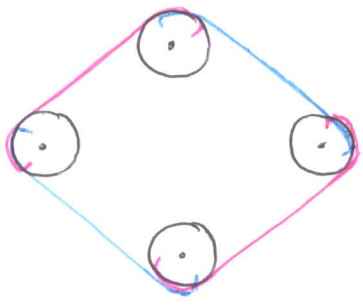
$$\theta_3 = f_1(\theta_2)$$

حالا اگر یک شمه‌ی صورتی هم اضافه کنیم، در صورتی حرکت می‌کند، که تابعی که صورتی دنبال می‌کند، همان تابعی باشد که آبی دنبال می‌کند. به بیان دیگر، باید دایره ها را در مرکزشان لولا کنیم.

اگر یک پروفیل خون دلی طول شمه مشخص داشته باشیم، همیشه یک جوان یکتا وجود دارد که در یک مرکز چرخش مشخص قرار داده می‌شود به طوریکه شمه کاملاً کشیده باشد (طراحی مکانیزم‌های تماس مستقیم)



حالا اگر این پروفیل‌ها را داشته باشیم و ۳ شرط بالا برقرار باشند، یعنی هردو روی یک بند دیگر لولا شوند و طول میان‌تار (Center line) ثابت بماند و تحت فشار یا کشش قرار نگیرد، به خوبی حرکت می‌کند.



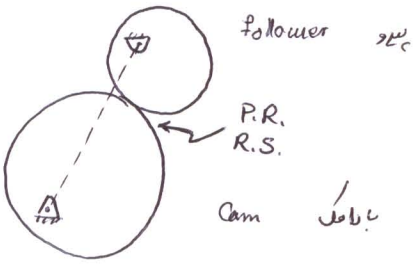
کوپلر تابع درجه آزادی صفر می‌دهد.

یا fork joint کن یک لولا را، یا یک شمه رو حذف کن.

LearnElement.ir

مکانیزم رویه رو هم P.R و هم R.S. می‌تواند داشته باشد.

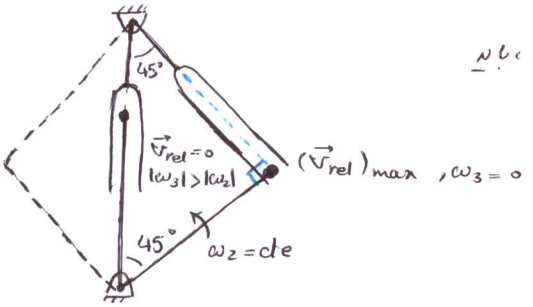
در حالت کلی



باید در هر حرکت محل تماس دو بند را به ما بگویند. اگر علت خالص باشد، می‌تواند کار کند و درجه آزادی‌اش صفر است. ولی تا حرکت نکند، نمی‌توانی ببینی که آیا علت خالص است یا نه! (باید ببینی حرکت می‌کند)

این سینماتیک است که می‌گوید حالا که کار می‌کند پس علت همراه با نیرش دارد.

* Geneva ('s) Wheel Mech

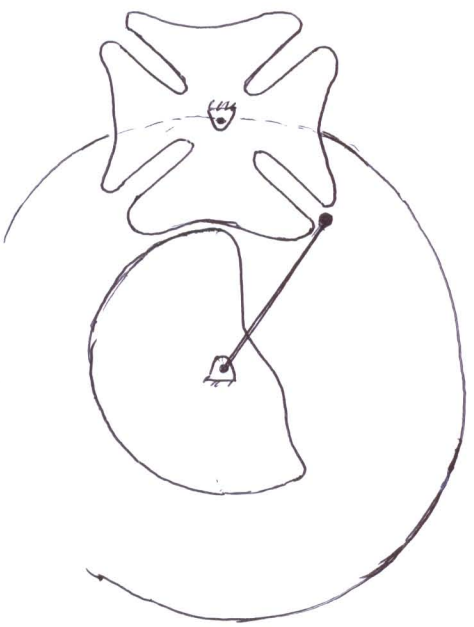


برای اینکه وقتی گلوله وارد سیار می‌شود و خارج می‌شود، سیار دیگر حرکتی نکند، باید سرعت ورود و خروج آن در راستای سیار باشد.

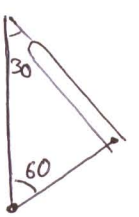
حالا اگر ۴ تا سیار (با زاویه‌ی 90° با همدیگر) داشته باشیم، می‌تواند $360°$ بچرخد.

به این مکانیزم‌ها می‌گویند Intermittent Motion Mech و همینطور Index Mech (ثبت می‌کند).

برای اینکه وقتی گلوله بیرون سیار است، سیار حرکتی نداشته باشد، باید از یک قفل داخلی استفاده کنیم Interlock mech



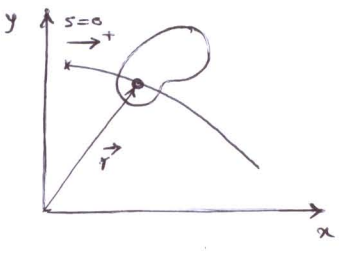
از چرخ دنده‌های دوتایی استفاده می‌شود. می‌شود تعداد سیارها را هم اضافه کرد. هرچه تعداد Index ها بیشتر باشد، فاصله‌ی بین حرکت کمتر می‌شود.



← برای ۴ تایی

۸۸/۸/۲۵

* سرعت شناسی سازوکارهای صفحه‌ای Velocity Analysis of Planar Mech.

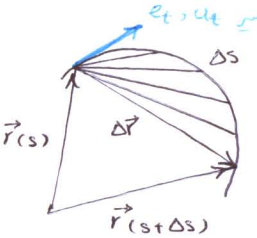


$$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=\frac{d\vec{r}}{ds}\left(\frac{ds}{dt}\right) \quad v \text{ (speed سرعت)}$$

$$[\Delta s-(\Delta\vec{r})]\to 0$$

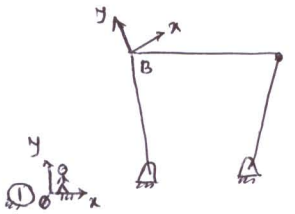
$$(\Delta t\to 0)$$

$$\Rightarrow \frac{|d\vec{r}|}{ds}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{|\Delta\vec{r}|}{\Delta s}=1 \quad \to \vec{v}=v\vec{e}_t$$



LearnElement.ir

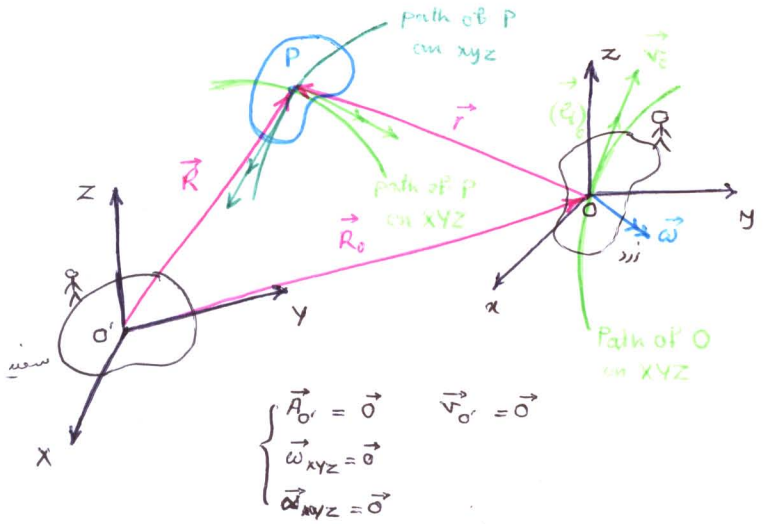
یک دستگاه مختصات روی بند ۱ (زمین) داریم، ناظر روی آن است. دستگاه مختصات واسط را می‌گذاریم روی نقطه‌ای که سرعتش را می‌دانیم تا فقط ωها مجهول بماند.



حالا می‌رویم سراغ دستگاه‌های مختصات مختلف:

برای اینکه دستگاه ثابت

باید تمام اطلاعات خودرو نیاز در مورد دستگاه زرد را بدانند.



$$\begin{cases} \vec{A}_{O'} = \vec{0} & \vec{v}_{O'} = \vec{0} \\ \vec{\omega}_{XYZ} = \vec{0} \\ \vec{\alpha}_{XYZ} = \vec{0} \end{cases}$$

$$\vec{R} = \vec{r} + \vec{R_o}$$

$$\underbrace{\left(\frac{d\vec{R}}{dt}\right)_{XYZ}}_{\vec{v}_{XYZ}} = \left(\frac{d\vec{r}}{dt}\right)_{XYZ} + \underbrace{\left(\frac{d\vec{R_o}}{dt}\right)_{XYZ}}_{\vec{v}_o}$$

$$\underbrace{\left(\frac{d\vec{r}}{dt}\right)_{xyz}}_{\vec{v}_{xyz}} + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

برای درک پیدا کردن در مورد $\left(\frac{d\vec{A}}{dt}\right)_{XYZ} = \left(\frac{d\vec{A}}{dt}\right)_{xyz} + \vec{\omega} \times \vec{A}$، آش پیکان، پرو و پراید رو در نظر بگیرید!

$\left(\frac{d\vec{A}}{dt}\right)_{xyz}$ از دید راننده ماشین مشهود (apparent) است (می‌تواند هندسی یا جبری یا هر دو باشد) ولی $\vec{\omega} \times \vec{A}$ غیرمشهود است از دید راننده (فقط می‌تواند هندسی باشد)!

