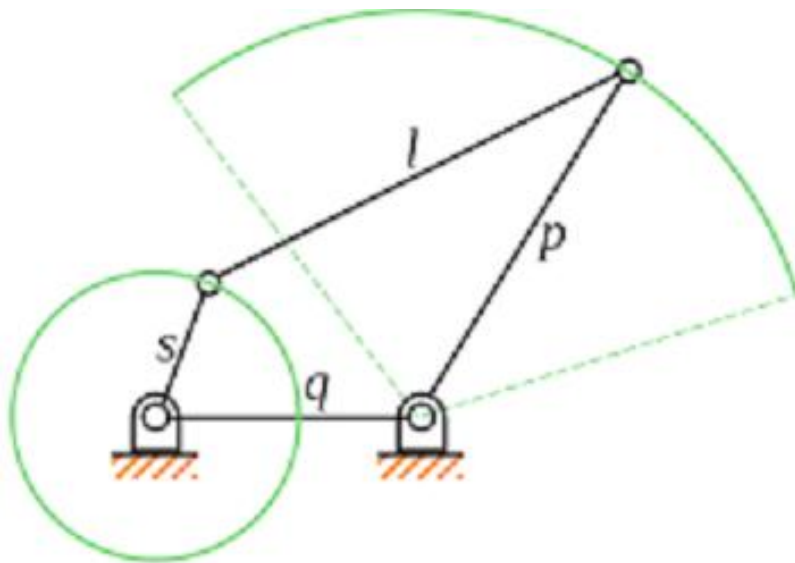


### قانون گراشف (Grashof)

مجموع کوتاهترین و بلندترین اهرم یک اهرم بندی چهارمیله ای صفحه ای، نمی تواند بزرگتر از مجموع دو اهرم دیگر باشد اگر قرار است چرخش نسبی پیوسته بین دو اهرم وجود داشته باشد.



$S$  = طول کوتاهترین بازو

$L$  = طول بلندترین بازو

$Q$  و  $P$  = طول بازوی های دیگر

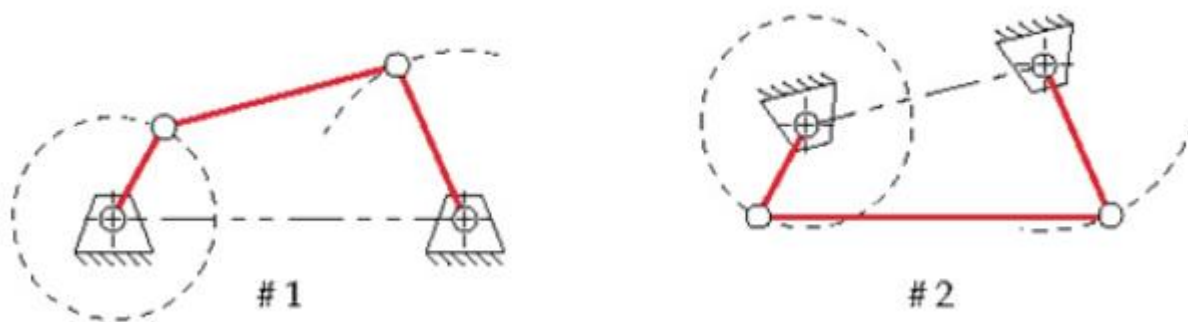
گراشف رابطه ساده ای است که رفتار دورانی مکانیزم چهار میله ای را پیش بینی می کند.

اگر  
$$S+L \leq P+Q$$

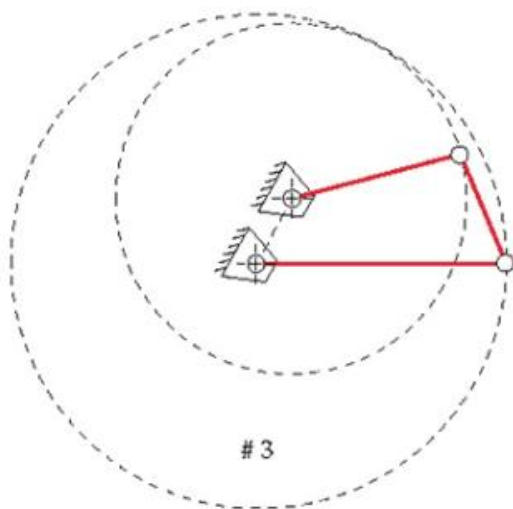
مکانیزم گراشف نامیده شده و حداقل یک بازو دوران کامل نسبت به زمین دارد.

