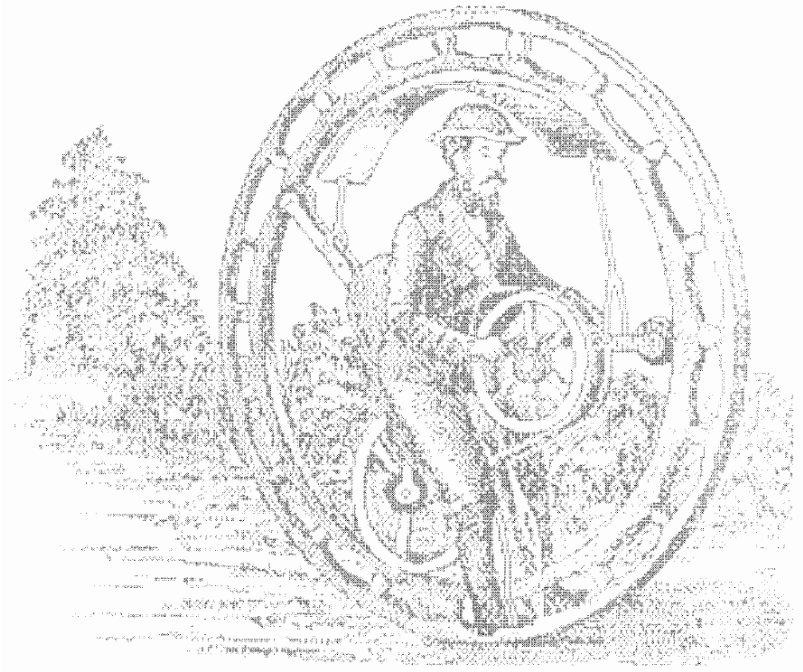
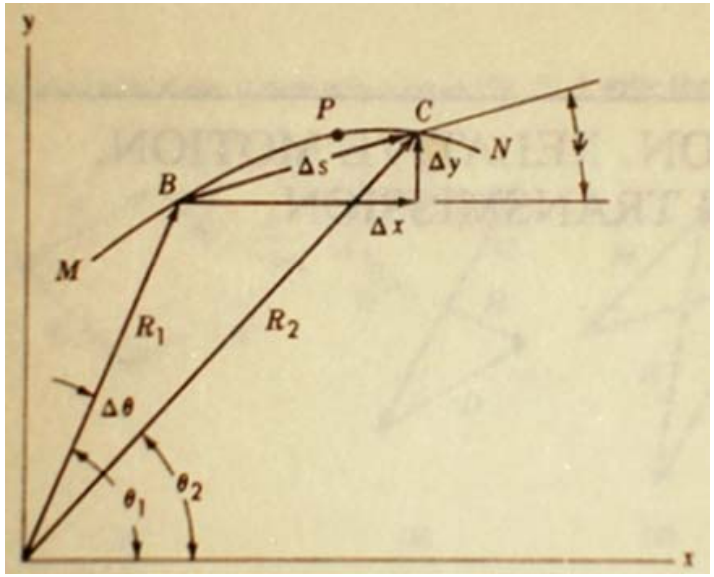
فصل دوم

خواص حرکت ، حرکت نسبی و روش های انتقال حرکت



Re-inventing the wheel

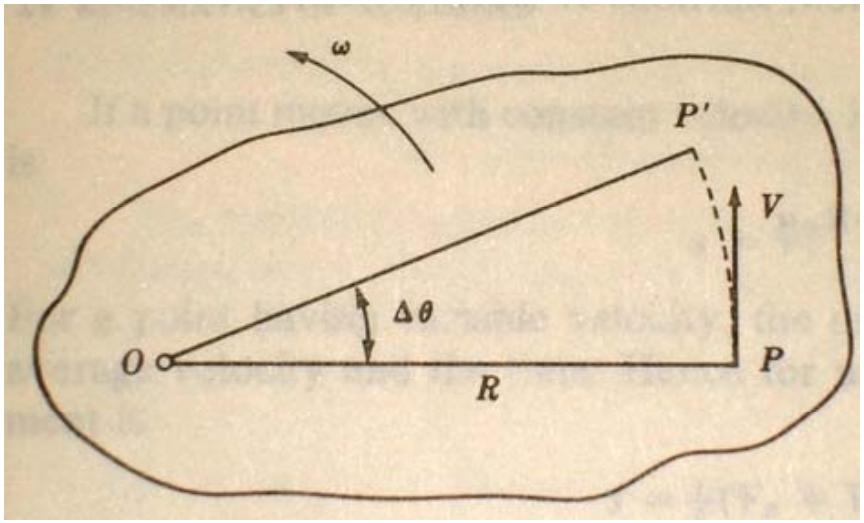
- حرکت یک جسم صلب برحسب حرکت یک یا چند نقطه آن قابل بیان است بنابراین ابتدا حرکت نقطه ای مطالعه می گردد.
- مسیر و طول حرکت
  - مکان هندسی موقعیت متوالی یک نقطه متحرک مسیر نامیده می شود.
  - فاصله طی شده توسط نقطه در امتداد مسیر طول حرکت یا فاصله نامیده میشود که کمیتی اسکالر است.
- تغییر مکان و سرعت خطی
  - تغییر مکان یک نقطه تغییر موقعیت آن است و یک کمیت برداری است
  - نقطه P از نقطه B به C تغییر مکان خطی دارد که تفاضل دو بردار موقعیت R_1 و R_2 می باشد.



