اتوماسیون

دکتر پدرام پیوندی

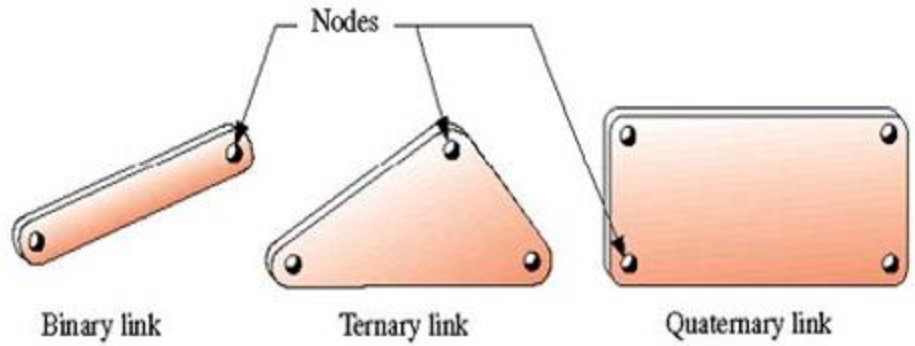
بخش مکانیک-قسمت اول

- **مکانیک**: بخشی از علوم که حرکات، نیروها و زمان را در بر می گیرد.
  - ✓ **استاتیک** : زمان نقشی ندارد
  - ✓ **دینامیک** : زمان تاثیر دارد

- **دینامیک (Dynamics)**: دانش بررسی اجسام تحت تاثیر نیروها
  - ✓ **سینماتیک**: دانش بررسی حرکت محض بدون در نظر گرفتن نیروها
  - ✓ **سینتیک**: دانش بررسی حرکت اجسام با در نظر گرفتن نیروهای وارده

- **ماشین (Machine)**: وسیله ای است برای تغییر فرم و انتقال انرژی
  - ✓ موتور الکتریکی ⟸ تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی
  - ✓ ژنراتور ⟸ تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی

- **جسم صلب (Rigid)**: جسمی است که فاصله هر دو نقطه از آن همواره ثابت باقی می ماند، حتی اگر جسم حرکت کند یا تحت تاثیر نیروهای خارجی قرار داشته باشد.
- **بند (Link)**: مجموعه ای از قطعات که با هم حرکت کرده و می توان آنها را به عنوان یک جسم صلب واحد در نظر گرفت.



- **حرکت صفحه ای:** مسیر حرکت تمام ذرات جسم صلب در یک صفحه و یا در صفحات موازی با یکدیگر می باشد.

درجه آزادی (Degree of Freedom)

- **تعریف**: تعداد پارامترهای مستقل یا حداقل تعداد پارامترهای لازم برای تبیین یا تعیین وضعیت یک جسم
- **مفهوم:** درجه آزادی یک سیستم دینامیکی تعداد پارامترهای لازم برای تعیین تمامی مولفه های دینامیکی آن سیستم است. مثلاً در یک مکانیزم یک درجه آزادی با معلوم بودن سرعت زاویه ای یک عضو، سرعتها و سرعت زاویه ای های بقیه اعضا قابل محاسبه هستند.
- **جسم صلب**

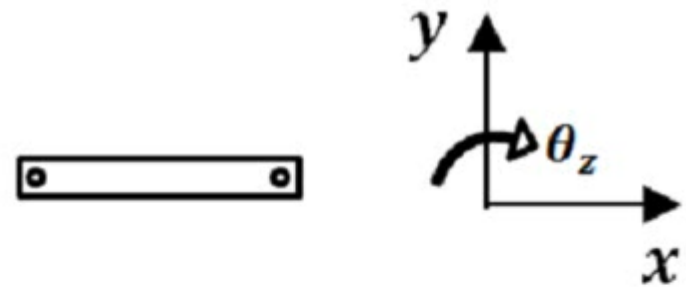
❖ در فضا دارای ۶ درجه آزادی دارد (۳ درجه آزادی حرکت انتقالی و ۳ درجه آزادی حرکت دورانی)

❖ در صفحه ۳ درجه آزادی دارد (۲ درجه آزادی حرکت انتقالی و یک درجه آزادی مربوط به دوران)

درجه آزادی (Degree of Freedom)

جسم صلب

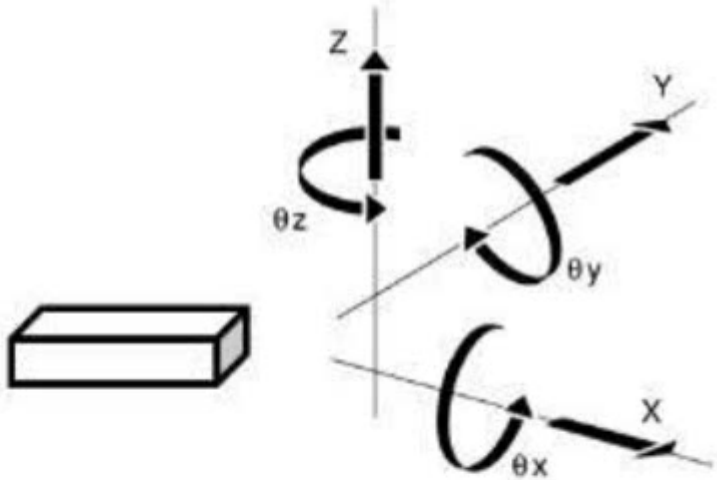
حرکت صفحه‌ای (دوبعدی)



(x, y, θ_z)

۳ درجه آزادی

حرکت فضایی (سه بعدی)



$(x, y, z, \theta_x, \theta_y, \theta_z)$

۶ درجه آزادی

مفاصل

- **مفصل:** محلی است بین دو رابط که از طریق آن حرکت و نیرو از رابطی به رابط دیگر منتقل می گردد.

❑ **الف) اتصالات J1:** اتصالات یک درجه آزادی(محدود کننده دو درجه آزادی)

❑ **ب) اتصالات J2:** اتصالات دو درجه آزادی (محدود کننده یک درجه آزادی)

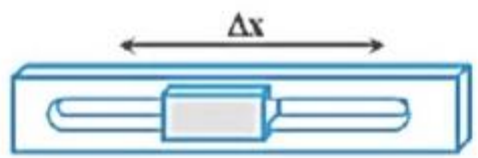
➢ در اتصالات J1، دو عضو متصل دارای یک درجه آزادی نسبت به هم بوده و دو درجه آزادی محدود میشود.

➢ در اتصالات J2، دو عضو متصل دارای دو درجه آزادی نسبت به هم بوده و یک درجه آزادی محدود میشود.

انواع مفاصل

- **اتصال لولا یا مفصلی(Revolute)** : از سه درجه آزادی دو درجه را محدود کرده و تنها یک درجه را باقی می گذارد. بین دو رابط فقط حرکت نسبی زاویه ای امکان پذیر است. اتصال لولایی یک اتصال یک درجه آزادی است.
- **اتصال لغزنده (Slider)**: از سه درجه آزادی دو درجه را محدود کرده و تنها درجه آزادی باقی مانده جابجایی خطی است. این هم یک اتصال یک درجه آزادی است که در آن فقط یک حرکت نسبی خطی بین دو رابط وجود دارد.

اتصال مفصلی



اتصال لغزشی

اتصال یک درجه آزادی

انواع مفاصل

- **اتصال غلتش خالص (Rolling Pure)** : از سه درجه آزادی دو درجه را محدود کرده و تنها درجه آزادی باقی مانده زاویه چرخش یا جابجایی روی طول قوس تماس است.

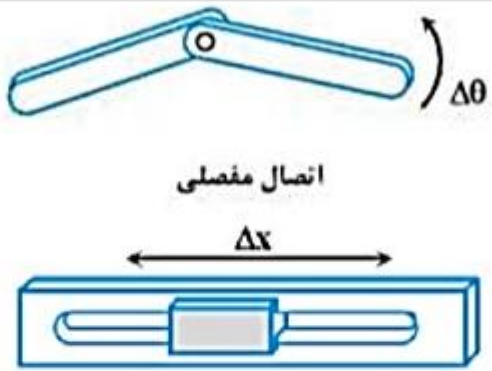
✓ چون این دو پارامتر به هم وابسته اند این اتصال از نوع J1 است.

- **اتصال غلتش همراه با لغزش (Slide-Roll)**: از سه درجه آزادی یک درجه را محدود کرده و دو درجه آزادی باقی مانده زاویه چرخش و جابجایی روی طول قوس تماس است.

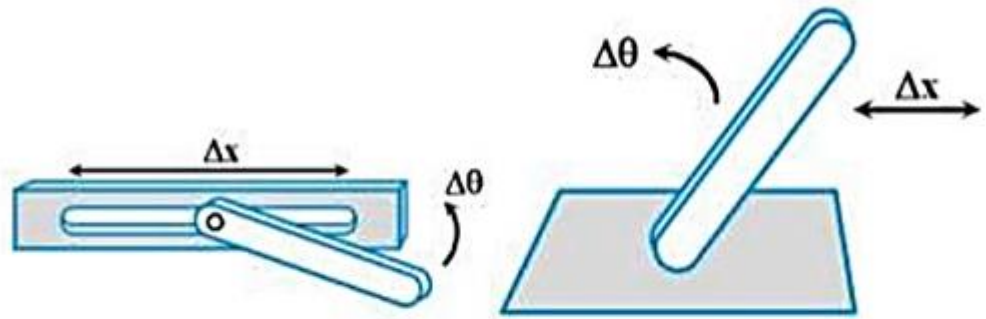
✓ چون این دو پارامتر از هم مستقلند این اتصال از نوع j2 است.