حالت نامساوی گراشف سه مدل دارد:

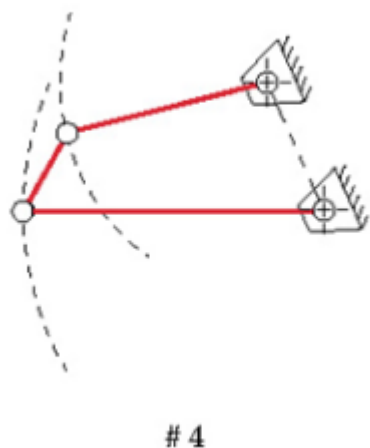
الف) بازوی ثابت (زمین) مجاور کوتاهترین بازوست، در این حالت کوتاهترین بازودوران کامل داشته (لنگ) و بازوی دیگر که به زمین پین شده نوسان دارد (آونگ).



ب) زمین کوتاهترین بازوست که در این صورت لنگ دوپل داریم و دو بازوی متصل به زمین دوران کامل دارند.



ج) اگر زمین در روبروی کوتاهترین بازو قرار گیرد، آونگ دوپل داریم. دو بازوی متصل به زمین حرکت آونگی داشته و فقط بازوی کوپلر (مقابل زمین) دوران کامل دارد (لنگ).

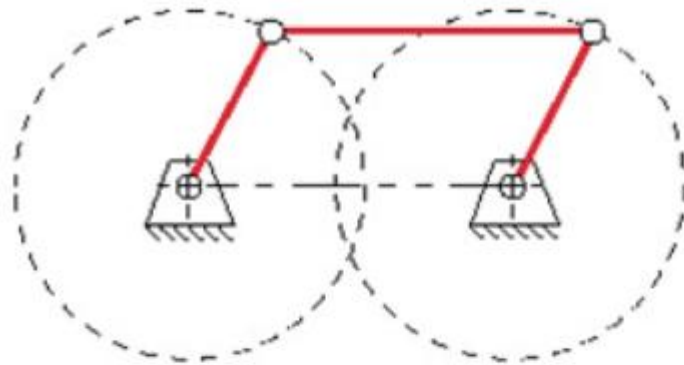


اگر در معادله گراشف حالت تساوی برقرار باشد:

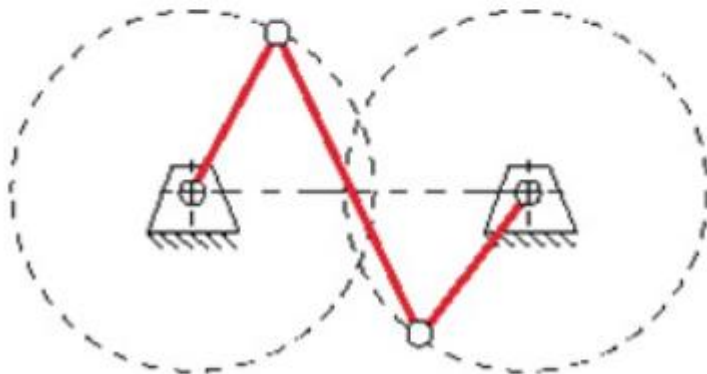
$$S+L = P+Q$$

مکانیزم دارای دو نقطه تبدیل در یک دوران می باشد وقتی که بازوها هم راست باشند.