- اگر مقدار تغییر مکان کوچک شود در حالت حدی بردار $\overrightarrow{\Delta s}$ مماس به مسیر ئر نقطه B خواهد بود .
- سرعت یک نقطه در امتداد مماس بر مسیر خواهد بود و مقدار آن نرخ زمانی تغییرات تغییرمکان خطی می باشد.

$$V = \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta s}{\Delta t} \right) = \frac{ds}{dt}$$

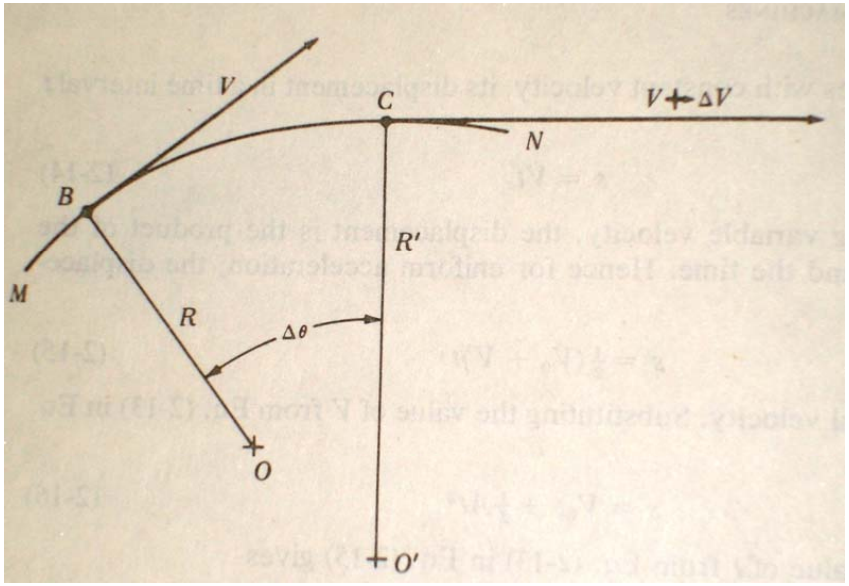
- تغییر مکان و سرعت زاویه ای
  - در نظر بگیرید یک جسم صلب حول یک محور ثابت در نقطه O دوران می کند
  - همچنین در نظر بگیرید که P نقطه ای ثابت در روی جسم صلب است. نقطه P به P’ در مدت زمان Δt تغییر مکان می یابد.
  - توجه شود که:
    - هنگام دوران تمامی نقاط دارای دارای سرعت زاویه ای یکسانی می باشند
    - سرعت خطی نقطه نسبت مستقیم با شعاع دوران دارد.

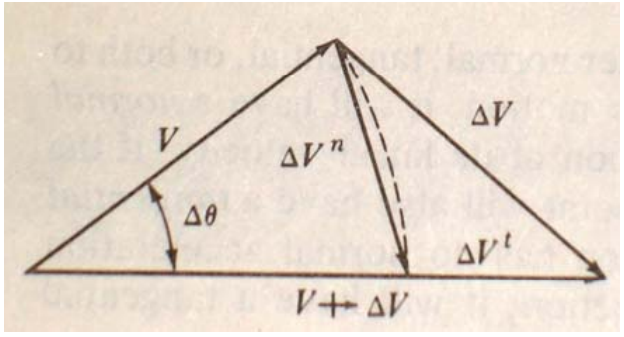


- شتاب خطی و زاویه ای
  - شتاب خطی نرخ زمانی تغییرات سرعت خطی می باشد. اگر جسم صلب حرکت خطی داشته باشد به عبارت دیگر فقط مقدار بردار سرعت تغییر نماید و راستای آن ثابت باقی بماند؛ آنگاه شتاب خطی لحظه ای:

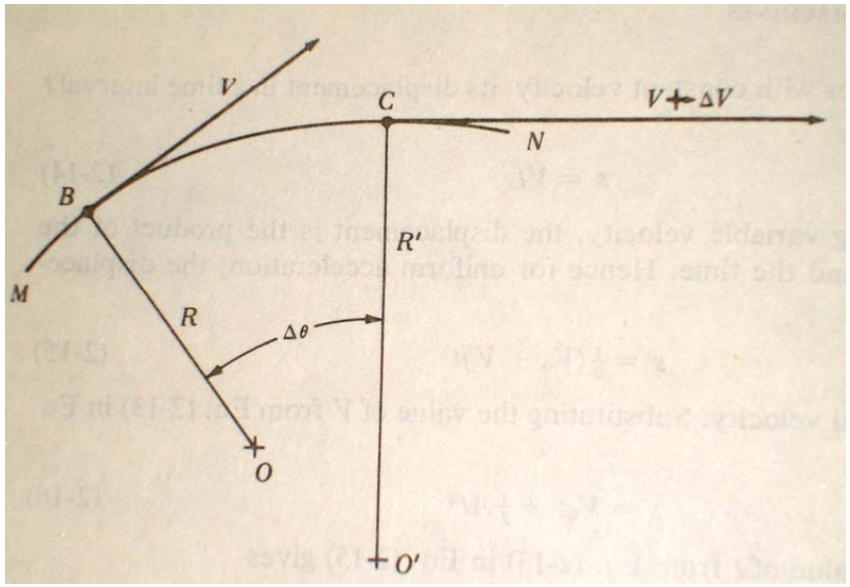
$$A = \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right) = \frac{dV}{dt}$$

- شتاب عمودی و مماسی
  - یک نقطه در امتداد مسیر خود می تواند شتاب عمودی ؛ مماسی یا ترکیب ایندو را همزمان داشته باشد.
  - اگر نقطه ای حرکت منحنی الخط داشته باشد آنگاه دارای شتاب عمودی است که ناشی از تغییر جهت سرعت خطی آن می باشد.
  - اگر اندازه سرعت خطی نیزتغییر نماید آنگاه نقطه شتاب مماسی خواهد داشت.
  - نقطه ای که حرکت مستقیم الخط دارد شتاب عمودی ندارد اما می تواند شتاب مماسی داشته باشد.



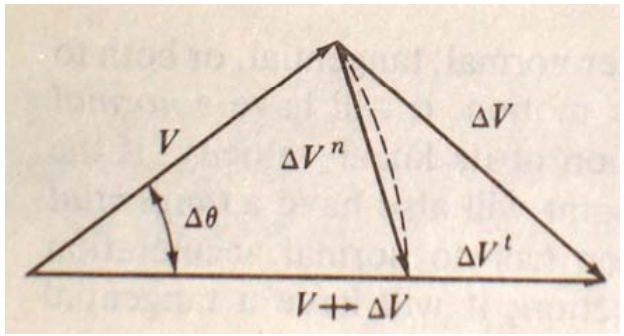


- شتاب عمودی و مماسی(ادامه)



$$A^t = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta V^t}{\Delta t}\right) = \frac{dV^t}{dt}$$

$$A^n = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta V^n}{\Delta t}\right) = \frac{dV^n}{dt}$$