- **اتصال پوششی(Pair Wrapping)** : یک سیم، تسمه، زنجیر یا هر عضو انعطاف پذیر و بدون قابلیت تغییر طول است که دو بند بدون تماس مستقیم را به هم وصل‌می کند. از سه درجه آزادی یک درجه را محدود کرده و دو درجه آزادی باقی مانده چرخش جسم حول محل تماس اتصال و انتقال منحنی الخط حول محل دیگر تماس اتصال است. این اتصال از نوع j2 است.

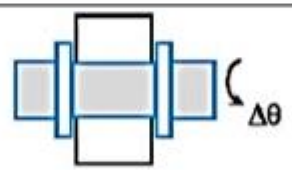
انواع مفاصل



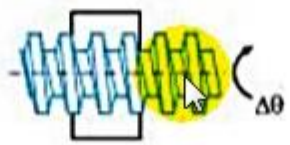
اتصال یک درجه آزادی



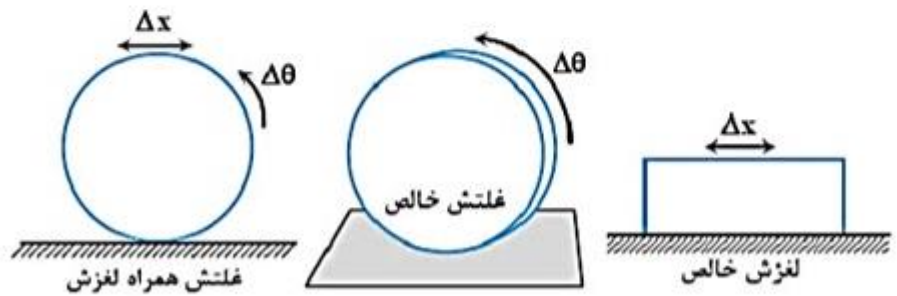
اتصال غلتشی- لغزشی (اتصال دو درجه آزادی)



جفت چرخشی (اتصال یک درجه آزادی)

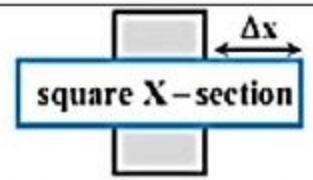


جفت مارپیچی (یک درجه آزادی)

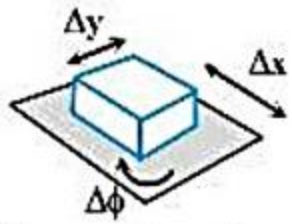


غلتش خالص یا لغزش خالص (۱ درجه آزادی) غلتش همراه با لغزش ۲ درجه آزادی

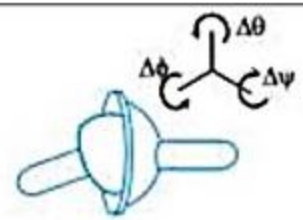
انواع مفاصل



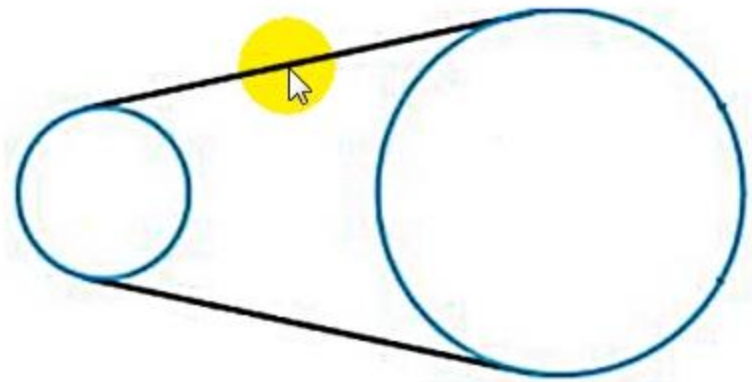
جفت لغزشی (یک درجه آزادی)



جفت سطحی (سه درجه آزادی)



جفت کروی (سه درجه آزادی)



اتصال پوششی (اتصال دو درجه آزادی)

$\Delta\theta$ و ΔS

رابطه درجه آزادی گروبلر

- **روش بدست آوردن فرمول درجات آزادی:**
  - اگر تعداد رابط ها **n** باشد به ازای هر رابط ۳ درجه آزادی خواهیم داشت: (3n)
  - به دلیل وجود لینک ثابت (زمین) سه درجه آزادی کم می شود: (3n-3)
  - به ازای هر اتصال یک درجه آزادی دو محدودیت (قید) ایجاد می شود.
  - به ازای هر اتصال دو درجه آزادی یک محدودیت ایجاد می شود.

$$f = 3(n-1) - 2j_1 - j_2$$

تعداد درجات آزادی مکانیزم(صفحه ای)

تعداد اتصالات ۱ درجه آزادی

تعداد اتصالات ۲ درجه آزادی

برای مکانیزم ها : $f \geq 1$

برای سازه ها : $f < 1$

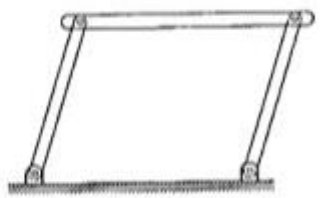
زنجیره سینماتیکی

- **زنجیره سینماتیکی(Chain Kinematic)** : تعدادی از اعضای صلب که میتوانند نسبت به هم دارای حرکت نسبی باشند.

✓ **نکته:** هر زنجیره سینماتیکی که دارای یک درجه آزادای باشد یک **مکانیزم** را تشکیل میدهد.

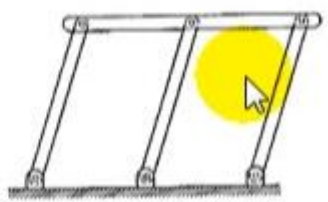
✓ **نکته:** هرگاه درجه آزادی یک مکانیزم مساوی صفر شود مکانیزم را صلب نامیده و به آن **سازه** گفته می شود.

در موارد خاص و استثنائی فرمول ممکن است جواب نا صحیح دهد.