تغییر راستا ← تغییر طول

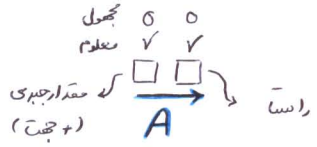
$$S_0 \rightarrow \quad \vec{v}_{XYZ} = \vec{v}_{xyz} + \vec{v}_o + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

$\vec{v}_{abs.}$	$\vec{v}_{rel.}$	$\vec{v}_{Trans.}$	$\vec{v}_{Rot.}$
مطلق	نسبی	انتقالی	چرخشی، وضعی

$\vec{v}_T$ Velocity of Transport

سرعت کشتی یا سرعت جای پا

برای هر بردار دو جنس در نظر می‌گیریم ←



مقدار بردارهای یکه، برابر یک است. در مکانیزم‌ها شیرها را می‌دانیم پس راستای بردارهای یکه را هم می‌دانیم.

مشتق‌های حرکت‌ها ($\frac{d\theta}{dt}$) را می‌توانیم از حرکت‌شناسی بدست بیاوریم.

↳ از حرکت‌شناسی ↳ چون ورودی است، معلوم است.

$$\overset{0}{V}_{XYZ}\left(\overset{\sqrt{\sqrt{}}}{\vec{e}_t}\right)_{XYZ} = \overset{0}{V}_{xyz}\left(\overset{\sqrt{\sqrt{}}}{\vec{e}_t}\right)_{xyz} + \overset{\sqrt{}}{V_o}\left(\overset{\sqrt{\sqrt{}}}{\vec{e}_t}\right)_o + \overset{0\sqrt{}}{\vec{\omega}} \times \overset{\sqrt{\sqrt{}}}{\vec{r}}$$

↑ در حرکت صفحه‌ای

حالا ۳ مجهول یا ۲ معادله داریم، برای حلش باید دستگاه مختصات را جای هناسبی بگذاریم که یا r صفر شود یا V_{xyz}!

تا فقط ۲ مجهول بماند.

LearnElement.ir

اگر بخواهیم v_{rxyz} صفر شود، باید دستگاه روی جسم باشد که می رویم در مبحث سینماتیک جسم صلب ← اختلاف سرعت غیر صفر بین دو نقطه‌ی متمایز از یک جسم صلب (Velocity Difference). (سرعت نسبی نیست) ← $\vec{\omega} \times \vec{r}$

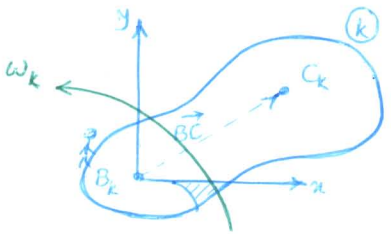
اگر بخواهیم r صفر باشد، دستگاه را می گذاریم روی نقطه‌ای از کره‌ی طبیعی جسم صلب زرد که روی نقطه‌ی P قرار گرفته است.

این می رود در سینماتیک تماس مستقیم که چیزی که باقی می ماند همان سرعت نسبی بین دو نقطه‌ی برهم منطبق از دو جسم صلب متمایز، یعنی همان v_{rxyz}.

الف) سینماتیک جسم صلب

- اختلاف سرعت بین دو نقطه متمایز از یک جسم صلب

دستگاه مختصات واسط را می گذاریم روی یک نقطه‌ی مناسب از جسم

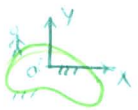


$$\vec{V}_{xyz} = \vec{V}_{rxyz} + \vec{V}_o + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

$$\vec{V}_{C_k} = \vec{V}_{B_k} + \vec{\omega}_k \times \vec{BC}$$

$$\vec{V}_{C_k/B_k} = \vec{V}_{C_k} - \vec{V}_{B_k} = \vec{\omega} \times \vec{BC} \quad : \quad (BC)\,\omega_k \,,\ \perp BC,$$ جهت آن

↳ حاصل از چرخش $\frac{\pi}{2}$ جهت BC در جهت ω_k



$\vec{V}_{xyz} = \vec{V}_{C_k}$

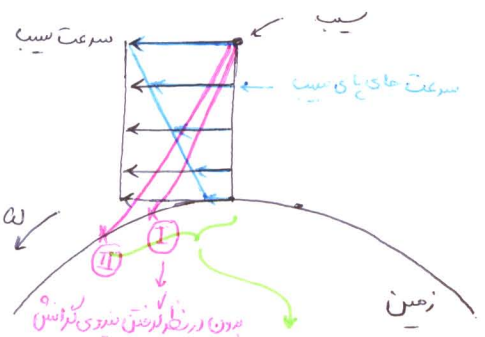
$\vec{V}_o = \vec{V}_{B_k}$

$\vec{\omega} = \vec{\omega}_k$

$\vec{r} = \vec{BC}$

برای این بردار نقطه اثر معنی ندارد، یک بردار آزاد است (مثل گشتاور)

ساختمان، سالچه و شتاب کریولیس:

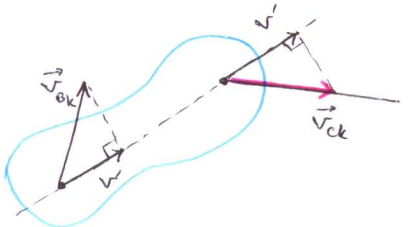


این یعنی همان شتاب کریولیس و اینها!

$$\text{(II)} \rightarrow \vec{T} = \vec{r} \times m\vec{g} = 0 = \frac{d\vec{L}_o}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{L}_o = cte$$

$$\vec{r} \times m\vec{v} = cte$$

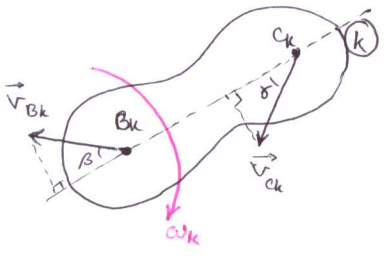
↳ زیاد تر می شود ← r کم می شود



- اگر B_k و C_k دو نقطه روی جسم صلب باشند که سرعت B_k معلوم باشد، مکان هندسی نقطه‌ی انتهای سرعت C_k، روی خطی عمود بر انتهای سرعت v' (تصویر سرعت B_k روی خط واصل BC) است که از C_k رسم شده است.

۸۸/۸/۲۱

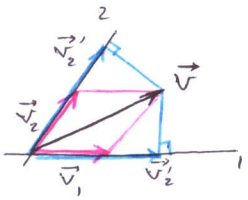
مولفه (Component) با تصویر (projection) فرق دارد.



$$|\vec{V}_{C_k}|\cos\gamma = |\vec{V}_{B_k}|\cos\beta \Rightarrow \omega_k = \frac{|\vec{V}_{C_k}|\sin\gamma + |\vec{V}_{B_k}|\sin\beta}{BC}$$

در شکل روبه رو

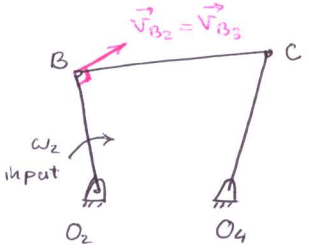
LearnElement.ir



برای پیدا کردن مؤلفه‌های یک بردار روی دو راستا، دو خط موازی می‌کشیم و برای تقویت محور می‌کشیم.

$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = \vec{V}$ Component $\quad \vec{V}_1' + \vec{V}_2' \neq \vec{V}$

● مثال:



1) $\vec{V}_{B3} = \vec{V}_{B2} : (O_2B)\omega_2 \;,\; \perp O_2B \;,\; \nearrow$

2) $\underbrace{\vec{V}_{C3}}_{\perp O_4C} = \vec{V}_{B3} + \underbrace{\vec{V}_{C3/B3}}_{\perp BC} \Rightarrow \begin{cases} \vec{V}_{C3/B3} \\ \vec{V}_{C4} \end{cases}$

3) $\begin{cases} \omega_3 = \dfrac{|\vec{V}_{C3/B3}|}{(\overline{BC})} \dfrac{C.W.}{C.C.W.} \rightarrow \omega_3 \checkmark \\ \omega_4 = \dfrac{|\vec{V}_{C4}|}{(\overline{O_4C})} \dfrac{C.W}{C.C.W} \rightarrow \omega_4 \checkmark \end{cases}$

مراحل بندی مسئله به صورت بالاست. برای حل مسئله از یکی از روش‌های ۱، هندسی (ترسیمی) (Geometrical (Graphical)

۲، تحلیلی Analytical

۳، عددی Numerical استفاده می‌کنیم.

روش تحلیلی همیشه قابل حل نیست. روش‌های هندسی، روش خیلی خوبی است. (به کمک نرم افزارهای CAD)

در صفحه‌ی سرعت، یک نقطه‌ی سرعت صفر (قطب سرعت) انتخاب می‌کنیم و سرعت‌ها را رسم می‌کنیم.

تمام سرعت‌هایی که مطلق هستند، انتهایشان نقطه‌ی O_v است.

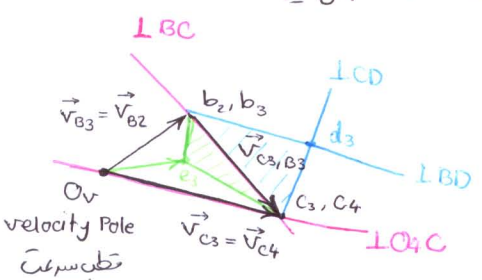
مواردی که در "سرعت شناسی" می‌خواهند از ما:

۱، سرعت همه‌ی لولاها

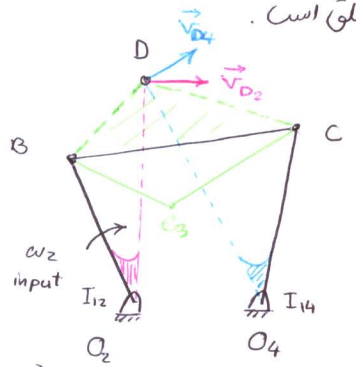
۲، سرعت همه‌ی نقاط تماس مستقیم

۳، سرعت همه مرکز جرم بدنه‌ها

۴، همه‌ی سرعت زاویه‌ای‌ها



نقاط ابتدا رانتهای سرعت‌های نسبی و اختلاف سرعت‌ها، روی نقاط ابتدا و انتهای سرعت‌های مطلق است.