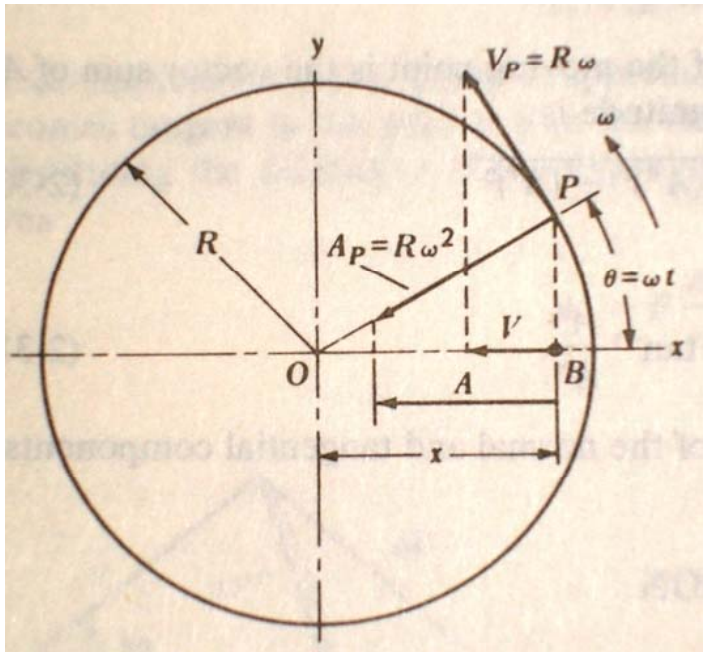


- کل شتاب نقطه جمع برداری A^n و A^t می باشد.

$$A = \sqrt{(A^t)^2 + (A^n)^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1} A^t / A^t$$

- حرکت هارمونیکی ساده
  - در حرکت خطی هنگامیکه شتاب متناسب با تغییرمکان با علامت مخالف تغییر نمایید حرکت هامونیکی ساده ایجاد می گردد.



حرکت یک نقطه با سرعت زاویه ای ثابت روی یک دایره

$$X = R\cos\omega t$$

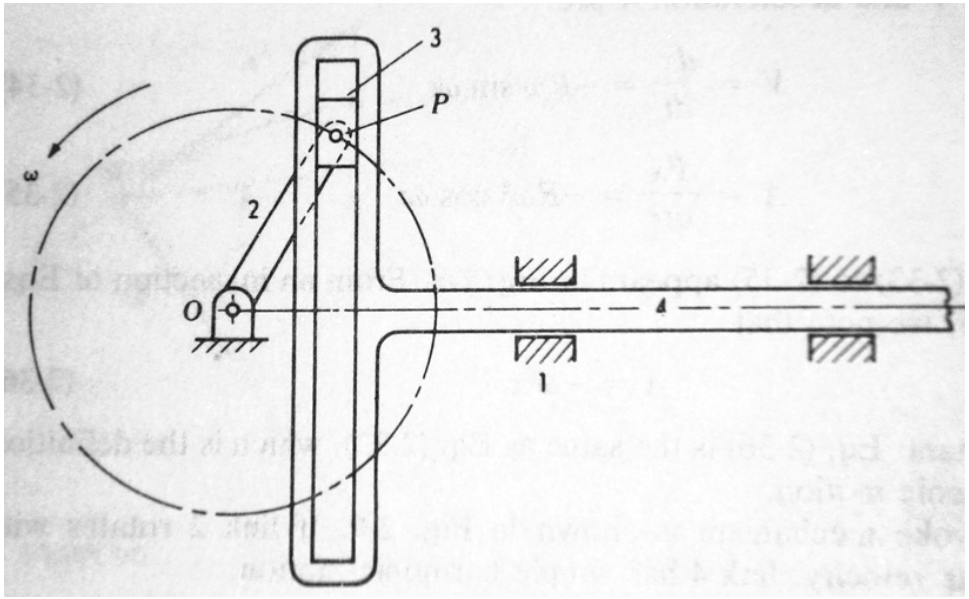
$$V = \frac{dx}{dt} = -R\omega\sin\omega t$$

$$A = \frac{d^2x}{dt^2} = -R\omega^2\cos\omega t$$

$$A = -\omega^2 X$$

- **مکانیزم Scotch-Yoke**

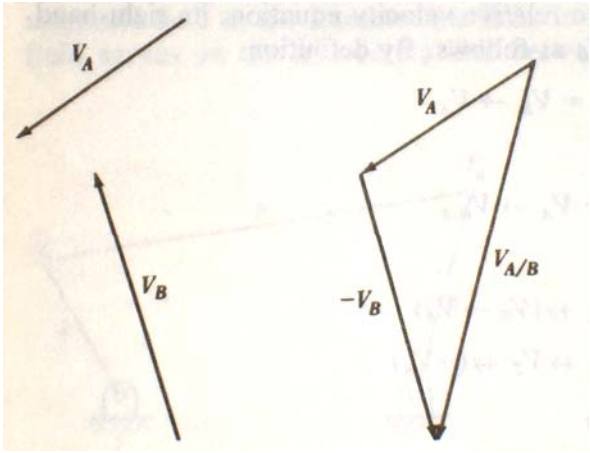
– اگر بازوی ۲ با سرعت زاویه ای ثابت دوران کند آنگاه بازوی ۴ حرکت هارمونیکی ساده خواهد داشت.

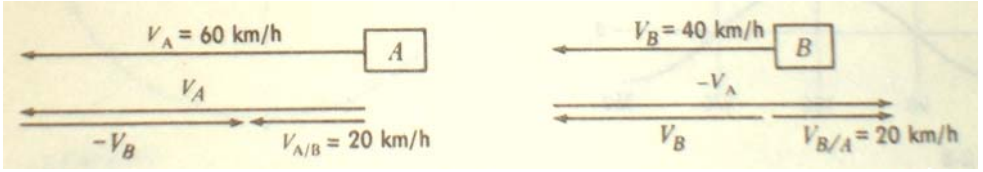


- حرکت نسبي **Relative Motion**
  - حرکت مطلق Absolute Motion
  - حرکت نسبي؛ جسمي نسبت به جسم ديگر داراي حرکت نسبي است در صورتي که تفاوت در حرکت مطلق آنها وجود داشته باشد.
    - تغيير مکان
    - سرعت
    - شتاب

$$V_A = V_B + V_{A/B}$$

$$V_B = V_A + V_{B/A}$$





- **حرکت نسبی زاویه ای**
  - اگر دو جسم در یک صفحه یا صفحات موازی حرکت داشته باشند، حرکت زاویه ای نسبی آنها بصورت تفاضل حرکت زاویه ای مطلق آنها تعریف می گردد.

$$\theta_{3/2} = \theta_3 - \theta_2$$
$$\omega_{3/2} = \omega_3 - \omega_2$$
$$\alpha_{3/2} = \alpha_3 - \alpha_2$$

- **روشهای انتقال حرکت**

گاهی مکانیزمها براساس روش انتقال حرکت طبقه بندی می شوند.