$f = 1$.✓

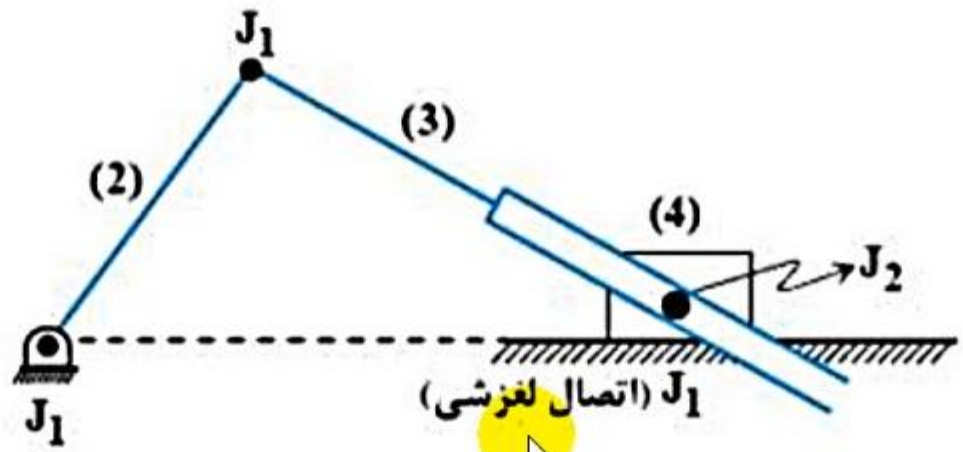
اما اگر میله ای اضافه شود



$n = 5,\ j_1 = 6,\ j_2 = 0 \Longrightarrow f = 3(5-1) - 2(6) = 0$

غیر قابل قبول

مثال



زنجیره سینماتیکی غیرمقید

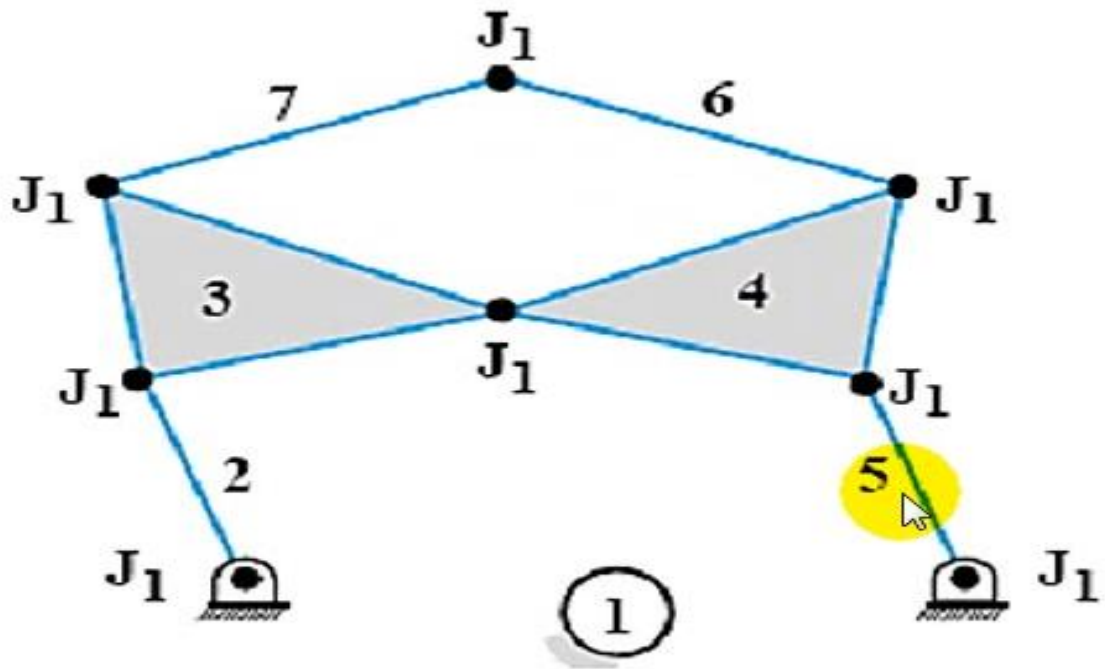
تعداد اعضای مکانیزم $n = ۴$

تعداد اتصالات یک درجه آزادی $f_۱ = ۳$

تعداد اتصالات دو درجه آزادی $f_۲ = ۱$

$$DOF = ۳(n-۱) - ۲f_۱ - f_۲ = ۳(۴-۱) - ۲\times ۳ - ۱ = ۲$$

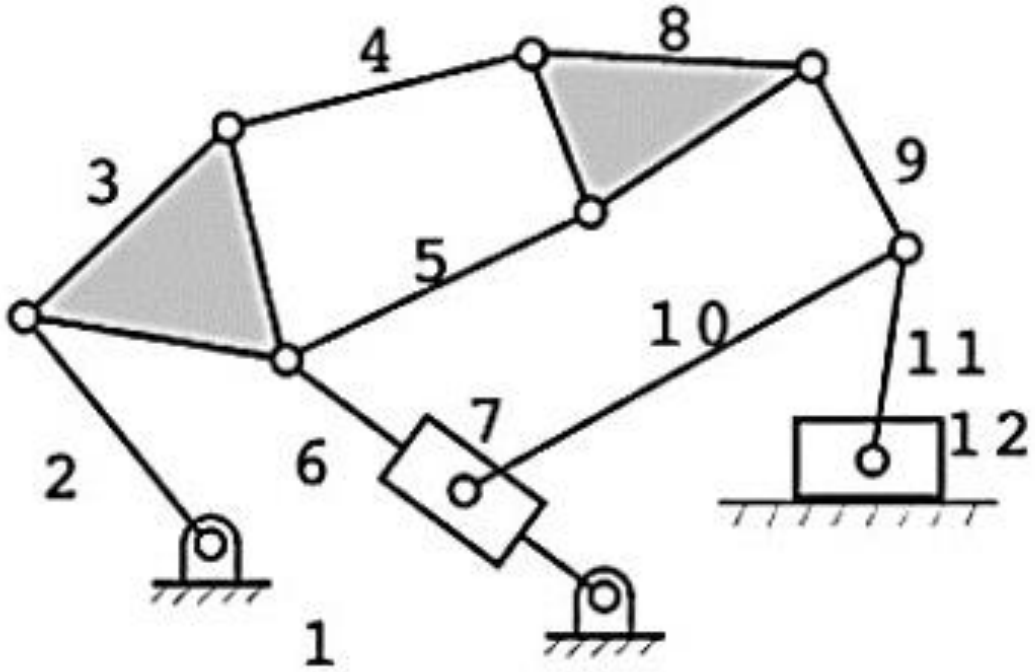
مثال



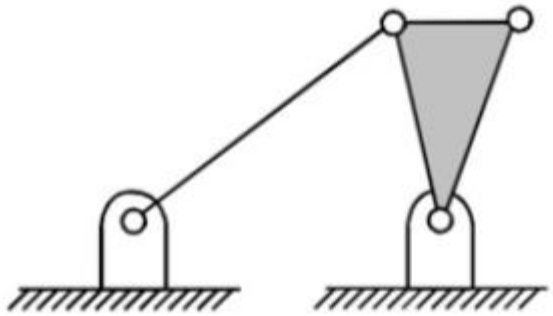
تعداد اعضای مکانیزم $n = ۷$

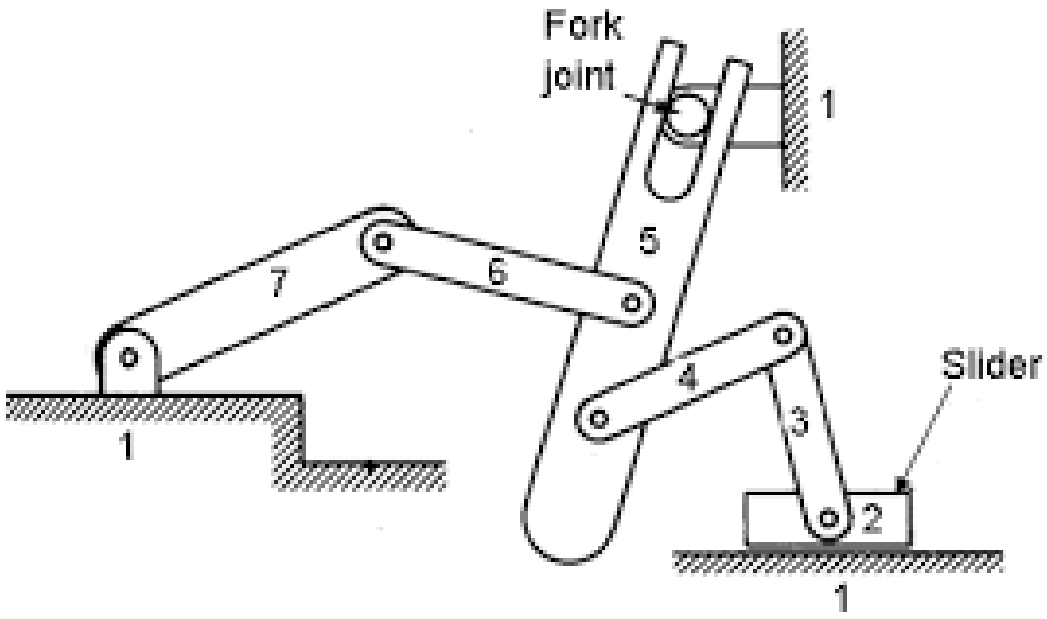
تعداد اتصالات دو درجه آزادی $f_۲ = ۰$؛ تعداد اتصالات یک درجه آزادی $f_۱ = ۸$

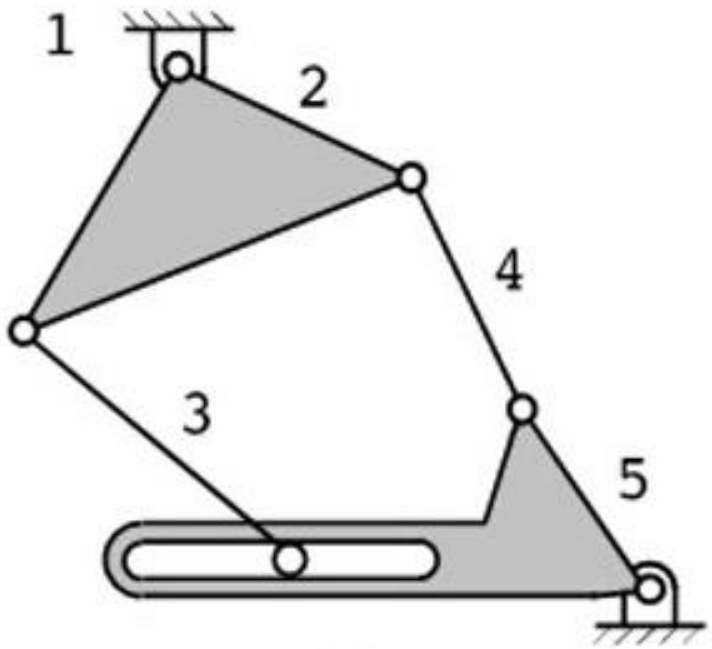
$$DOF = ۳(n-۱) - ۲f_۱ - f_۲ = ۳(۷-۱) - ۲\times ۸ - ۰ = ۲$$