$\vec{V}_{D1} = 0$

اگر سرعت نقطه D را می‌خواهند، D روی کدام بند است؟

$$\begin{cases} \overset{oo}{\vec{V}_{D3}} = \overset{vv}{\vec{V}_{B6}} + \underbrace{\overset{ov}{\vec{V}_{D3/B3}}}_{\rightarrow \perp BD} \\ \overset{vv}{\vec{V}_{D3}} = \overset{vv}{\vec{V}_{C3}} + \underbrace{\overset{ov}{\vec{V}_{D3/C3}}}_{\rightarrow \perp CD} \end{cases}$$

$|\vec{V}_{C3/B3}| \nwarrow \quad |\vec{V}_{D3/C3}| \swarrow \quad \nearrow |\vec{V}_{B3/B3}|$

$\dfrac{bc}{\overline{BC}} = \dfrac{cd}{\overline{CD}} = \dfrac{bd}{\overline{BD}} = \omega_3 \Rightarrow \triangle bcd \sim \triangle BCD$ به نظر می‌رسد مثلث‌های BCD و bcd مشابه

LearnElement.ir

اگر یک نقطه در صفحه‌ی سرعت به ما دادند و یک بردار سرعت مطلق به آن کشیدند و پرسیدند سرعت کدام نقطه از فلان بند، برابر این سرعت است، مثلث بین این نقطه و نقاط انتهای سرعت‌های دو نقطه‌ی انتهایی آن بند را می‌بریم به صفحه‌ی حرکت‌ها! (نقطه‌ی q در صفحه قبل)

برای پیدا کردن نقطه‌ای از بند که سرعت آن صفر است، به O_q یک مثلث می‌سازیم.

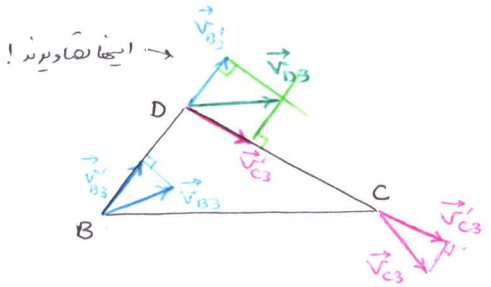
یک جسم یا یک نقطه یک نقطه‌ی سرعت صفر دارد یا سرعت تمام نقاطش صفر است.

همه‌ی نقاط I در صفحه حرکت‌ها، اول و آخر سرعتشان روی O_q است.

مکان هندسی نقاطی از بند که تندی برابر دارند، یک دایره است به مرکز I، مناظر آن بند!

مثلث‌ها را دقیق خواستی از یک صفحه ببری به صفحه دیگر، فقط می‌توان بلتداینسون، باید حین حرکت از صفحه خارج نشن!

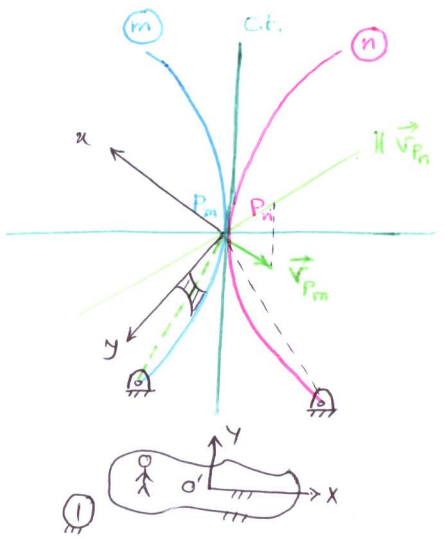
- به راه دیگر برای پیدا کردن سرعت نقطه D از بند 3:



هندس باید دقیق باشه!

ب) سینماتیک تماس مستقیم

- سرعت نسبی (مشهود) بین دو نقطه‌ی برهم منطبق از دو جسم صلب متماس



$$\vec{V}_{xyz} = \vec{V}_{rxyz} + \vec{V}_o + \vec{\omega} \times \vec{r}$$

$$\vec{V}_{P_n} = \vec{V}_{P_m} + \vec{V}_{P_n/m}$$

$\parallel$ C.t.

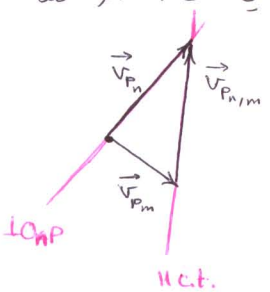
$\vec{V}_{xyz} = \vec{V}_{P_n}$

$\vec{V}_{rxyz} = \vec{V}_{P_n/m}$ ← غیرموضعی و مشهود

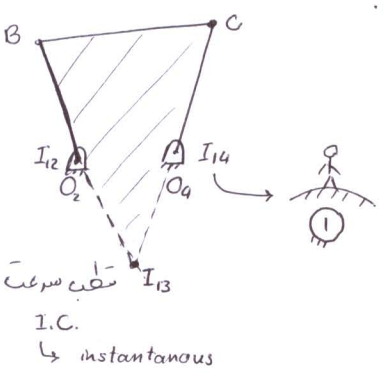
$\vec{V}_{P_n/P_m}$ ← موضعی و غیرمشهود

$\vec{V}_o = \vec{V}_{P_m}$ ← هر نقطه‌ی جسم با نسبتی همینه!

اگر دو جسم صلب در تماس مستقیم باشند، سرعت‌هایشان در راستای عمود مشترک یکی است. اگر اختلاف سرعتی داشته باشند، در راستای تماس مشترک است. ← تقاطع



$$\omega_n = \frac{|\vec{V}_{P_n}|}{(\overline{O_n P})} \quad \text{C.W.}$$



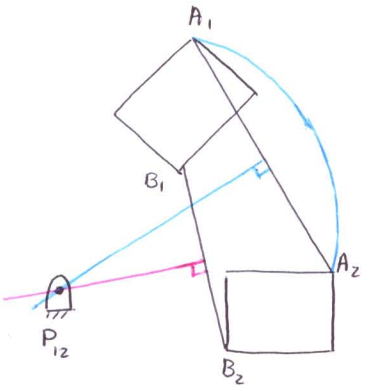
I.C.
↳ instantaneous

LearnElement.ir

* مرکز آنی چرخش Instantaneous Center of Rotation

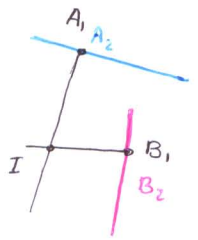
- مرکز چرخش Instant Center - I.C

Velocity Pole



می‌توانی با ترکیبی از چرخش و انتقال وحتی با یک چرخش خالص جسم صلب را از یک وضعیت به وضعیت دیگر ببری.

اگر وضعیت 2 را خیلی به 1 نزدیک بگیری، خطوط A_1A_2 و B_1B_2 تبدیل به مماس‌هایی برمسیر می‌شوند و عمود منصف‌ها، عمود برمسیر و تلاقی آنها می‌شود مرکز آنی چرخش (I).



- برای پیدا کردن مرکز آنی، به دو عکس پشت‌سرهم از دو تا نقطه احتیاج داریم.

بین هر دو نقطه‌ی جسم صلب، $\vec{V}_{Ck} = \vec{V}_{Bk} + \vec{V}_{Ck/Bk}$ برقرار است. اگر نقطه‌ی B پیدا کنیم که $\vec{V}_{Bk}=0$ پس $B \equiv I$ و رابطه به صورت $\vec{V}_{Ck} = \vec{V}_{Ck/Ik}$ در می‌آید.

ولی چه جوری این نقطه رو گرفتیم؟ (به $\vec{\omega}_k$ ضرب کرده)

$$\vec{\omega}_k \times \vec{V}_{Ck} = \underbrace{\vec{\omega}_k \times \vec{V}_{Ik}} + \vec{\omega}_k \times (\vec{\omega}_k \times \vec{IC})$$

$\hookrightarrow \vec{\omega}_k = \vec{0}$ حرکت انتقالی

$\vec{V}_{Ik} = \vec{0}$

$\vec{\omega}_k \parallel \vec{V}_{Ik}$ $\Rightarrow$ screw velocity

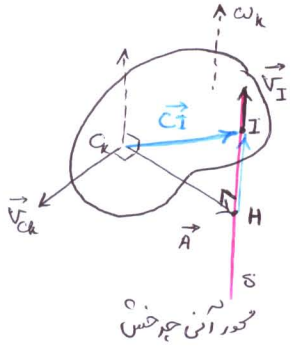
حالا اگر صفر باشد، داریم در ادامه:

$$\vec{\omega}_k \times \vec{V}_{Ck} = \vec{\omega}_k (\vec{\omega}_k \cdot \vec{IC}) - \vec{IC} \overbrace{(\vec{\omega}_k \cdot \vec{\omega}_k)}^{\omega_k^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\vec{\omega}_k \times \vec{V}_{Ck}}{\omega_k^2} = \hat{\omega}_k (\hat{\omega}_k \cdot \vec{IC}) - \vec{IC} \Rightarrow \boxed{\vec{CI} = \frac{\vec{\omega}_k \times \vec{V}_{Ck}}{\omega_k^2} + (\hat{\omega}_k \cdot \vec{CI})\hat{\omega}_k}$$

به کمک این رابطه وکمی حدس زدن، می‌شود مکان I را پیدا کرد.

● مثال:



اگر از انتهای بردار A یک خط موازات ω_k بگیریم، هر نقطه روی این خط، I است.

به این خط می‌گویند محور آنی چرخش.

هر نقطه‌ای روی " ، سرعتش در راستای خود محور است.

پس ساده‌ترین تعریف برای حرکت صفحه‌ای آن است که screw velocity صفر باشد. در این صورت اگر محور آنی چرخش را با یک صفحه قطع کنیم، مرکز چرخش هم درست می‌آید.