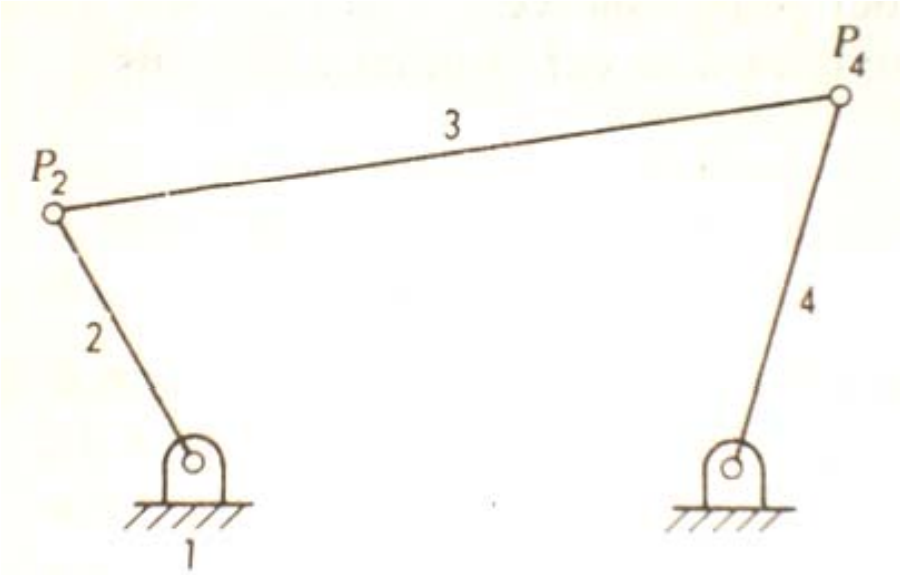
۱- متصل کننده صلب

۲- متصل کننده قابل انعطاف

۳- مکانیزم تماس مستقیم

۴- فشار هیدرولیک یا میدان مغناطیس

۱- متصل کننده صلب

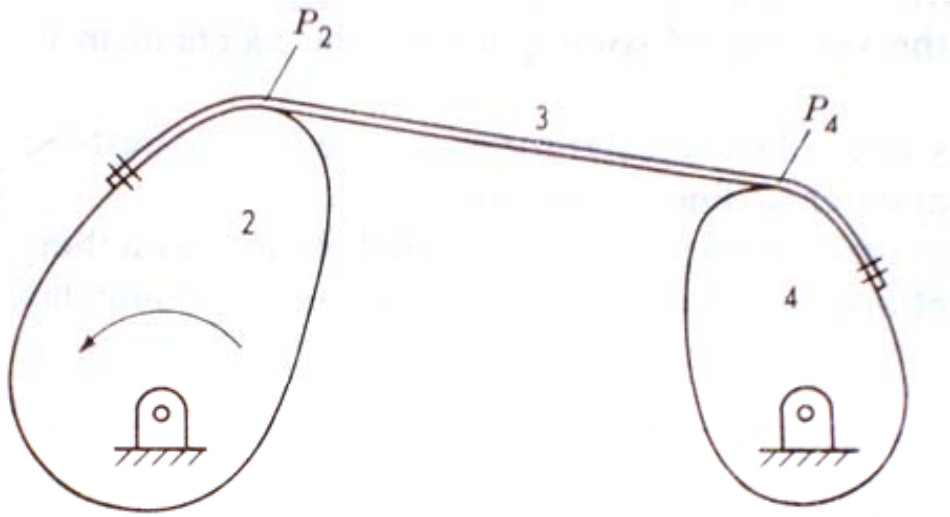


- عضو ۲ محرک نامیده شده
- عضو ۴ متحرک نامیده شده
- عضو ۳ یک متصل کننده صلب که حرکت را از عضو ۲ به ۴ منتقل می کند.