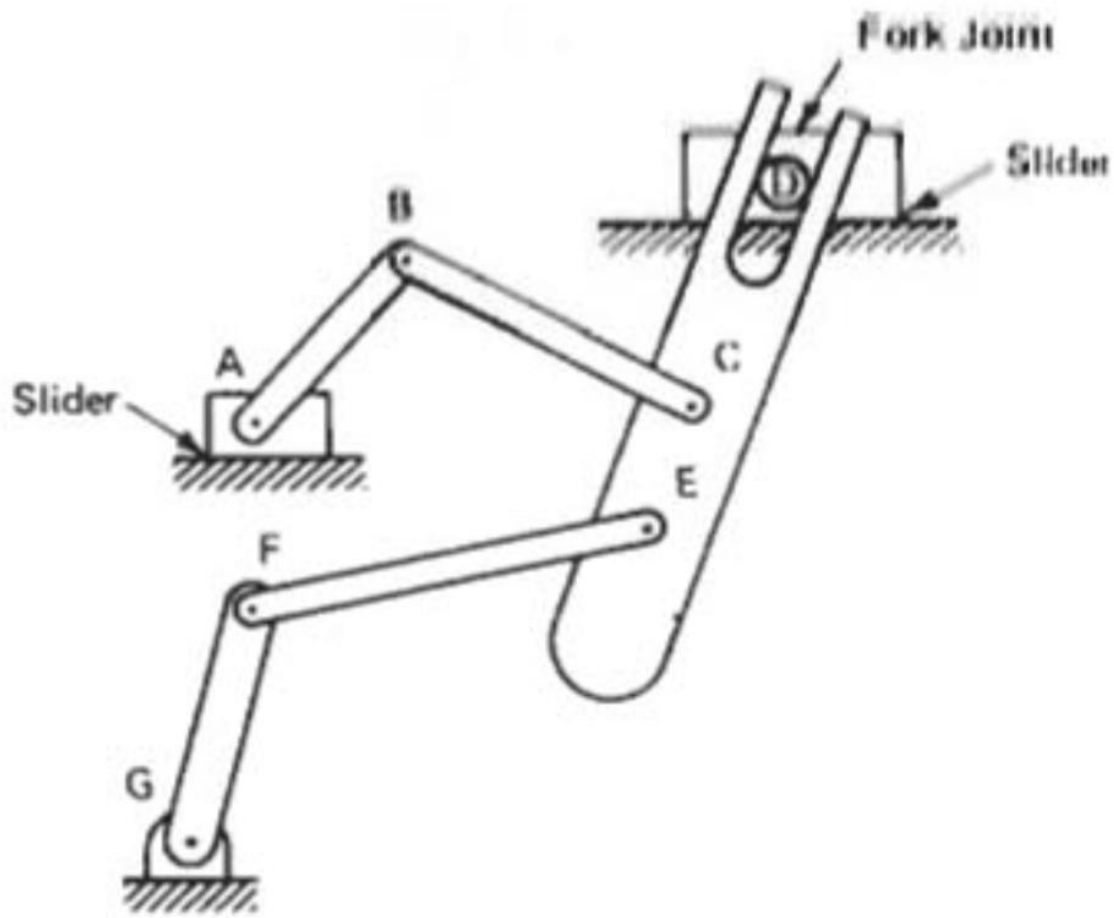
(a)



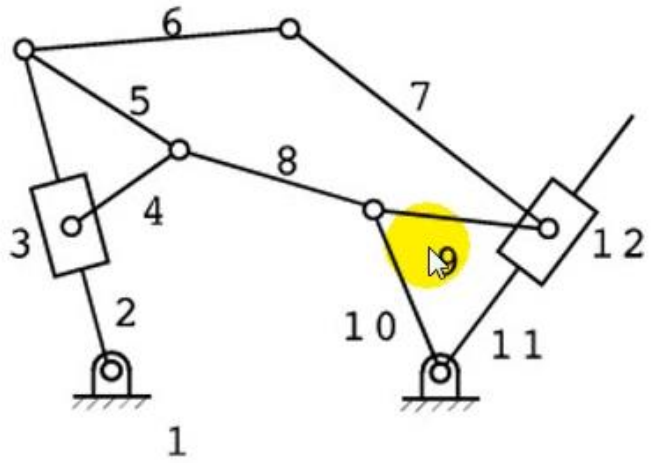




(a)



(a)



(c)

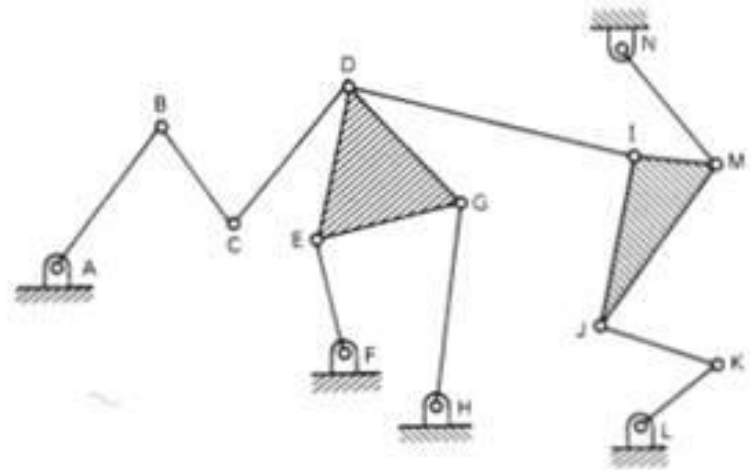
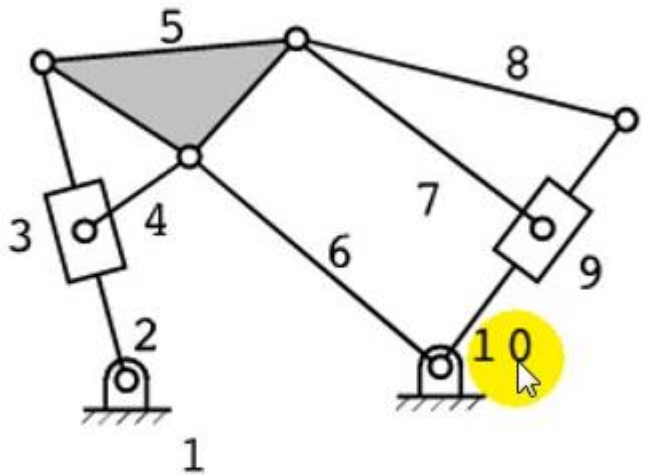


Figure P1.43



(c)

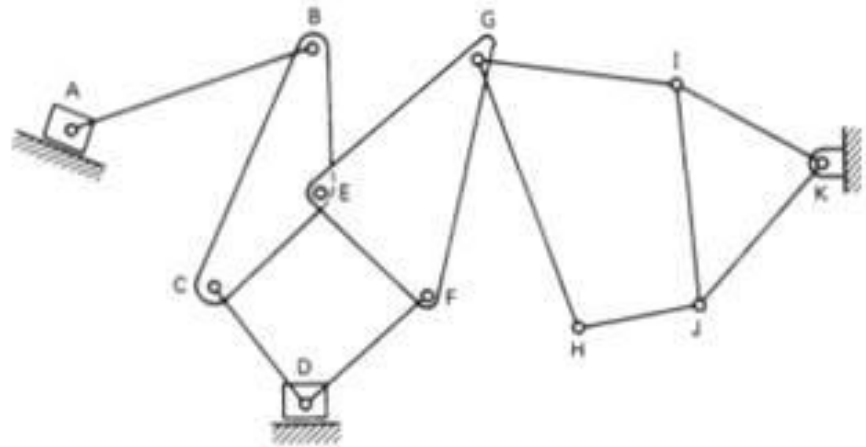
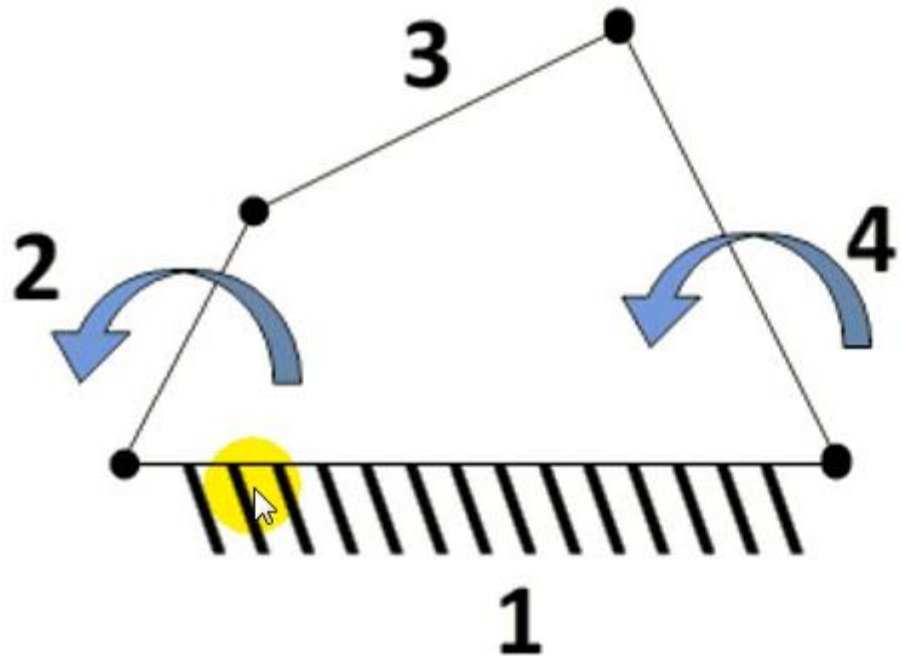