LearnElement.ir

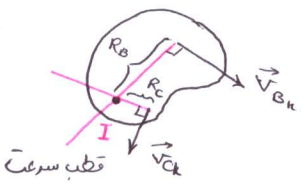
$\vec{V}_{Ck} = \vec{V}_{Ck/Ik} : (\overline{IC})\,\omega_k \;, \perp IC$

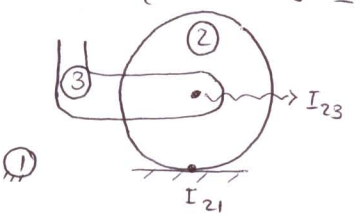
$= \vec{\omega}_k \times \vec{IC}$ (بردار شعاع چرخش) Radius of Rotation R_C

پس سرعت هر نقطه روی جسم صلب، برشعاع چرخش آن نقطه عمود است.

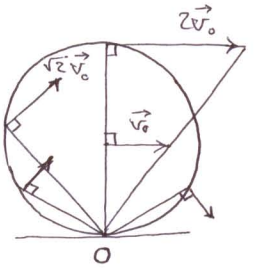
وقتی مرکز چرخش رو می خواهی، باید بدونی نسبت به کی!

یک جسم می تواند به تعداد اجسامی که نسبت به آنها محاسبه می شود، مرکز چرخش داشته باشد ولی نسبت به هرکدام فقط یک مرکز چرخش دارد.



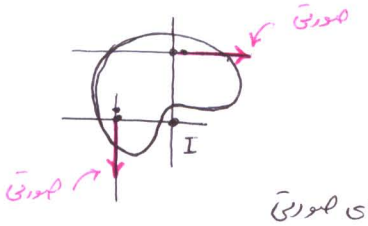


هر نقطه ای از لاستیک رسید به O، سرعتش صفر می شود ولی صفر نمی ماند. باز دوباره ادامه می دهد. ولی خود این نقطه‌ی O جابه جا می شود. (همیشه نقطه‌ی تماس زیر axle ماشین است). به سرعتش می گویند "سرعت جابه جایی مرکز آن چرخش" !!



نیروی الکترومغناطیسی ← نیروی سطحی ← نیروی عکس العمل سطح ← در حالت حدی

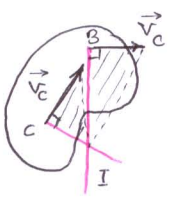
← تماس ← تغییر کردن سرعت



- برای پیدا کردن مرکز چرخش، راستای سرعت ها کفایت می کند.

- اطلاعات اضافی باید هم‌خوان داشته باشد با اطلاعات قبلی، مثلاً در بالا اگر جهت های موردی بعداً اضافه شده باشند، تا بلوئه که غلط! در آ و ω مختلف می دهند. نمی تواند جسم صلب باشد در اینصورت!

"صلب" بودن فرضی است که باید به ما بگویند!

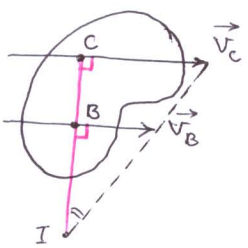


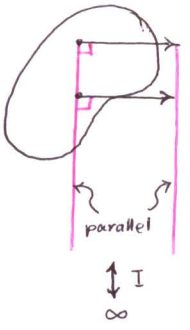
- جسم دوبعدی هم می تواند صلب باشد، سرعت نقطه ای که دورتر است، باید بیشتر باشد.

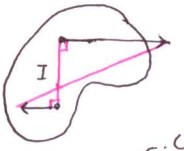
$|\vec{V}_B| = (\overline{IB})\,\omega$

$|\vec{V}_C| = (\overline{IC})\,\omega \rightarrow \omega = \frac{|\vec{V}_C|}{(\overline{IC})} = \frac{|\vec{V}_B|}{(\overline{IB})}$

دو تا Δ باید متشابه باشند.





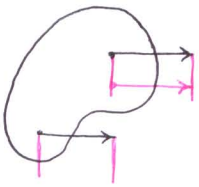


اول کاری که می کنید، عمود رسم کردن!

بعد سر عکس ها رو وصل می کنی و اتفاقاتی می افتد.

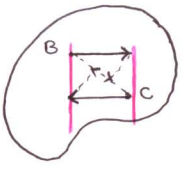
اگر عمودها روی هم افتاد البته!

LearnElement.ir



حرکت انتقالیه !

وقتی عمودها در بی نهایت همدیگه رو قطع می‌کنند، اگر صلب باشد، حرکت انتقالیه!



این صلب نیست!

$V_C = \overset{\infty}{R_C} \overset{0^+}{\omega_1}$

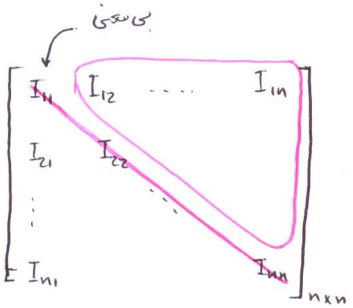
$V_B = \overset{\infty}{R_B} \overset{0^-}{\omega_2}$ ← یا می‌تونی بگی داره منفجر می‌شه!

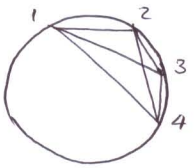
* مراکز چرخش در سازوکارهای صفحه‌ای

تعداد بندها : n

تعداد I.C.ها : N

$$N = \frac{n^2 - n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}$$





از دایره رویه رو کمک بگیرید:

چند نوع مرکز آنی چرخش داریم:

1) اولیه primary : با چشم و بدون کمک از هیچ چیز، پیداشون کنیم. (آنی و دائم)

2) ثانویه Secondry : از چشم پنهان است و نیاز به انجام یه سری کارها داریم. (حتما بلدیم، یه فرآیند انجام بدهیم) (آنی و دائم)

1) دائم Permanent : مفصل نسبت به دوبندی که در نظر گرفته ایم، ثابت باشد.

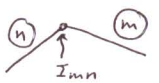
2) آنی Instantanous :

1) مطلق Absolute : آنهایی که نسبت به بند پایه هستند.

2) نسبی Relative : ↑ سابق

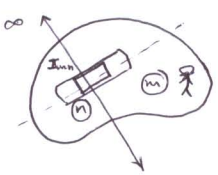
- سه روش برای پیدا کردن مرکز آنی چرخش:

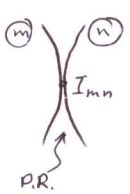
1) لولا مرکز چرخش نسبی دوبند است. (اولیه - دائم)



2) لغزنده‌ی مستقیم‌الخط: مرکز چرخش نسبی دوبند، در بی نهایت دور و در امتداد محور حرکت نسبی دوبند واقع است. (اولیه، دائم)

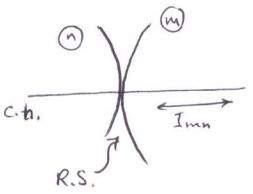
3) در غلتش خالص، مرکز چرخش نسبی، نقطه تماس است. (اولیه، آنی)



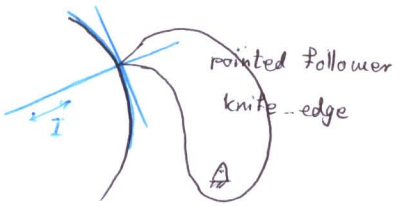


LearnElement.ir

4) در غلتش همراه با لغزش، مرکز چرخش نسبی دو بند بر امتداد محور مشترک واقع است. (مانند دنده)



5) اگر راستای سرعت نسبی یک نقطه از جسم صلب معلوم باشد، مرکز چرخش نسبی بر امتداد خط عمود بر آن سرعت نسبی گذرنده از آن نقطه واقع است.



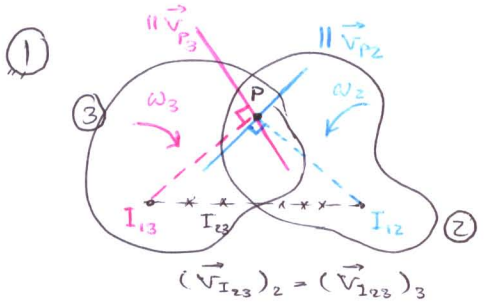
6) مقیدی سه مرکز - مقیدی آرتحولد-کیندی

7) چرخدنده های با خط المرکزین هم راستا

مقیدی مورد 6 می گوید، مراکز چرخش نسبی سه جسم صلب، روی یک خط هستند

با توجه به تعریف مرکز چرخش و مرکز سرعت، سرعت های P_2 و P_3 باید برابر باشند (اگر P مرکز چرخش نسبی 2 و 3 در نظر گرفته شود).