❖ آیا در هنگام انتقال حرکت تاخیری وجود دارد؟

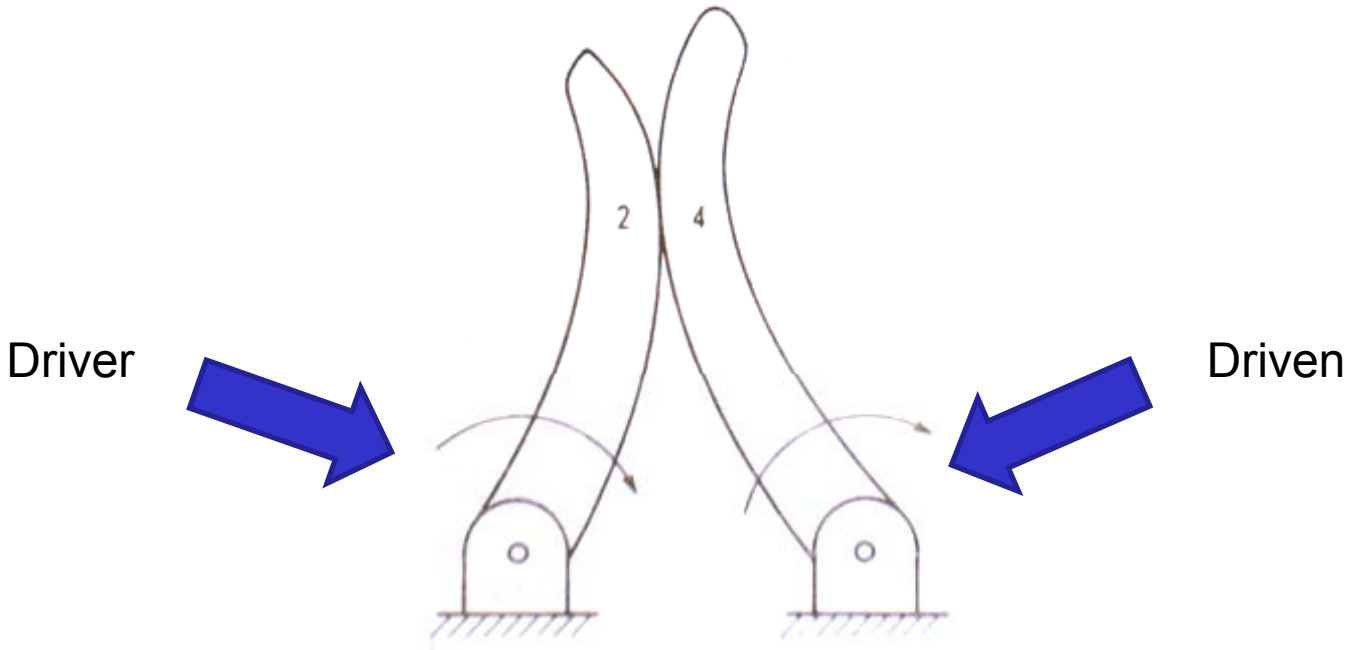
۲- متصل کننده قابل انعطاف

- تسمه یا زنجیر بصورت قابل انعطاف و کششی حرکت را منتقل می کند
- در مکانیزم نوار ۳ حرکت را از ۲ به ۴ منتقل می کند.



۳- مکانیزم تماس مستقیم

عضو محرک ۲ و متحرک ۴ در تماس مستقیم با یکدیگر می باشند. حرکت منتقل شده از عضو ۲ به عضو ۴ بستگی به شکل خارجی آنها و موقعیت نسبی آنها دارد. معمولا در این مکانیزم محرک، بادامک و متحرک، پیرو یا دنبال کننده نامیده می شود.

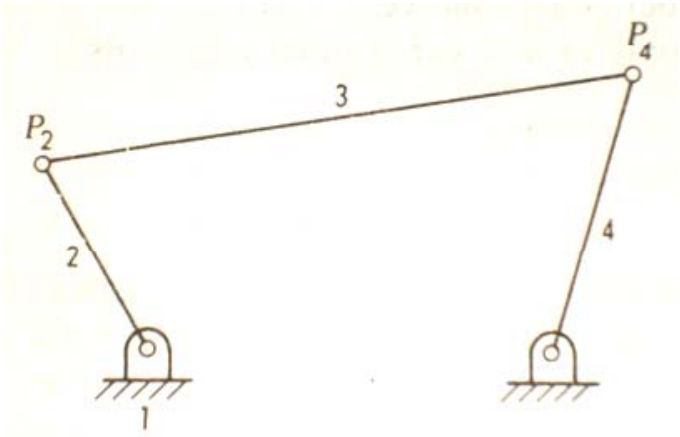


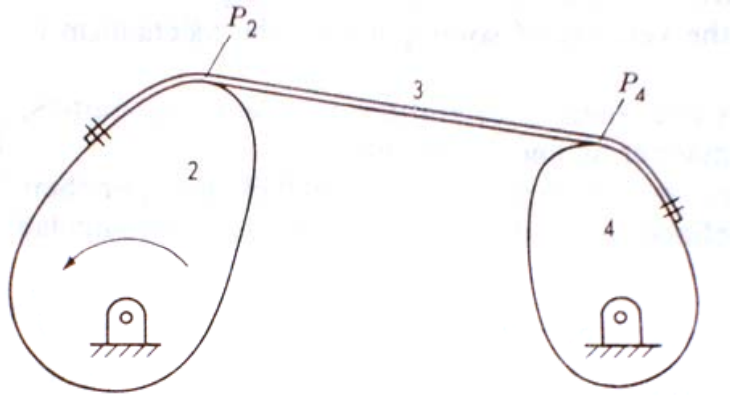
- خط انتقال حرکت **Line of Transmission**

– حرکت در امتداد خط انتقال از محرک به متحرک منتقل می شود

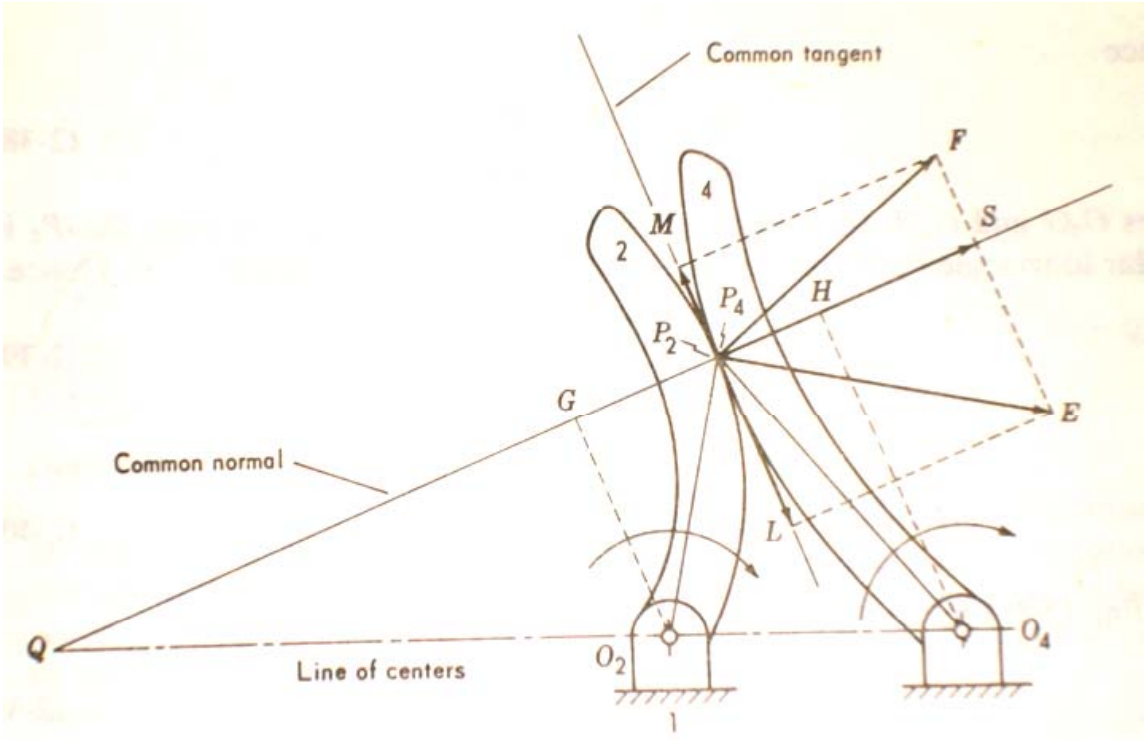
– خط P_2P_4 در شکلهای مکانیزم چهار میله و تسمه