Figure P1.44

مکانیزم چهار میله ای

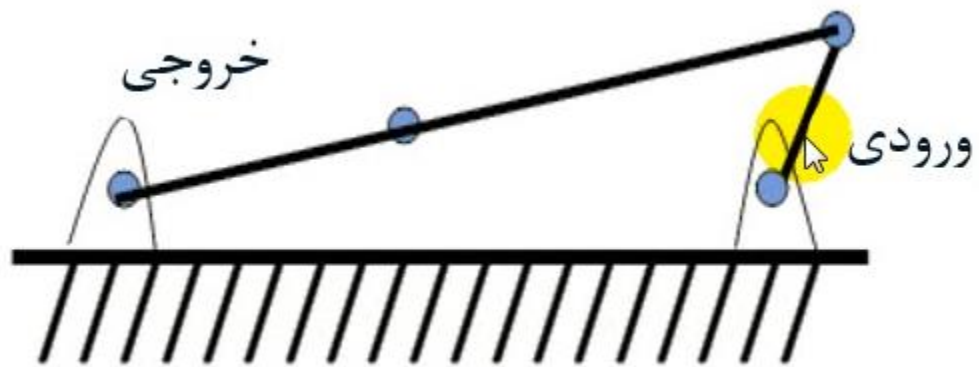
- از ۴ رابط صلب و ۴ اتصال مفصلی درست شده است.
- مکانیزم ۴ میله ای ساده ترین مکانیزم است.
- نوع حرکت رابط ها (دوران کامل) بستگی به طول نسبی رابط ها دارد.



مکانیزم چهار میله ای

- **حالت قفل شدن (toggle)**

اگر خروجی و رابط قبلی آن در یک راستا باشد مطابق شکل ممکن است حالت قفل شدن بوجود آید (کاربرد : انبر قفلی)



معیار گراشف

- **لنگ (Crank)**: لینکی که می تواند دوران کامل (۳۶۰ درجه) داشته باشد.
- **آونگ (Rocker)**: لینکی که نمی تواند دوران کامل (۳۶۰ درجه) داشته باشد.

✓ برای یک مکانیزم ۴ میله ای صفحه ای برای اینکه یکی از رابط ها (معمولا رابط کوچکتر) بتواند نسبت به یکی از ۳ رابط دیگر دوران کامل انجام دهد لازم و کافی است که :

$$s + l \leq p + q$$

طول کوتاهترین رابط

طول بلندترین رابط

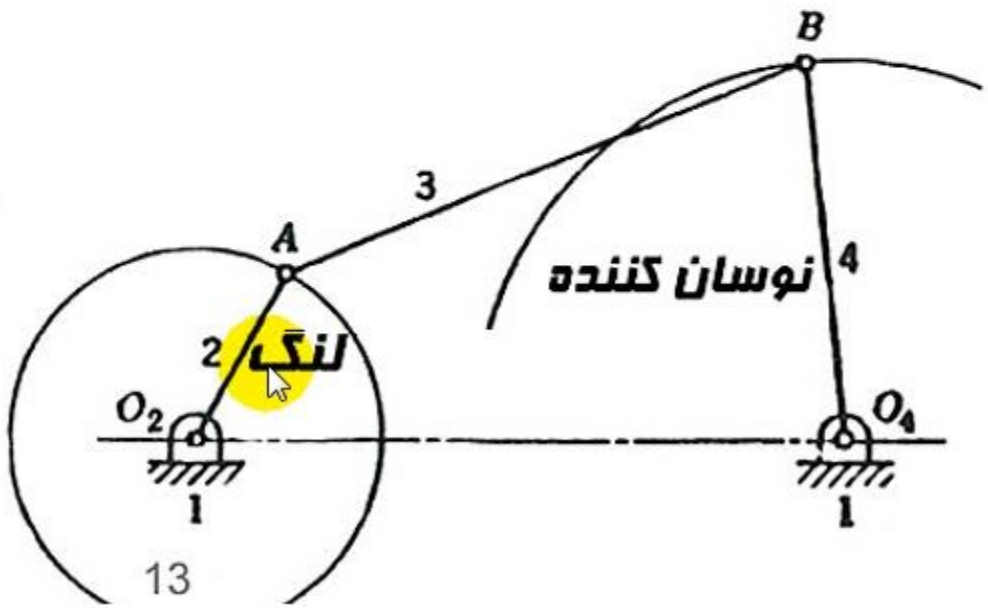
طول دو رابط دیگر

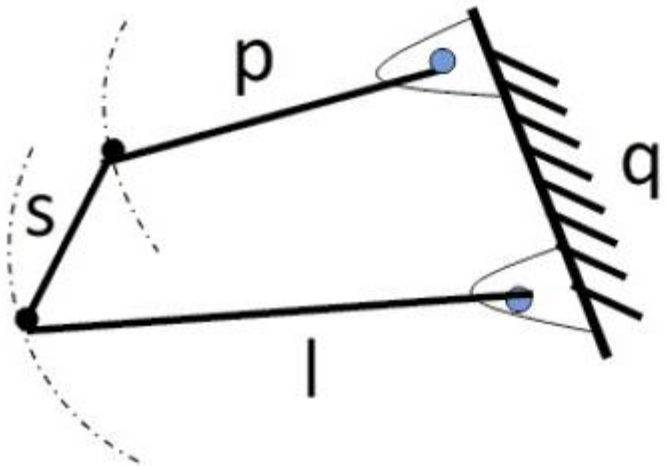
معیار گراشف

- **دگرگونه های مکانیزم ۴ میله ای گراشفی**

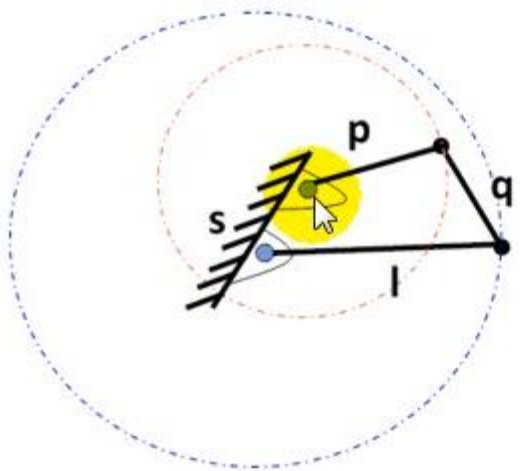
✓ کوتاه ترین لینک مجاور لینک ثابت (زمین) باشد: مکانیزم لنگ - نوسان کننده (آونگ)

✓ crank-rocker mechanism





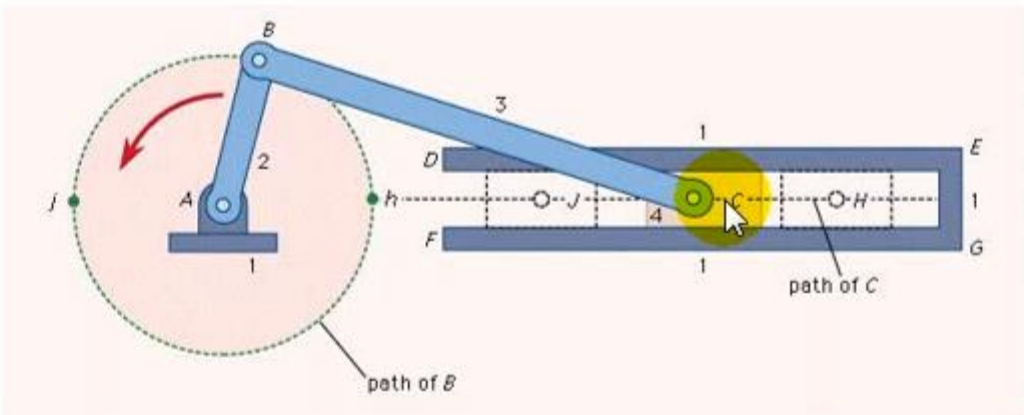
- ✓ کوتاه ترین لینک روبروی لینک ثابت باشد: مکانیزم آونگ-آونگ