همراستا بودن سرعت ها، ایجاب می کند P روی خط واصل I_{12} و I_{13} باشد و برابر بودن اندازه های آنها، محل P روی این خط را مشخص می کند.



$$(\vec{V}_{I_{23}})_2 = (\vec{V}_{I_{23}})_3$$

$$|\vec{V}_{(I_{23})_2}| = (\overline{I_{12}I_{23}})\,\omega_2$$

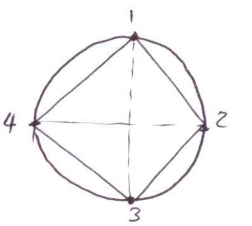
$$|\vec{V}_{(I_{23})_3}| = (\overline{I_{13}I_{23}})\,\omega_3$$

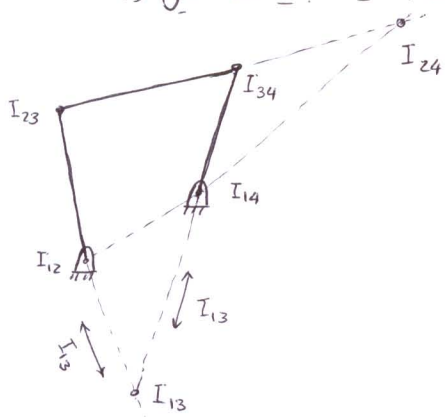
$$\Rightarrow \omega_3 = \frac{\overline{I_{12}I_{23}}}{\overline{I_{13}I_{23}}}\,\omega_2$$

$$\omega_{n/k} = \frac{\overline{I_{km}I_{mn}}}{\overline{I_{kn}I_{mn}}}\,\omega_{m/k}$$

● مثال:

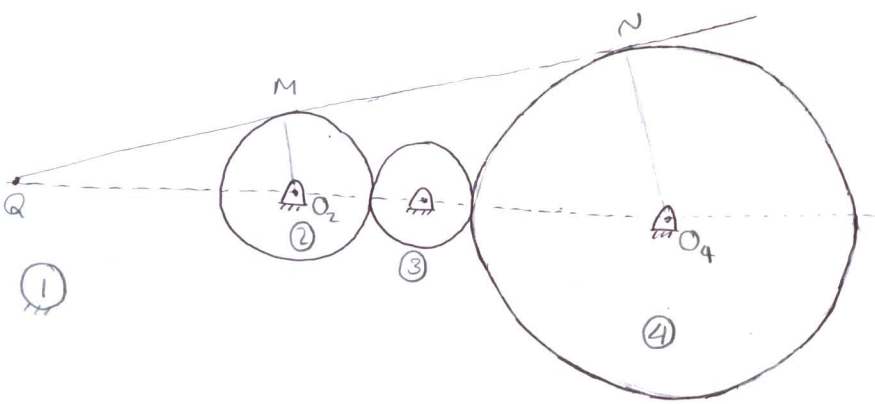
در دایره، هرکدام از خطوط محرف یک مرکز چرخش است. برای دوتا دوتا ناقص بلدید که باید خط تکمیل شود.





انطوری با دوبار استفاده از مقیدی، دوتا خط پیدا می کنی که محل تقاطع آنها، می شود آن چیزی که به دنبال آن هستیم.

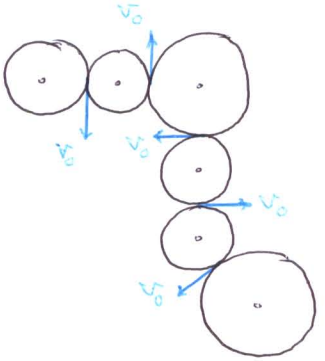
۸۸,۸,۲۵



LearnElement.ir

Simple Gear Train

$$R_2\omega_2 = R_4\omega_4 = |\vec{v}_0| \Rightarrow \frac{\omega_4}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_4} \quad *$$



$$\Delta QO_2M \sim \Delta QO_4N$$

I_{12} ↘ O_2Q / R_2 = O_4Q / R_4 ⇒ $\frac{R_2}{R_4} = \frac{I_{12}Q}{I_{14}Q}$ $\quad **$ (I_{14} ↘)

$*, ** \Rightarrow \frac{\omega_4}{\omega_2} = \frac{I_{12}Q}{I_{14}Q}$

جلسه پیش ⇒ $\frac{\omega_4}{\omega_2} = \frac{I_{12}I_{24}}{I_{14}I_{24}}$ $\Rightarrow Q = I_{24}$

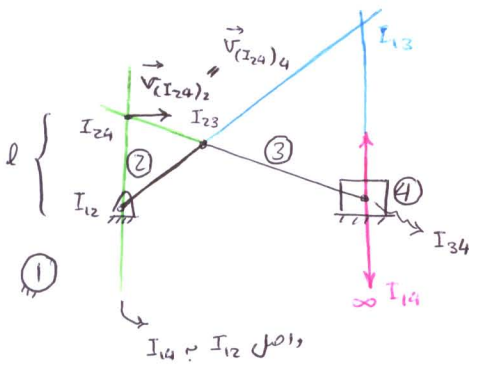
در اینجا چون چرخ‌دنده‌ها گلی بود، مرکز چرخش نسبی باید در افتادن مرکز چرخش مطلق و بنابراین محاس مشترک خارجی انتخاب کردیم.

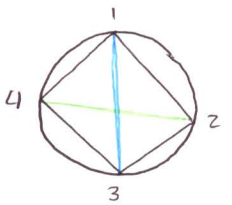
پس اگر تعداد واسطه‌ها فرد باشد، " می‌شود محل تقاطع محاس مشترک خارجی با خط المرکزین.

" " زوج باشد، " " " " " " " " داخلی " " " . (صفر زوج است)

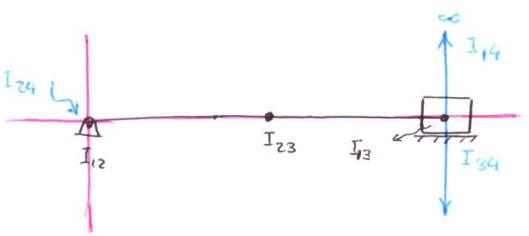
● مثال: لغزنده دارد!

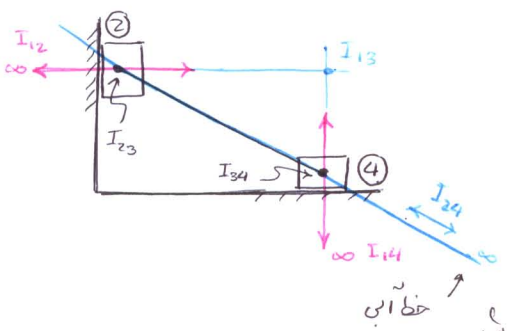
اگر سرعت I_{24} را روی بند z بخواهیم باید ω_2 را در l ضرب کنیم.





حالا نقطه‌ی حرکت را پیدا کنیم:

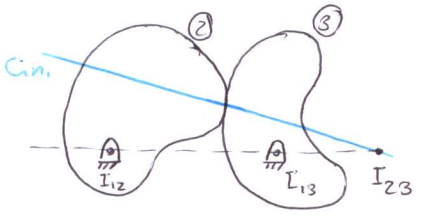


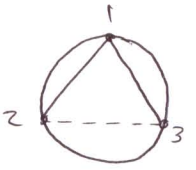


I_{12} و I_{14} هر دو در بی نهایت هستند، پس خطی که این دو را به هم وصل می‌کند در بی نهایت است. این خط، خط آبی را در بی نهایت قطع می‌کند. پس I_{24} در بی نهایت است. حرکت انتقالی نسبی دارند!

I_{24} آنی است، زیرا راستایی که بی نهایت را مشخص می‌کند، خط آبی، هر لحظه زاویه‌اش تغییر می‌کند. (می‌گویند در هندسه اقلیدسی، بی نهایت راستا دارد)

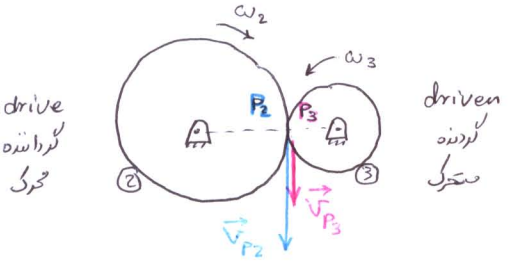
LearnElement.ir





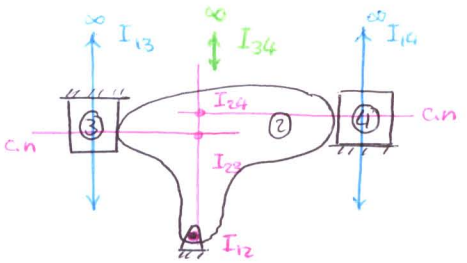
شرط کافی برای اینکه I_{23} علت خالص باشد، این است که بینهایت روی نقطه‌ی تماس.

گذشتن خط المرکزین از نقطه تماس، شرط لازم است.



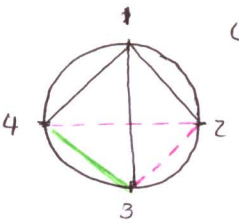
Slippage درصد لغزش

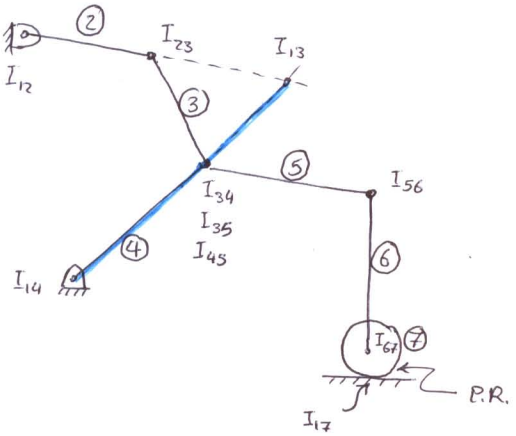
$$\%S = \frac{|\vec{V}_{P_2}| - |\vec{V}_{P_3}|}{|\vec{V}_{P_2}|} \times 100$$



اینجا هم باز دوتا لغزنده داریم و این دو اشتراکی دارند پس I_{34} در بی‌نهایت است.

اگر P.R. باشد، حل است.





در هر گام شدنی همیشه می‌شود تمام اولیه‌ها را پیدا کرد.

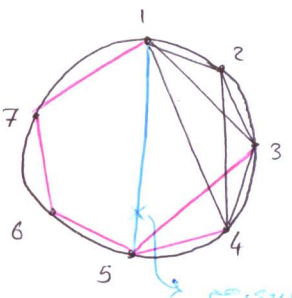
اگر معتبر باشد تمام مرکز چرخش‌ها را می‌شود پیدا کرد.

اولیه: ۹ تا

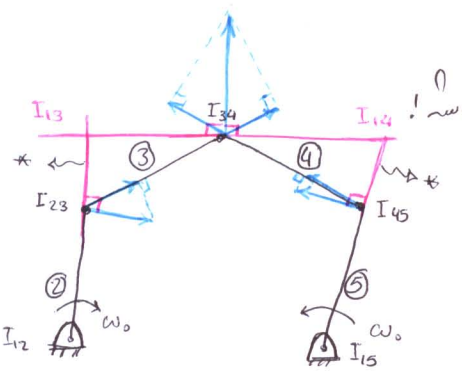
ثانویه: ۲ تا

که بیشتر از این نمی‌شود پیدا کرد.