در این نقطه رفتار خروجی غیر قابل پیش بینی است:



Parallelogram form

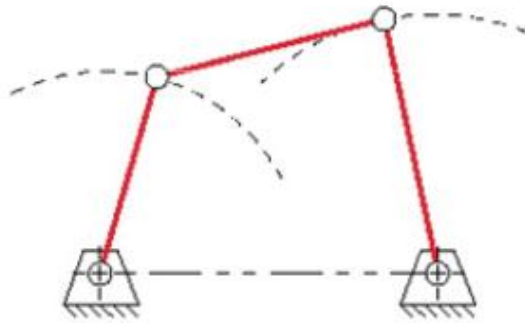


Antiparallelogram form

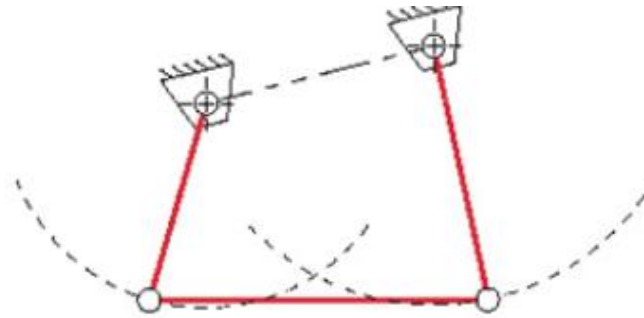
اگر

$$P+Q < S+L$$

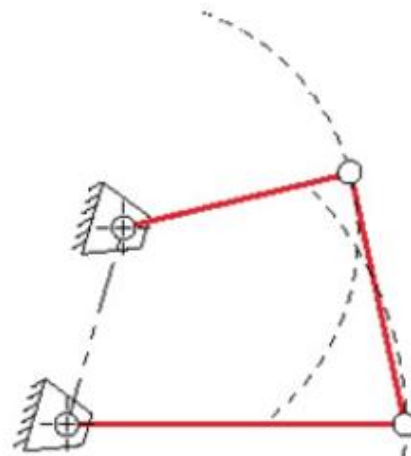
مکانیزم غیر گراشف نامیده شده و هیچ بازوئی دوران کامل نسبت به سایر بازوها (لنگ) ندارد.  
و همه بازوها حرکت نوسانی (سه حرکت آونگی) دارند.



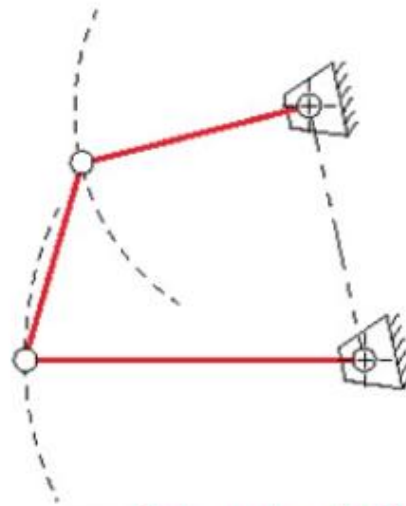
Triple-rocker #1 (RRR1)



Triple-rocker #2 (RRR2)



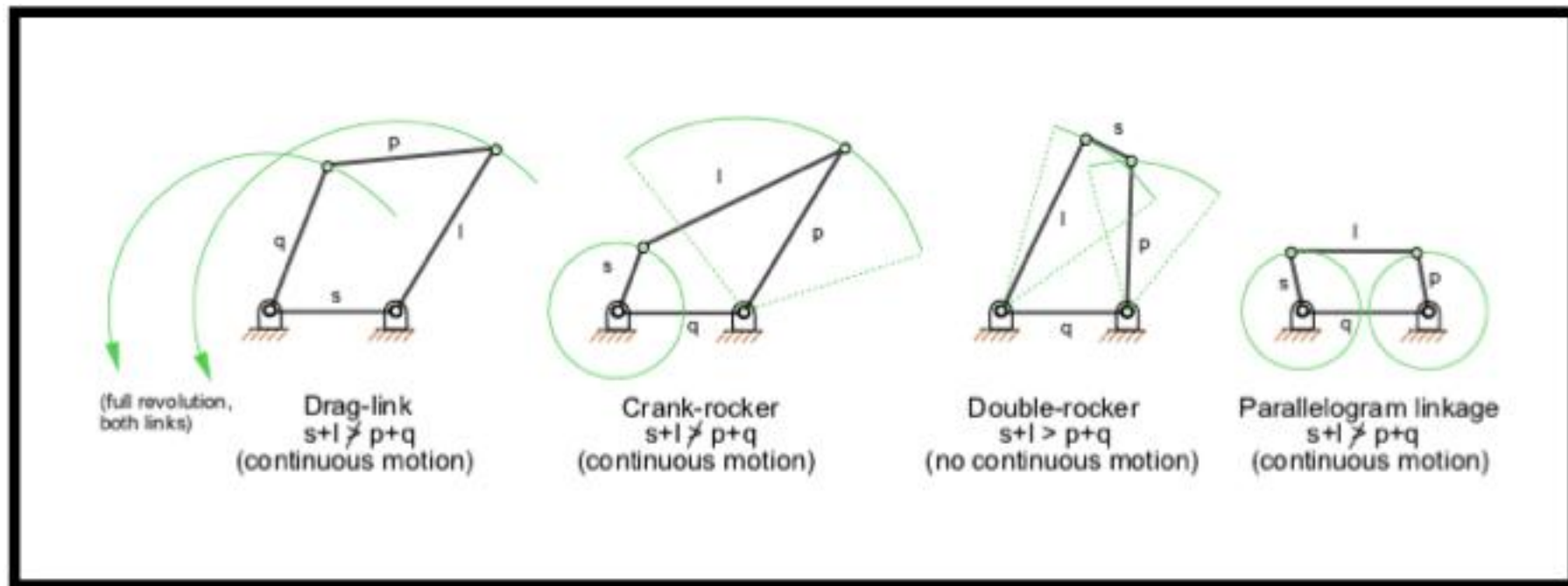
Triple-rocker #3 (RRR3)