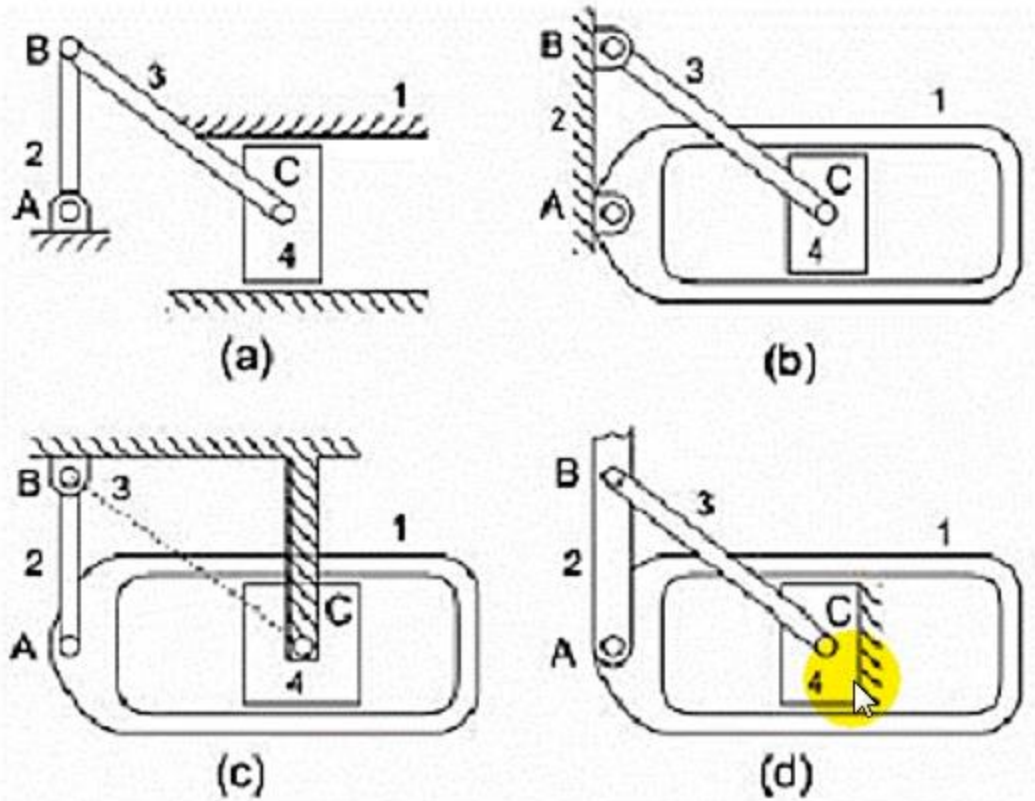
- ✓ کوتاه ترین لینک همان لینک ثابت (زمین) باشد: مکانیزم لنگ-لنگ

برگردان (Inversion)

- **تعریف**: مکانیزم های مختلفی که از یک زنجیره سینماتیک بدست می آیند (هر بار یکی ازرابط ها ثابت است)
  - بنابراین به تعداد رابط ها برای هر زنجیره سینماتیک دگرگونه خواهیم داشت.
  - نوع اتصال بین دو رابط در تمام دگرگونه ها یکسان است و تغییر نمی کند.
- **مکانیزم لنگ- لغزنده :** همان مکانیزم ۴ میله ای است که یکی از اتصالاتش لغزشی می باشد.
  - مهمترین کاربرد های این مکانیزم در موتور های احتراق داخلی و کمپرسور های پیستونی می باشد.



برگردان (Inversion)



- **دگرگونه های مکانیزم لنگ-لغزنده :**

۱-رابط ۱ ثابت باشد. (مکانیزم اصلی لنگ-لغزنده)

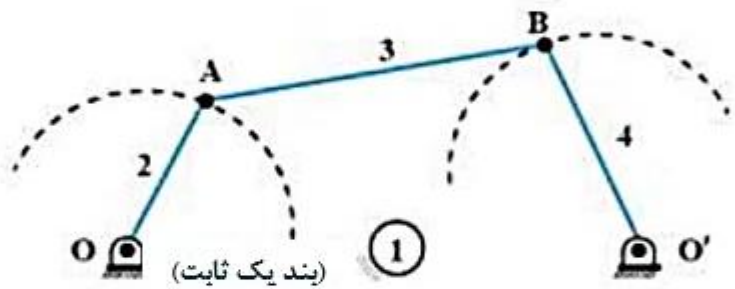
۲-میله رابط ثابت باشد. (مکانیزم میله نوسان کننده)

۳-میله ۲ ثابت باشد. (مکانیزم موتور های گردان)

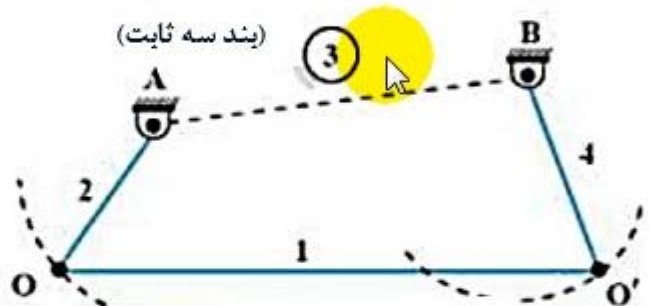
۴-عضو ۴ (لغزنده) ثابت باشد. (مکانیزم نوعی پمپ دستی)

برگردان (Inversion)

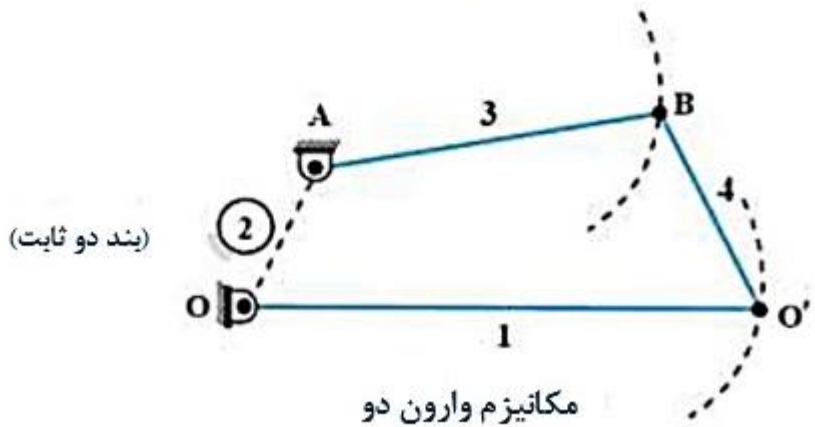
گردان های یک مکانیزم چهار میله ای



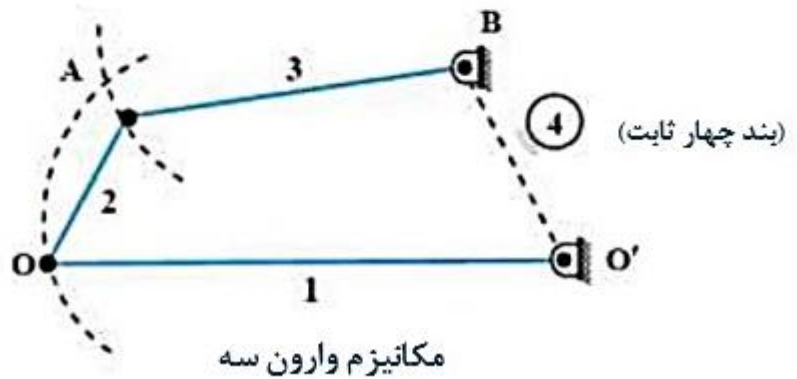
مکانیزم اصلی



مکانیزم وارون یک



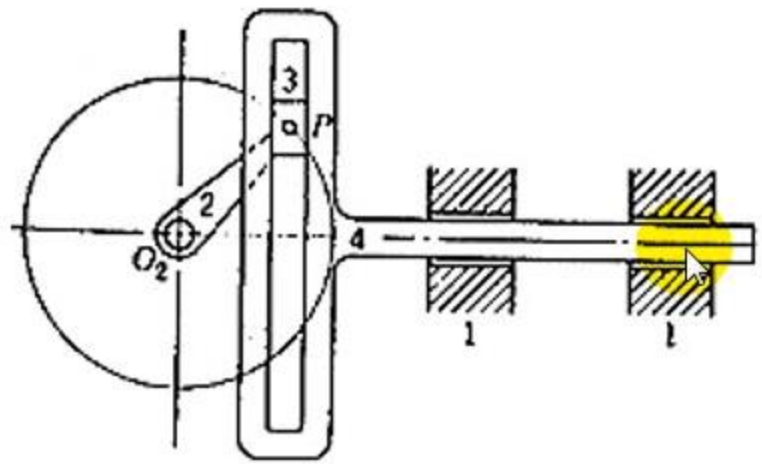
مکانیزم وارون دو



مکانیزم وارون سه

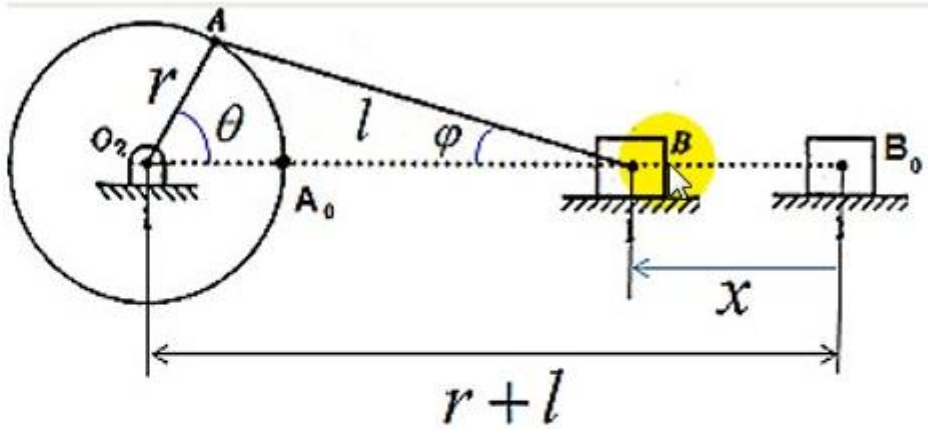
مکانیزم یوغ اسکاچ (Yoke Scotch)

- **تعریف:** مکانیزمی است که از ۴ رابط صلب درست شده است و دو اتصال لغزشی در آن وجود دارد.
- در این مکانیزم (یوغ اسکاچ) حرکت دورانی به حرکت رفت و برگشتی تبدیل می شود.