❖در مکانیزم تماس مستقیم خط انتقال حرکت چیست؟





- **عمود مشترک در نقطه تماس دو سطح**
  - فقط در صورتی که محرک در جهت عمود مشترک حرکت داشته با شد، می تواند متحرک را به حرکت در آورد.
  - خط مراکز O_2O_4



- **نسبت سرعت زاویه ای**
  - نقاط P_2 و P_4 متناظراً در روی اجسام ۲ و ۴ قرار گرفته اند و در لحظه نشان داده شده منطبق می باشند.
  - شعاع دوران نقاط P_2 و P_4 به ترتیب O_2P_2 و O_4P_4 می باشد
  - بردار سرعت نقطه P_2 P_2E
  - بردار سرعت نقطه P_4 P_4F

❖ارتباط مولفه های سرعت نقاط P_2 و P_4 در امتداد عمود مشترک چگونه است؟

- **تعیین سرعت زاویه ای عضو ۴**
  - **سرعت زاویه ای عضو ۲ معلوم است (ورودی)**

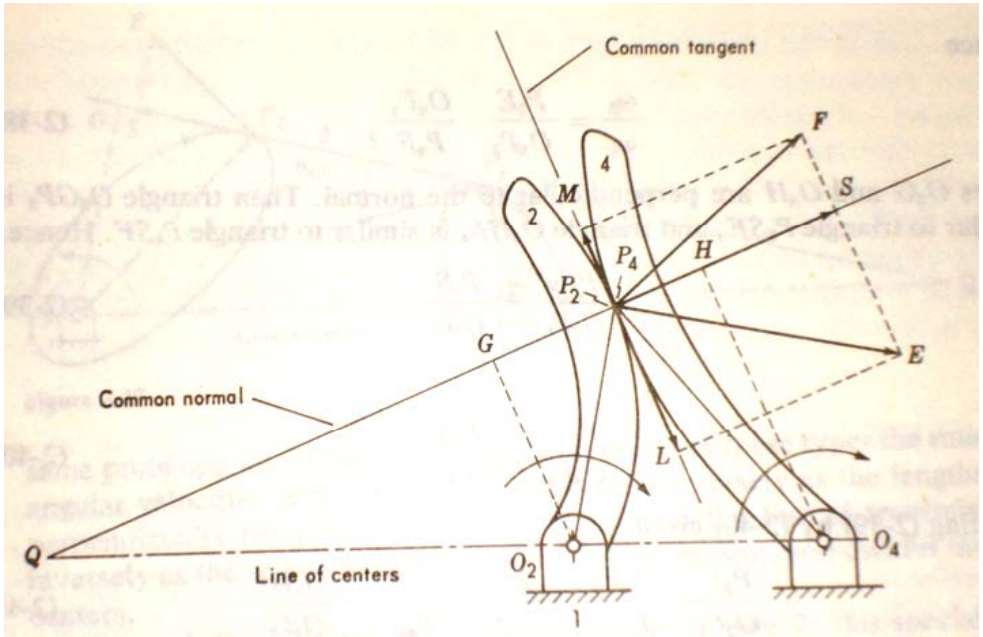
$$\omega_2 = \frac{V}{R} = \frac{P_2E}{O_2P_2}$$

$$\omega_4 = \frac{P_4F}{O_4P_4}$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_4} = \frac{P_2E}{O_2P_2} \times \frac{O_4P_4}{P_4F}$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_4} = \frac{O_4H}{O_2G}$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_4} = \frac{O_4Q}{O_2Q}$$