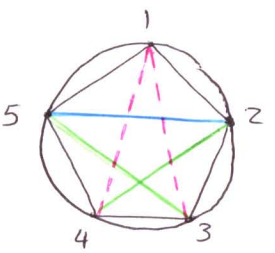
لـ ۱۵ تا موندن



دوتا خط روی هم می‌افتند نمی‌شود پیدا کرد.



دو درجه آزادیه، باید دو ورودی داشته باشه!



$\overline{I_{12}}$ $\overline{I_{13}}$ $\overline{I_{14}}$ $\overline{I_{15}}$

$\overline{I_{23}}$ $\overline{\overline{I_{24}}}$ $\overline{\overline{I_{25}}}$

$\overline{I_{34}}$ $\overline{\overline{I_{35}}}$

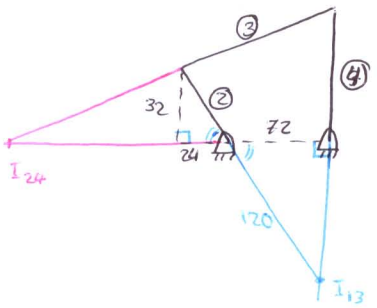
$\overline{I_{45}}$

اول، اولیه‌ها را پیدا می‌کنی. ثانویه‌ها کلاس‌بندی دارند. باید به ترتیب تمام اعضای یک کلاس را پیدا کنی بعد بری سراغ کلاس بعدی!

نکته دیگر آنکه I_{13} و I_{14} بسته به بسته‌ها روی خطوط * بالا و پایین می‌روند.

LearnElement.ir

● مثال عددی:

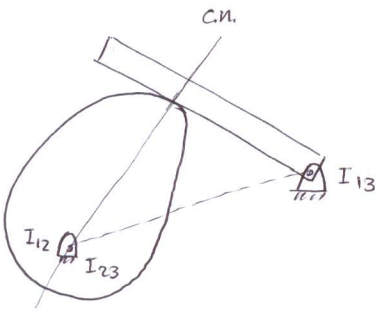


$\omega_2 = 1\ rad/s \qquad \omega_4 = ?$

$$\omega_3 = \frac{\overline{I_{12} I_{23}}}{\overline{I_{13} I_{23}}}\,\omega_2 = 1/4\ rad/s$$

$$\omega_4 = \frac{I_{12} I_{24}}{I_{14} I_{24}}\,\omega_2 = \dots$$

* غلت خالص: غلت همراه با لغزش



اگر بند ② (بادامک) را بیرون c.n. لولا کنیم، غلت همراه با لغزش دارد. (؟)

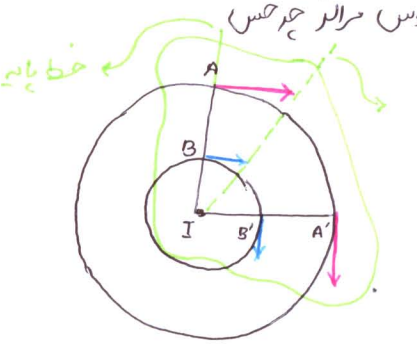
اگر روی c.n. لولا کنیم، لغزش خالص دارد. هیچ سرعتی منتقل نمی‌شود.

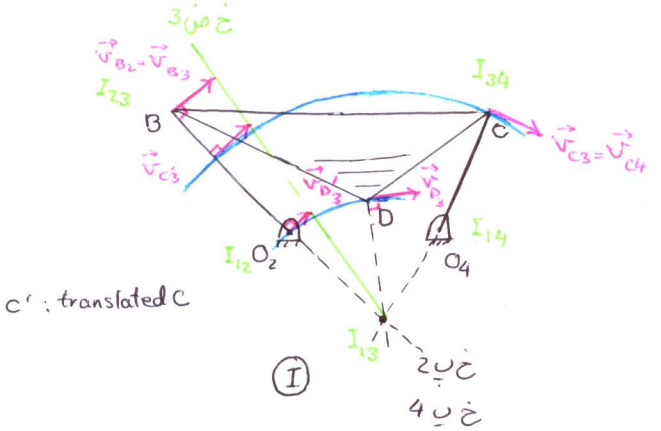
بند ③ به نقطه‌ی مرگ خودش رسیده است و ثابت مانده. Pure Sliding

Negative Drive

۸۸, ۸, ۲۷

* سرعت سنجی به روش مراکز چرخش





دایره‌ی به مرکز I و شعاع IA، هر نقطه روش، تندی‌ای برابر با تندی نقطه A دارد. $|V_A| = |V_{A'}|$

حال اگر سرعت نقطه‌ای روی همان شعاع IA را بخواهیم، به موازات سرعت A خطی رسم می‌کنیم و از تشابه مثلث استفاده می‌کنیم.

$$\frac{|\vec{V}_A|}{\overline{IA}} = \frac{|\vec{V}_B|}{\overline{IB}}$$

⇐ سرعت B ✓

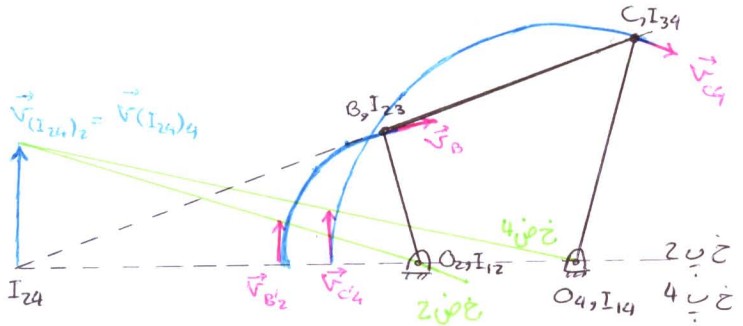
خط ضمیمه: خطی که دربردارنده‌ی انتهای بردار سرعت‌هاست.

اگر سرعت نقطه‌ی B' را بخواهیم، ابتدا و انتهای بردار سرعت نقطه‌ی A را به I وصل می‌کنیم. توسط به مرکز I و شعاع IB' رسم می‌کنیم که خط IA را در نقطه B قطع کند. از نقطه B به خط ضمیمه به موازات بردار سرعت A خطی رسم می‌کنیم. این بردار را به نقطه B' انتقال می‌دهیم.

حالا در شکل (I) سرعت نقاط C و D را سعی می‌کنیم با استفاده از سرعت نقطه B بدست بیاوریم.

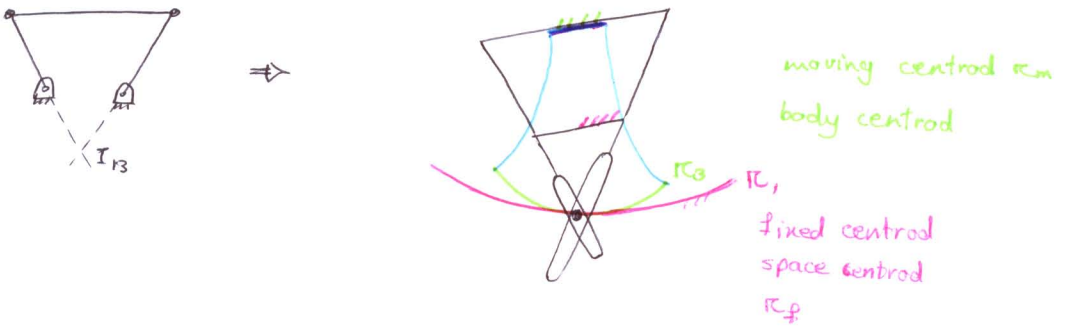
LearnElement.ir

سرعت نقطه‌ی C را با استفاده از نقطه I_{24} بدست می‌آوریم:



همیشه خط پایه‌ها را روی هم می‌اندازیم.

می‌توانستیم به جای اینکه اول $\vec{V}_{C_4}$ را رسم کنیم و بعد $\vec{V}_{C_3}$ را بدست آوریم، $\vec{V}_{(I_{24})}$ را با شعاعش منتقل کنیم و بعد از شباهت مثلث‌ها $\vec{V}_{C_4}$ را بدست آوریم.



مکان هندسی I_{13} نسبت به ① : π_1

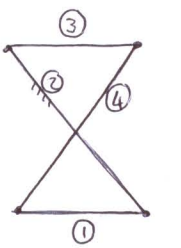
" " " " ③ : π_3

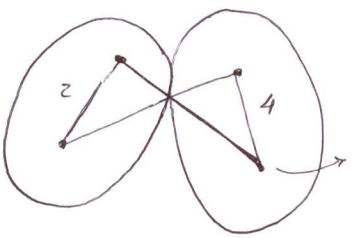
π_1 و π_3 نسبت به هم غلت خالص دارند، چون محل تماسشان مرکز آنی است و سرعت نسبی صفر دارد. به جای 4 میله‌ای می‌شود غلت خالص گذاشت. اگر روی قسمت بنفش فلوئورسانت بزنیم، چراغ را خاموش کنیم و به حرکت قسمت بنفش نگاه کنیم، متوجه نمی‌شویم که بنفشه حال چهار میله‌ای است یا غلت خالص!

- مکانیزم پاد متوازی الاضلاع Anti Parallelogram

روی بند 2 یا 4 می‌ایستیم و f.j. ها را روی بند 1 و 3 قرار می‌دهیم.

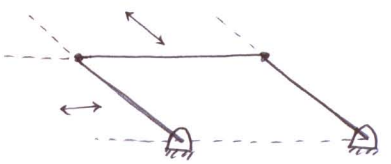
دوتا بیضی به ما می‌دهد (در حالت قبل دوتا دایره شدند)





پین‌ها روی کانون‌ها هستند.

پاد متوازی الاضلاع: متوازی‌الاضلاعی که می‌ره روی C.P. و crossed می‌شود.



I_{13} و I_{24} را در حالت پاد متوازی الاضلاع بدست آورید.