- در یوغ اسکاچ حرکت لینک ۴ به ازای حرکت لنگ با سرعت ثابت کاملا هارمونیک است.
- در مکانیزم لنگ-لغزنده حرکت لینک ۴ هارمونیک نیست بلکه مجموعه ای از $\cos\theta$ و $\cos 2\theta$ می باشد.

سرعت و شتاب در مکانیزم های لنگ- لغزنده

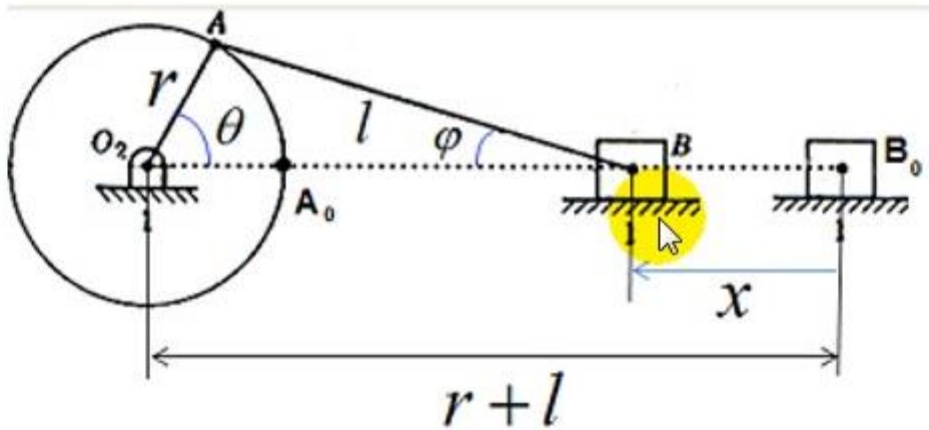


- **فرض:** زاویه گردش لنگ نسبت به موقعیت پیستون در نقطه مرگ بالا معلوم باشد (ورودی سیستم)

➢ **هدف:** یافتن رابطه ای برای جابجایی پیستون (X)

$$x = (r+l) - r\cos\theta - l\cos\varphi = r(1-\cos\theta) + l(1-\cos\varphi)$$

سرعت و شتاب در مکانیزم های لنگ- لغزنده



$$\frac{\sin\theta}{l}=\frac{\sin\varphi}{r}\Rightarrow\cos\varphi=\sqrt{1-\frac{r^2}{l^2}\sin^2\theta}$$

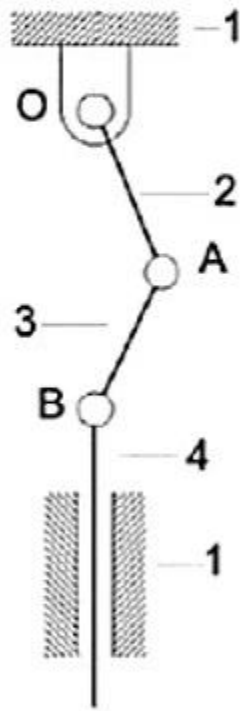
$$\sqrt{1-\frac{r^2}{l^2}\sin^2\theta}\cong 1-\frac{1}{2}(\frac{r}{l})^2\sin^2\theta$$

$$x=r(1-\cos\theta)+\frac{r^2}{2l}\sin^2\theta$$

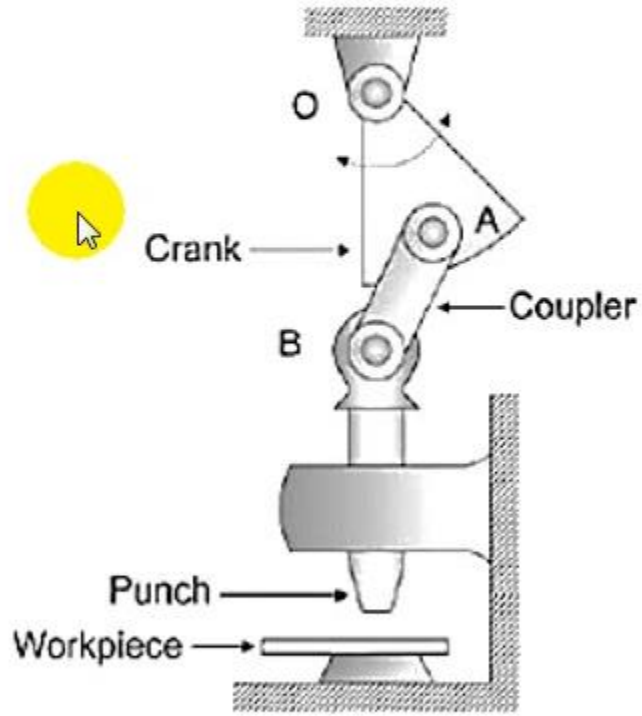
$$V=\frac{dx}{dt}=r\frac{d\theta}{dt}\left[\sin\theta+\frac{r}{2l}\sin^2\theta\right]$$