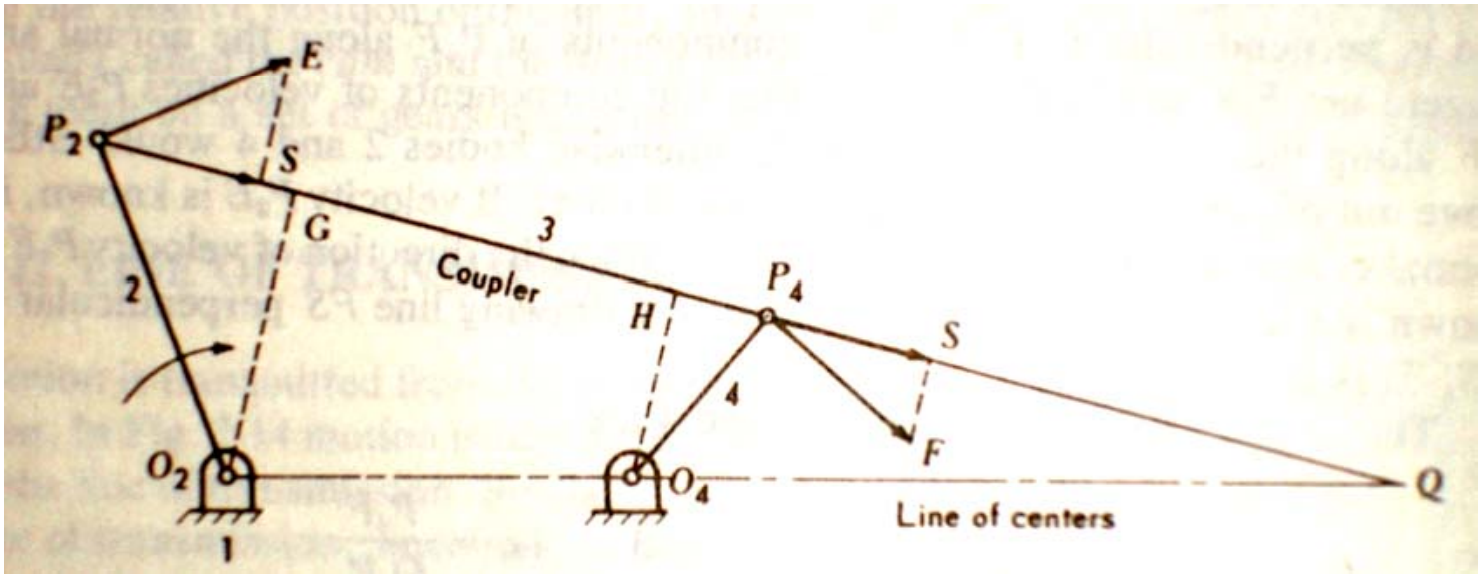


- **سرعت زاویه ای عضو متحرک**

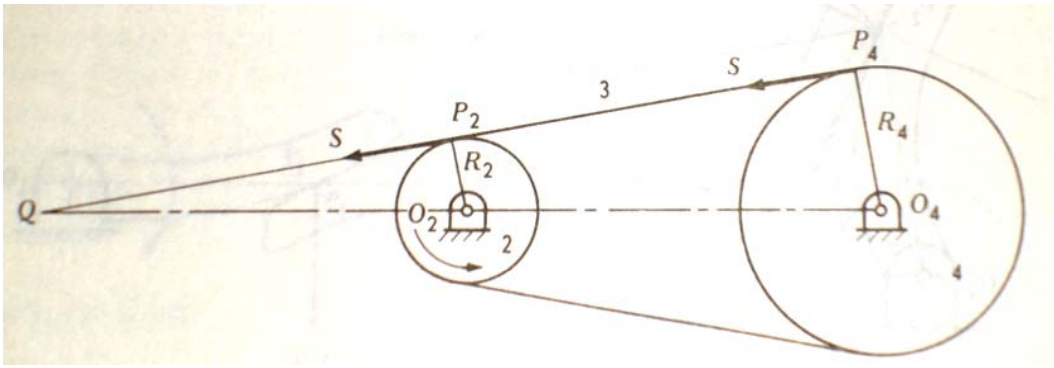
نسبت سرعت زاویه ای محرک به متحرک

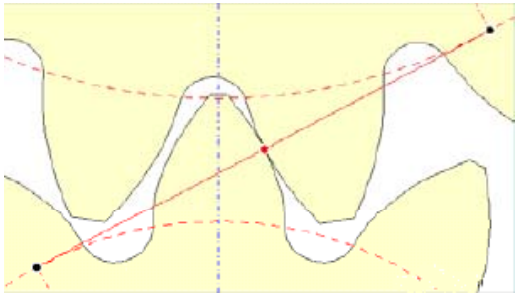
به نسبت عکس طول عمود از مرکز دوران به عمود مشترک

به نسبت عکس قطعات ایجاد شده توسط خط انتقال روی خط مراکز

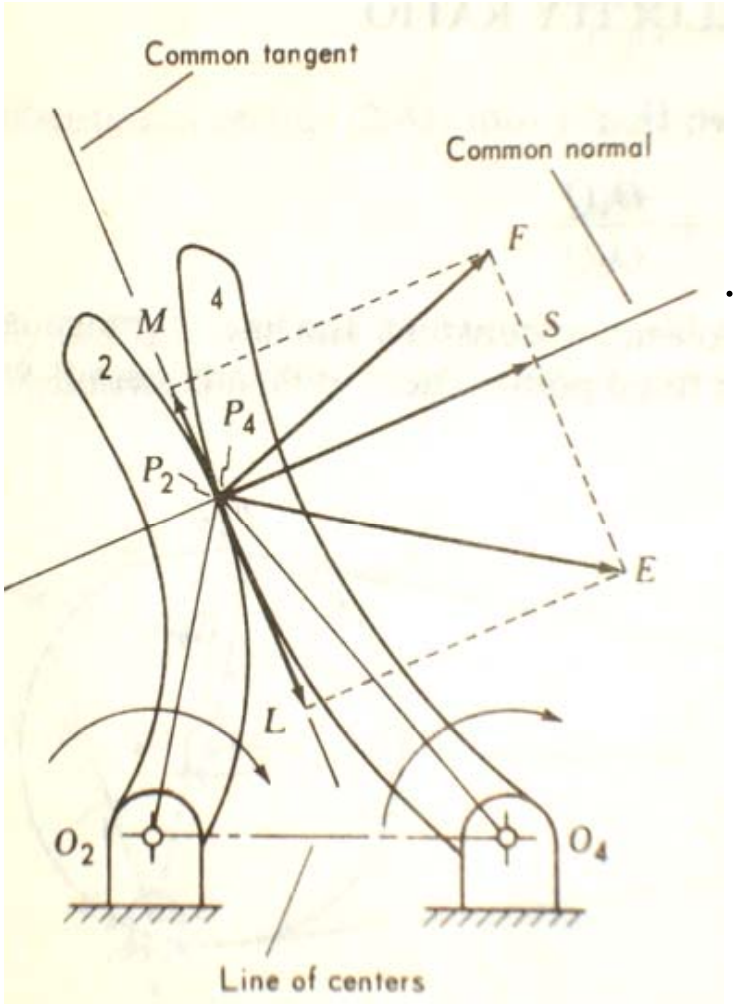


- **نسبت سرعت زاویه ای ثابت**
  - **در صورتی نسبت سرعت زاویه ای ثابت است که خط انتقال در نقطه ثابتی خط مرکز را قطع نماید.**





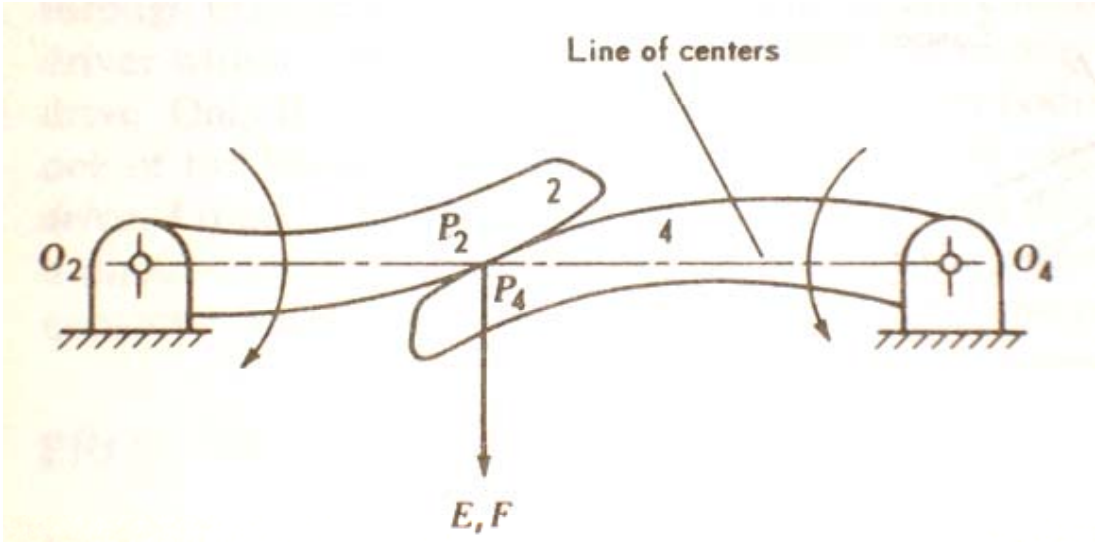
- **در مکانیزم تماس مستقیم منحنی های زیادی وجود دارند که می توانند به عنوان سطوح تماس محرک و متحرک انتخاب شوند. و شرط نسبت سرعت زاویه ای ثابت رعایت گردد.**