Triple-rocker #4 (RRR4)

## تمرین و پروژه

چهار اهرم بندی در شکل زیر نشان داده شده اند.  
تعیین کنید کدامیک از قانون گراشف پیروی نمی کند.  
با چوب بستنی یکی از مکانیزم ها را ساخته و از عملکرد آن فیلم تهیه کنید و یا انیمیشن آنرا با نرم افزار بازسازی نمایید.



## اتصالات کامل در مکانیزم ها

در مکانیزم روبرو تمام اتصالات از نوع کامل می باشد.

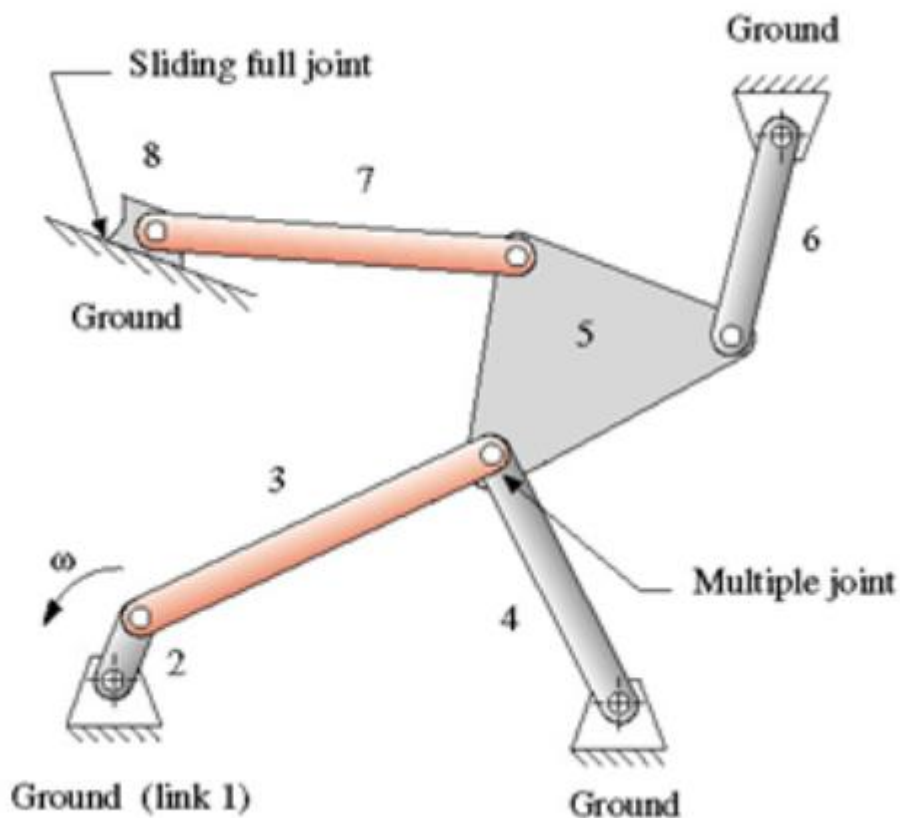
**Full joint**

بنابراین طبق رابطه درجه آزادی برابر است با:

$$DOF = 3(8-1) - 2(10) = 1$$

نکته: در محل تلاقی اعضای ۳، ۴ و ۵ در حقیقت یک اتصال کامل یک درجه آزادی بین ۳ و ۴ و یک اتصال بین اعضای ۴ و ۵ وجود دارد.

**Multiple joint**



$$L = 8, \quad J = 10$$

$$DOF = 1$$

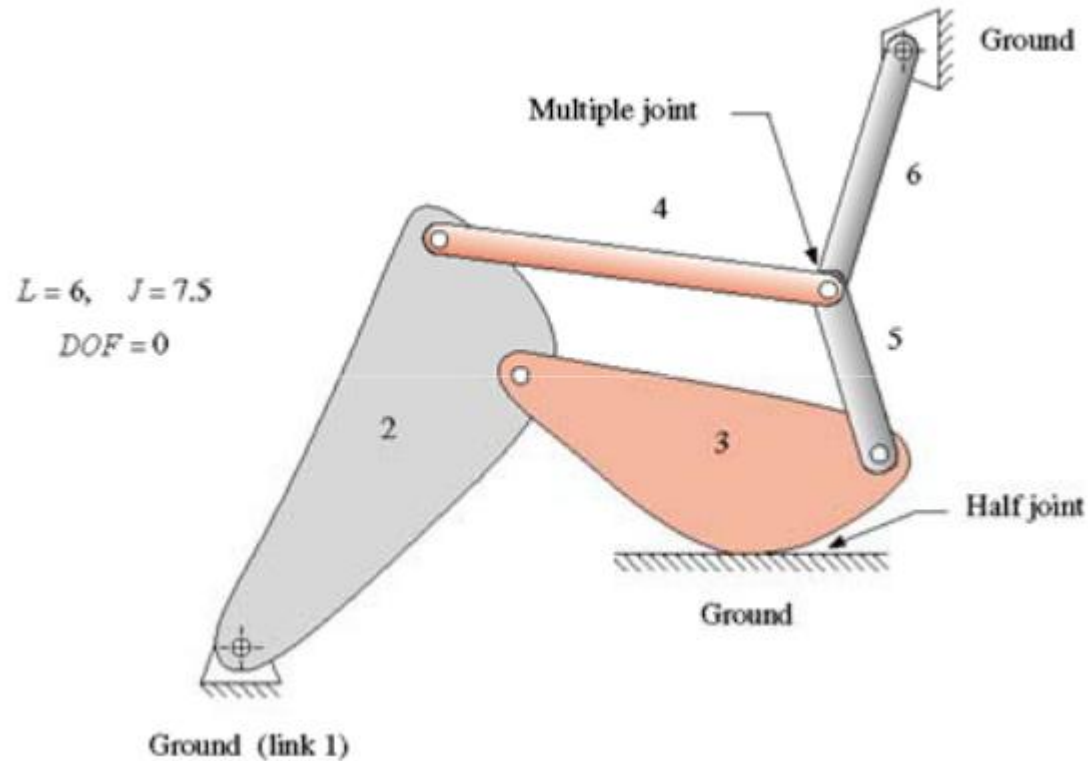
## اتصالات نیمه در مکانیزم ها

در مکانیزم روبرو یک اتصال لغزشی- غلتشی وجود دارد که نیمه اتصال است.

Half joint

بنابراین طبق رابطه خواهیم داشت:

$$DOF = 3(6-1) - 2(7.5) = 0$$





## پروژه: اهرم بند های شش میله ای

از اهرم بندی های معروف شش میله ای اهرم بندی وات و استیفن است. یک اهرم بندی شش میله ای که در مکانیزمی بکار رفته بیابید (ترجیحا با نمایش انیمیش) و تعداد درجات آزادی آنرا تحلیل نمایید.