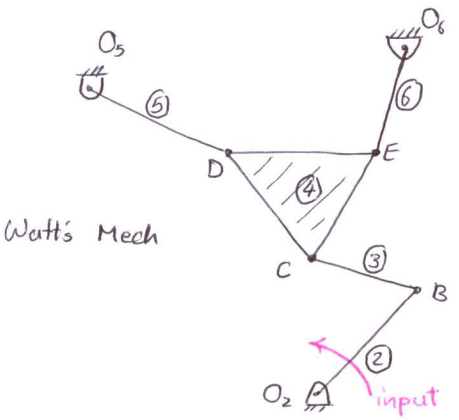
LearnElement.ir

- Ordinary Mechanisms — سازوکار معمولی
- Complex " — پیچیده "
- Floating Link — بند شناور

1) Direct Method
2) Velocity Projection Method
3) I.C. Method

→ Ordinary Meh.

مرکز چرخش نسبی: Floating Link (بند شناور)
مرکز چرخش مطلق: نقطه ثابت



Watt's Mech

اگر ورودی روی بند 2 باشد، مکانیزم وات داریم.
این مکانیزم از روش هایی که خواندیم حل می‌شود.
اگر ورودی به 6 یا 5 وارد شود ⇐ 6 حلقه‌ای نوع دوم

از هرکدام از مسیرها بزنیم، دو بند شناور خواهیم داشت. 2 3 4 5
2 3 4 6

سازوکار پیچیده به سازوکاری می‌گویند که

1) در سازوکار معادل شامل اتصالات مرتبه پایین
2) در هر مسیر ممکن از ورودی به خروجی‌های بالقوه
3) حداقل دو بند شناور پیاپی موجود باشد.

ورودی را بند 2 گرفتیم، دو مسیر 546 و 5432 خواهیم داشت. در مسیر اولی، فقط یک بند شناور دارد ⇐ مکانیزم پیچیده است.

مکانیزم تابع ورودی است یعنی بسته به ورودی اش، می‌تواند ساده یا پیچیده باشد.
مکانیزم های پیچیده را از روش های یاد گرفته شده نمی‌شود حل کرد.
تمام مسیرهای ممکن را چک می‌کنیم.

$$\vec{V}_{C4} = \underbrace{\vec{V}_{B2}}_{\perp O_2B} + \underbrace{\vec{V}_{C3/B3}}_{\perp BC}$$

$$\vec{V}_{C4} = \underbrace{\vec{V}_{D5}}_{\perp O_5D} + \underbrace{\vec{V}_{C4/D4}}_{\perp CD}$$

$$\vec{V}_{C4} = \underbrace{\vec{V}_{E6}}_{\perp O_6D} + \underbrace{\vec{V}_{C4/E4}}_{\perp CE}$$

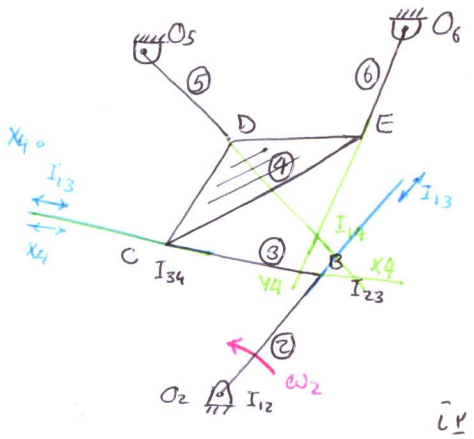
LearnElement.ir

پس با استفاده از این ۴ تا معادله حل می‌شود. از روش‌های زیر استفاده می‌کنیم.

			سرعت‌شناسی	شتاب‌شناسی	قابلیت برنامه‌نویسی
①	Auxillary Point Method	روش نقطه کمکی →	✓	✓	✓
②	I.C. Method	روش مراکز چرخش →	✓	–	✓
③		روش تغییر ورودی - تبدیل معیاس →	✓	–	✓
④	Trail and Error	روش آزمون و خطا →	✓	✓	50%

* روش نقطه کمکی //

← همیشه روی بند شناور دوم.



$$\vec{V}_{X4} = \vec{V}_{B2} + \left[\underbrace{\vec{V}_{C3/B3}}_{\perp BC} + \underbrace{\vec{V}_{X4/C4}}_{\parallel CX}\right]$$

$$= \left[\underbrace{\vec{V}_{D5}}_{\perp O_5D} + \underbrace{\vec{V}_{X4/D4}}_{\perp XD}\right]$$

۴ تا معادله است و 6 مجهول. ولی X دست ماست. پس X را جایی قرار می‌دهیم که ۲ تا بردار آخر $V_{X4/C4}$ و $V_{C3/B3}$ همراستا شوند.

X : بند شناور اول و خروجی بالقوه را اعتدادی دهیم. تا طعش X را می‌دهد.

همیشه این طور نیست که به اندازه خروجی‌های بالقوه، نقطه کمکی داشته باشیم.

اگر ورودی 5 یا 6 باشد و سرعت 2 صفر شود ← نقطه حرکت

" " 2 " " 2 " " " ← " " (ورودی صفر شده)

برای تعیین محل نقطه X، می‌دانیم سرعت $V_{C3,B3}$ عمود بر BC است، سرعت $V_{X4/C4}$ هم باید عمود بر XC باشد ⇐ برای اینکه عمودها همراستا شوند، BC و XC باید همراستا باشند ⇐ X باید روی امتداد BC باشد.

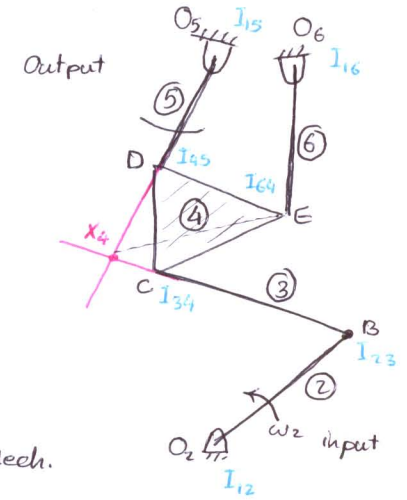
از طرفی $\vec{V}_{D5}$ باید عمود بر O_5D باشد و $\vec{V}_{X4/D4}$ هم باید عمود بر XD باشد ⇐ برای همراستا شدن سرعت‌ها O_5D باید با XD همراستا باشد ⇐ X باید روی امتداد O_5D باشد.

حالا اگر X_4 و Y_4 روی هم بیفتند در واقع روی I_{14} (مرکز آنی دوران) می‌افتند. در شکل بالا I_{14} روی BC نیفتاده ولی اگر بیفتد ⇐ I_{13} روی شکل به رنگ آبی نشان داده شده که به این ترتیب روی نقطه B با I_{23} می‌افتد. بند ② دو تا نقطه دارد که سرعت صفر دارند ⇐ بند ② که ورودی است متصل می‌شد ⇐ موتور وصل شده بهش دور می‌کند.

LearnElement.ir

۸۸,۹,۲

ادامه جلسه پیش:



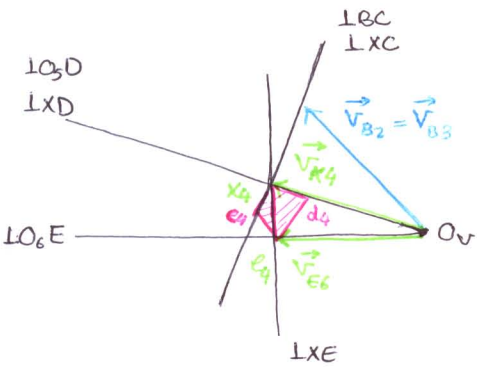
1) $\vec{V}_{X4} = \underbrace{\vec{V}_{B2}}_{(O_2B)\omega_2 \uparrow \perp O_2B} + [\underbrace{\vec{V}_{C3/B3}}_{\perp BC} + \underbrace{\vec{V}_{X4/C4}}_{\perp CX}]$ (o✓)

$= [\underbrace{\vec{V}_{D5}}_{\perp O_5D} + \underbrace{\vec{V}_{X4/D4}}_{\perp XD}] \Rightarrow \vec{V}_{X4}$ (o✓)

2) $\underbrace{\vec{V}_{D5}}_{\perp O_5D} = \vec{V}_{X4} + \underbrace{\vec{V}_{D4/X4}}_{\perp XD} \Rightarrow \vec{V}_{D5}$ (o✓, v✓, v✓)

یعنی شود چون دوتا ✗ خطای افتادروی هم!

از نقاطی که قبلاً به عنوان نقطه‌ی کمکی استفاده کردی، دقیقاً یعنی توش استفاده کنی! (+۹)



2) $\underbrace{\vec{V}_{E6}}_{\perp O_6E} = \vec{V}_{X4} + \underbrace{\vec{V}_{E4/X4}}_{\perp XE} \Rightarrow \vec{V}_{E6}$ (o✓, v✓, o✓, v✓)

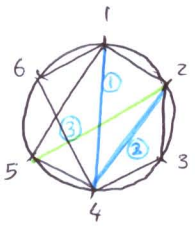
3) $\begin{cases} \Delta EXD \sim \Delta e_4x_4d_4 \\ \Delta EXC \sim \Delta e_4x_4c_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} \vec{V}_{D4} = \vec{V}_{D5} \\ \vec{V}_{C4} = \vec{V}_{C3} \end{matrix}$ (v✓, v✓)

بهتر است از نقاط کمکی استفاده کنید که خروجی در آنها راحل تست!

$\omega_5 = \frac{|\vec{V}_{D5}|}{O_5D}$ C.W. $\quad \omega_4 = \frac{|\vec{V}_{X4/C4}|}{CX}$ C.W.