- **تماس لغزشی (Sliding Contact)**
  - هنگامیکه در نقطه تماس مکانیزم تماس مستقیم حرکت نسبی در امتداد مماس مشترک وجود داشته باشد، آنگاه لغزش داریم.
  - سرعت لغزش

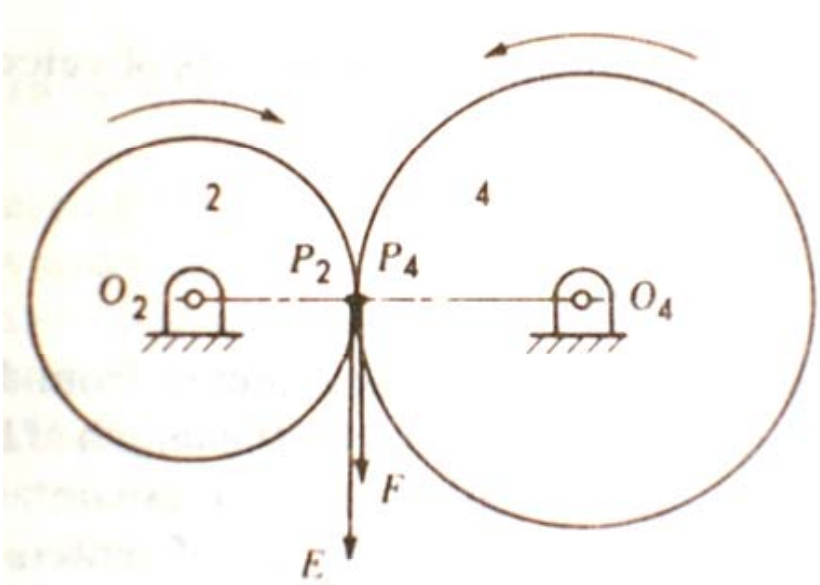
$$V_S = P_2 L - P_4 M = ML$$

- **تماس غلتشی (Rolling Contact)**
  - در مکانیزم تماس مستقیم اگر لغزش وجود نداشته باشد، آنگاه غلتش خواهیم داشت.
  - در این حالت مولفه های مماسی سرعت اندازه و جهت یکسانی خواهند داشت.
  - شرط $P_4F=P_2E$ در صورتی وجود دارد که شعاع O_2P_2 و O_4P_4 در یک امتداد قرار گیرند.



- شرط اینکه نقطه تماس در روی خط مراکز قرار گیرد یک شرط لازم برای غلتش است، اما این شرط کافی نمی باشد.

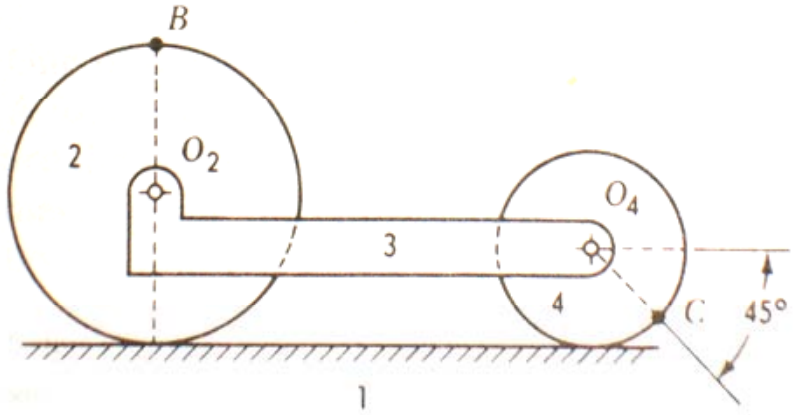
- در صورتی که مولفه های مماسی سرعت دو جسم در نقطه تماس یکسان نباشد لغزش وجود خواهد داشت.

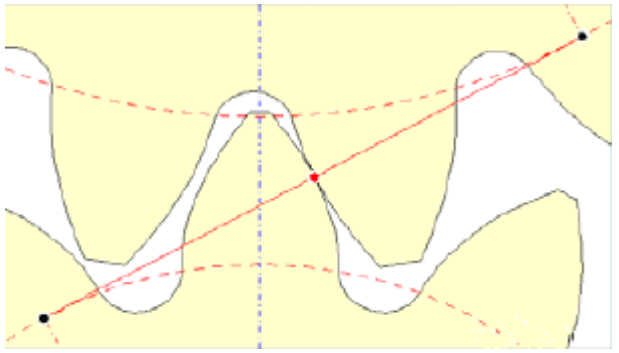


- **تمرینات و مسائل فصل ۲**

1) مکانیزم **Scotch Yoke** را با نرم افزار تحلیل نمایید.
2) حرکت نسبی: وسیله نشان داده شده در شکل با سرعت $۳۰_{km/h}$ به سمت راست حرکت می کند. قطر چرخهای ۲ و ۴ به ترتیب ۰.۶ و ۰.۴ متر می باشد. سرعتهای زیر را برحسب m/s و rad/s بدست آورید.

$V_{O_2}, V_{B/O_2}, V_B, V_C, V_{B/C}$ $\omega_2, \omega_4, \omega_{2/4}$





3) مکانیزم تماس مستقیم دو دندانه **involutes** چرخدنده را بررسی نمایید.
4) در مورد ویژه گی **Positive Drive** در مکانیزمها تحقیق نمایید.