$$a=\frac{d^2x}{dt^2}=r\omega^2\left[\cos\theta+\frac{r}{l}\cos^2\theta\right]$$

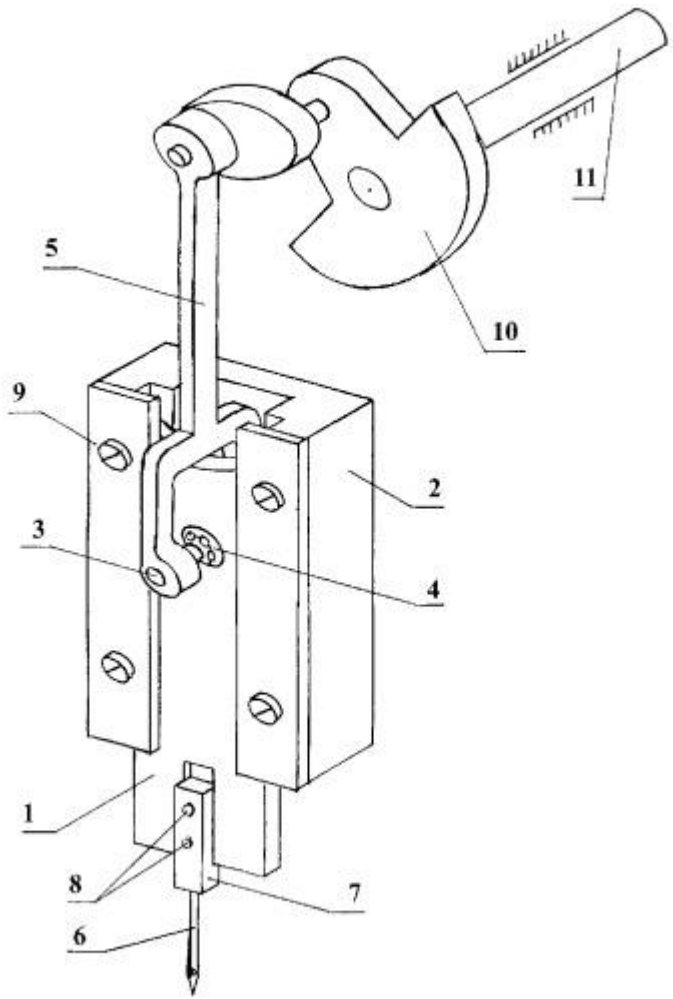
مکانیزم لنگ- لغزنده

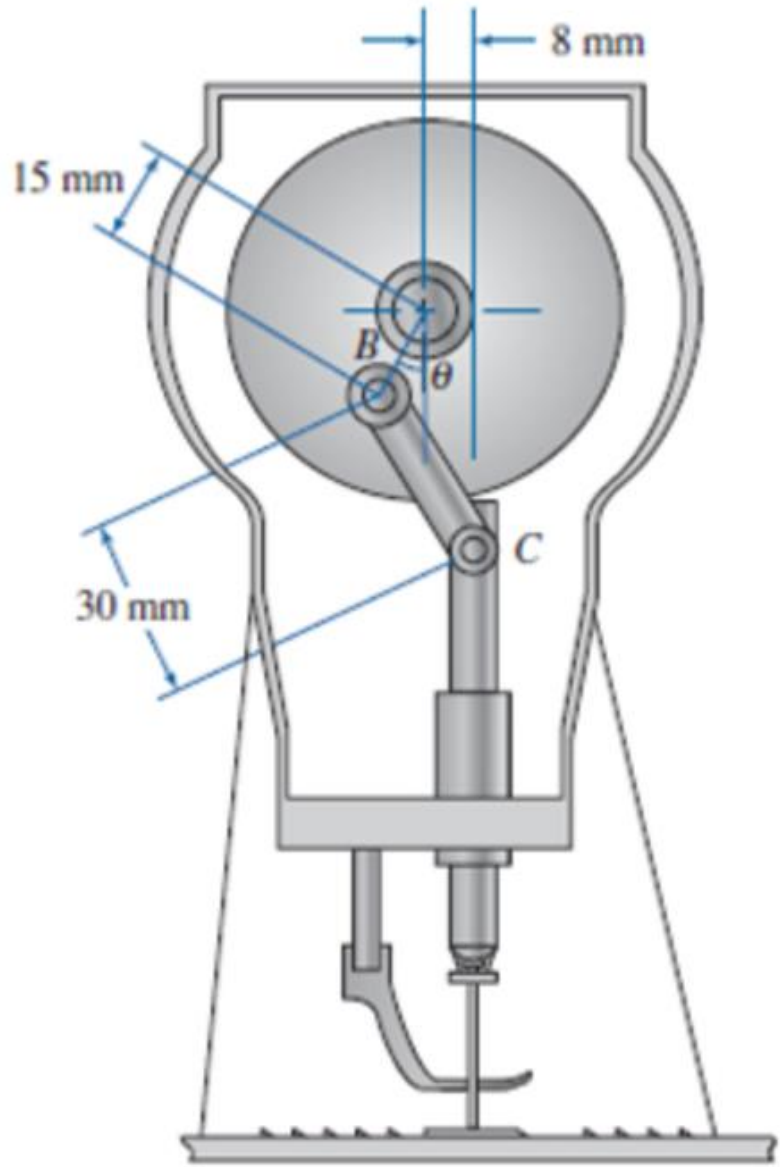


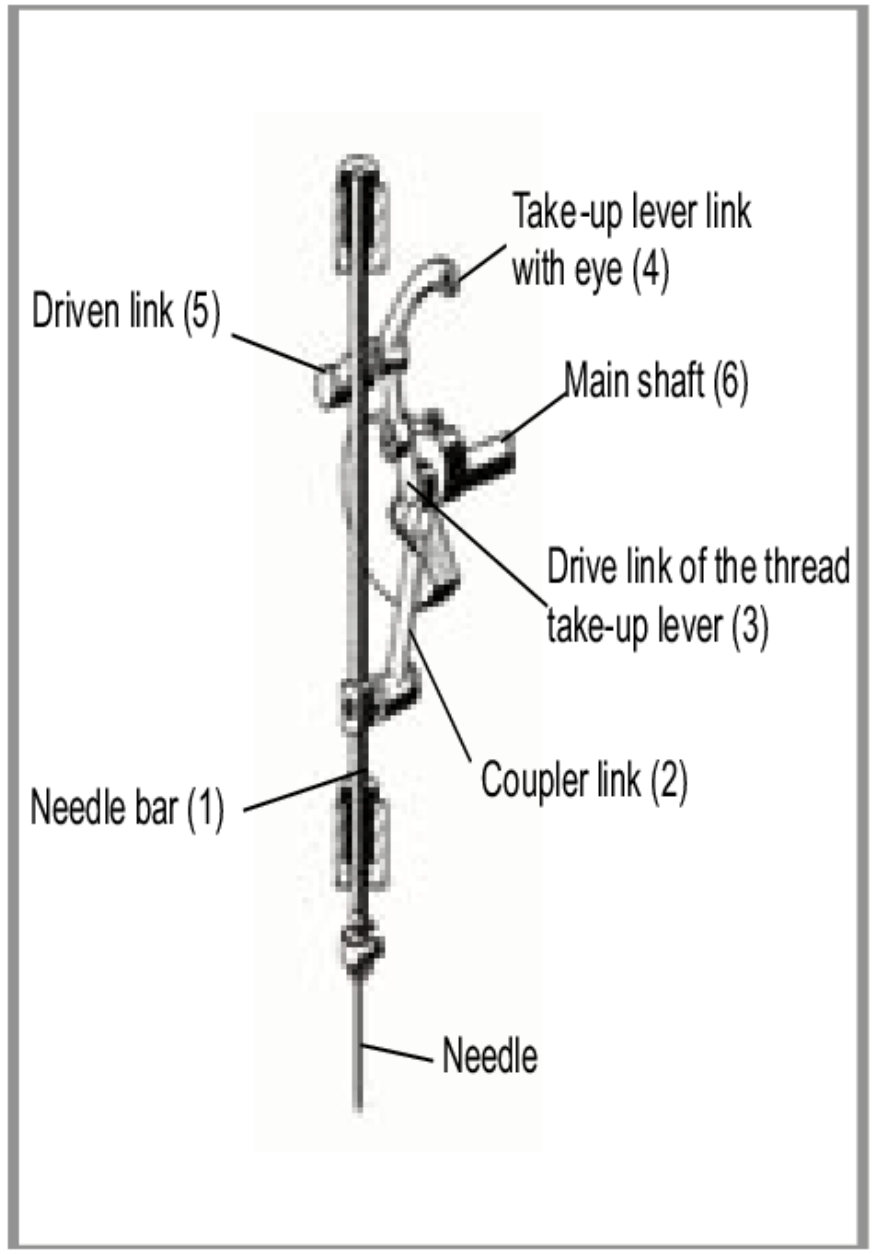
A skeleton representing the punch mechanism.

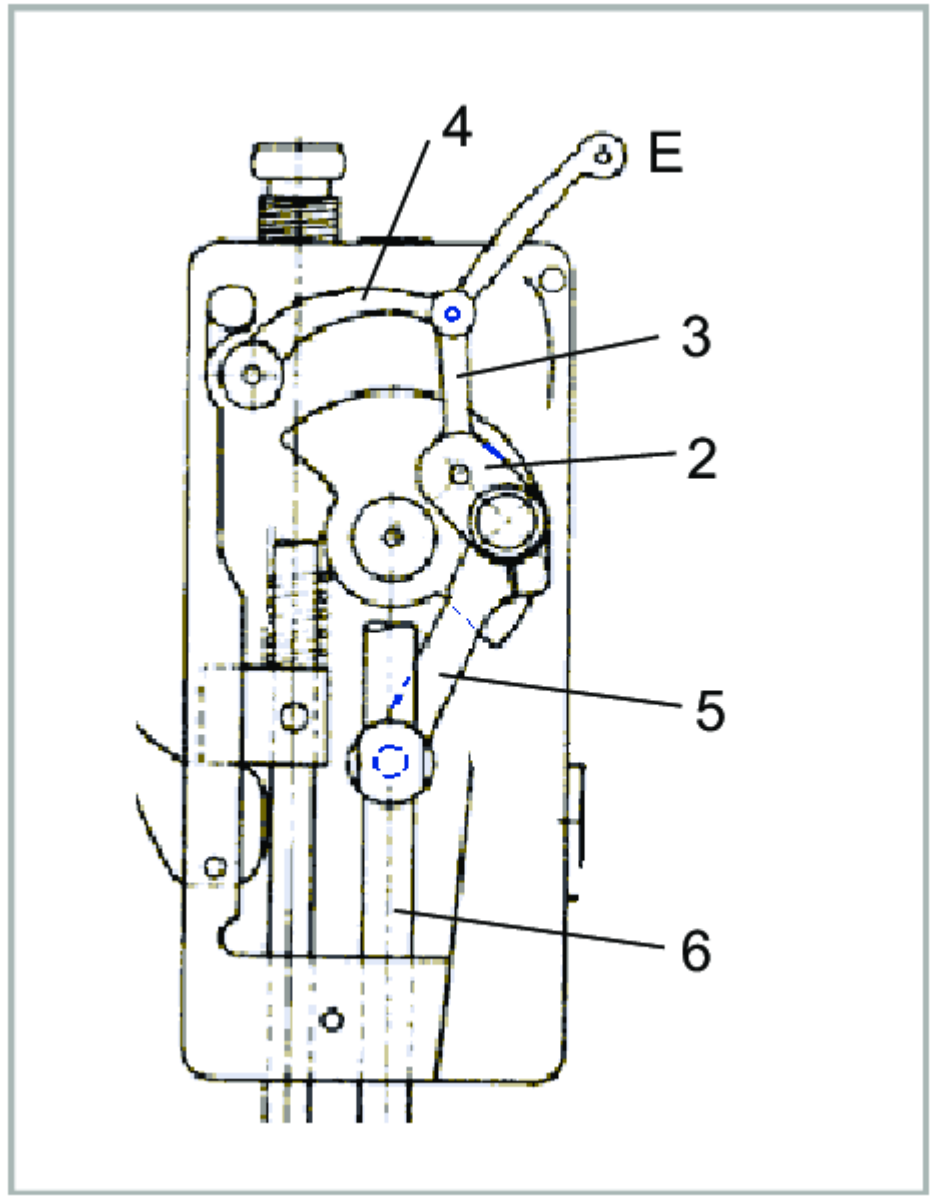


Punch mechanism.


11
5
10
9
2
3
4
1
8
7
6


8 mm
15 mm
B
θ
C
30 mm


Take-up lever link with eye (4)
Driven link (5)
Main shaft (6)
Drive link of the thread take-up lever (3)
Coupler link (2)
Needle bar (1)
Needle


4
E
3
2
5
6