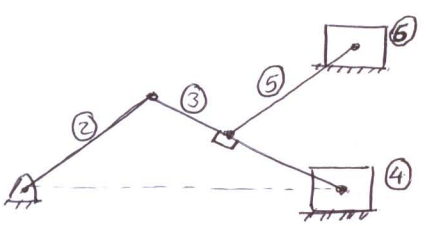
$\omega_6 = \frac{|\vec{V}_{E6}|}{O_6E}$ C.W $\quad \omega_3 = \frac{|\vec{V}_{C3/B3}|}{BC}$ C.C.W.

حالا به دنبال کوتاه‌ترین راه با استفاده از حرکات آنی دوران هستیم. I_{25} لازم است.



اگر هوشمندانه برید، مثلاً می‌شود اول I_{14} بعد I_{24} بعد I_{25} را پیدا کرد.

بهترین کتاب برای این بخش، هولوهنکو است، از استاد بگیرید!



اگر ورودی روی ۲ باشد، اول با فشار بندی، لنگرنده لنگی را حل می‌کنیم

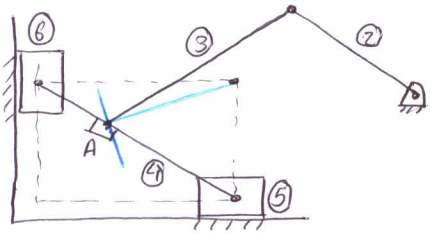
و بعد می‌رویم سراغ ۵ و ۶. ولی اگر روی ۶ باشد، همان Watt است

که دوتا بندش بی‌نهایت شده‌است.

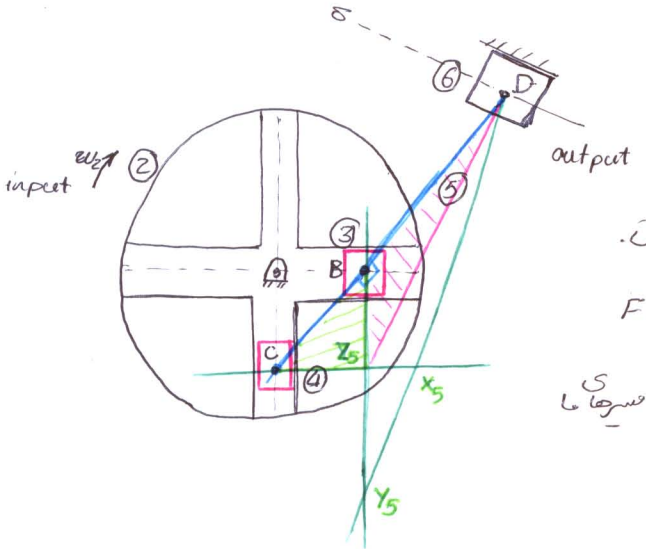
در این حالت باید از دوتا بند شناور عبور کنی!

LearnElement.ir

این مکانیزم ترکیب بیضی نگارد ۴ میله‌ای است.



اگر ورودی روی 5 یا 6 باشد، پیچیده نیست. (راستای سرعت A را می‌دانیم)
اگر ورودی روی 2 باشد، Watt است. اگر A وسط بند 4 باشد، مسیرش را داریم و دیگر به نقطه گمکی نیازی نداریم.



به مکانیزم دیگه: Wänzer Needle-Bar Mech.

5 و 3 و 4 شناور هستند.

یک بیضی نگار است که می‌چرخد و به یک لغزنده وصل شده است.

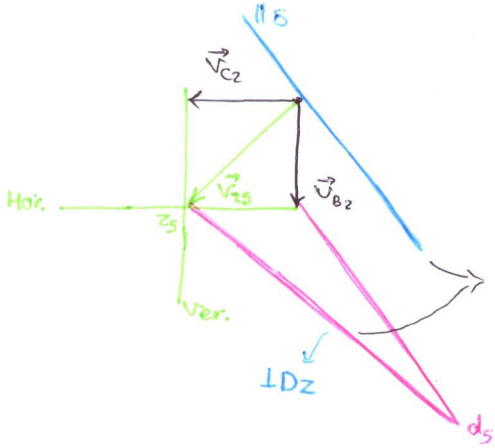
$F = 2+3-2\times2 = 1$

از میان این ۴ سری، سری‌های ما که خروجی در آن 2356 یا 2456 وصلی نیست، ما را به جواب می‌رسانند.

23542 ✓ → Z_5

$$\vec{V}_{Z5} = \underbrace{\vec{V}_{B2}}_{(O_2B)\omega_2 \downarrow,\ \perp O_2B} + \left[\vec{V}_{B3/2} + \vec{V}_{Z5/B5}\right] = \underbrace{\vec{V}_{C2}}_{(O_2C)\omega_2 \leftarrow,\ \perp O_2C} + \left[\vec{V}_{C4/2} + \vec{V}_{Z5/C5}\right]$$

حالا با مثلث بندی می‌رسیم به ⑥!



$$\underbrace{\vec{V}_{D6}}_{\parallel\delta} = \vec{V}_{Z5} + \underbrace{\vec{V}_{D5/Z5}}_{\perp Dz}$$

این دو تا به کم جلوتر همدیگه رو قطع می‌کنند.

بدست آوردن سرعت‌های خیلی بالا غیرممکن است.
اگر δ و خط‌محور بر Dz موازی بودند، سرعت 6 خیلی بالا (یعنی بی‌نهایت) بود. (نگویید چرا نمی‌شود!)

* یکی دیگه از روش‌ها، تقویض دورانی است.

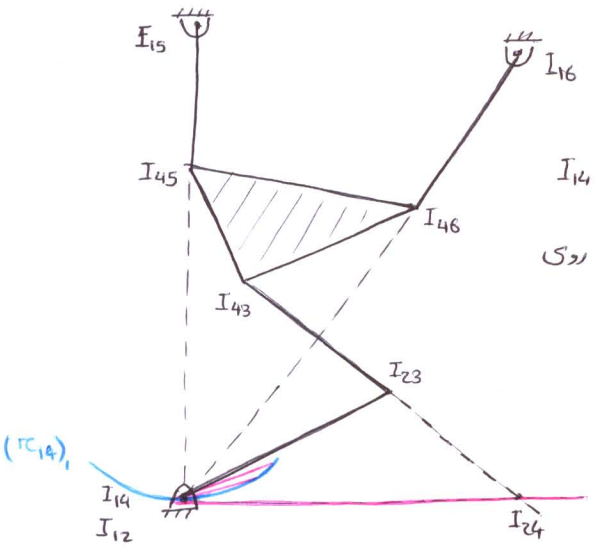
مثلاً در مکانیزم Watt اول جلسه، فرض کن $\hat{\omega}_5 = 1\ \frac{rad}{s}$ و بیاید باشد (این درحالی است که ω_2 معمولاً حدود $600\ \frac{rad}{s}$ است.

حالا اگر برعکس حل کنی بیای تا 2، ω_2 یک سرعت مفتی بدست می‌آید. حالا همتاس شکل را به صورت $\frac{\hat{\omega}_2}{\omega_2}$ بدست می‌آوریم و شکل را یک بار scale می‌کنیم و حواسمان باشد که سرعت‌ها مفتی هستند. پس باید نمودار سرعت‌ها را 180° هم بچرخانیم.

اگر $\hat{\omega}_2$ هم علامت ω_2 بدست آمده بود، دیگه لازم نبود 180° بچرخانیم.

LearnElement.ir

۸۸/۹/۴

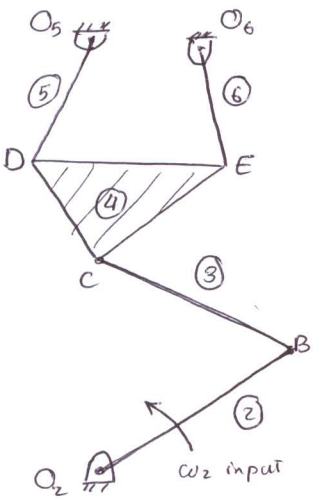


- حالت خاصی از مکانیزم وات :

I_{24} را می‌خواهیم . راهش خط‌کشی هندسی است. مکان هندسی I_{14} را رسم کن و مماس براین منحنی علتان را در همان لحظه‌ای که I_4 روی I_{12} قرار می‌گیرد رسم کن.

* آخرین روش : روش آزمون و خطا ← هم برای سرعت و هم برای شتاب برقرار است .

سرعت نقطه‌ی C را از ۳ مسیر پیدا می‌کنیم .

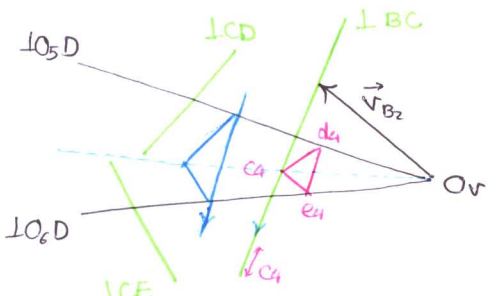


$$\vec{V}_{C4} = \underbrace{\vec{V}_{B2}}_{(O_2B)\omega_2 ,\ \perp O_2B} + \underbrace{\vec{V}_{C3/B3}}_{\perp BC}$$

$$= \underbrace{\vec{V}_{D5}}_{\perp O_5D} + \underbrace{\vec{V}_{C4/D4}}_{\perp CD}$$

$$= \underbrace{\vec{V}_{E6}}_{\perp O_6E} + \underbrace{\vec{V}_{C4/E4}}_{\perp CE}$$

یک چیز هم داریم $\Delta CDE \sim \Delta C_4 d_4 e_4$



حالا اگر برویم در صفحه‌ی سرعت ها ، می‌دانیم c_4 روی هرسه خط سبز است. یک نقطه روی خط ⊥BC درنظر می‌گیریم و از آن خطوطی به موازات دوخط دیگر سبز می‌کشیم ، این نقطه را حالا آنقدر تغییر می‌دهیم تا مثلث حاصل با مثلث CDE متشابه شود.

یک روش تحلیلی برای این روش برای این مسئله خاص وجوددارد . با استفاده از تجانس مثلث ها !

LearnElement.ir