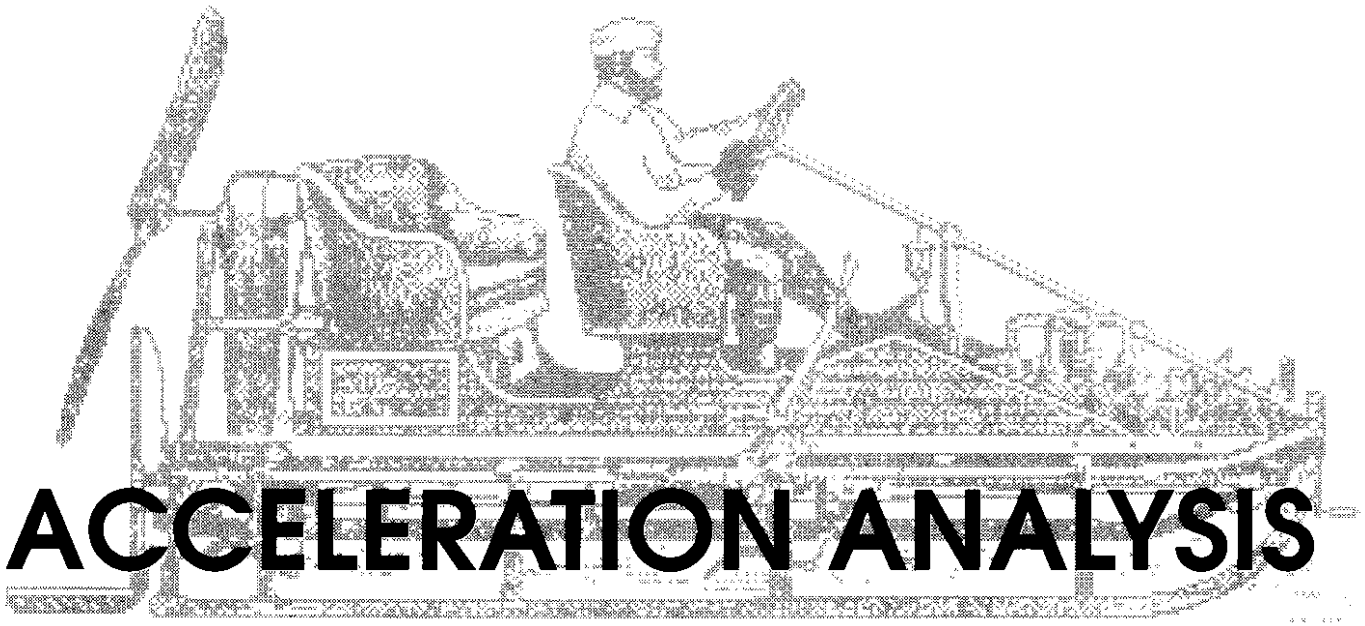
فصل ۶ شتاب در مکانیزمها



فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- در فصلهای قبلی سرعت خطی لحظه ای یک نقطه روی مکانیزم و سرعت زاویه ای لحظه عضو مورد نظر تعیین شدند. در این فصل "شتابهای خطی و زاویه ای" مورد بررسی قرار می گیرند.

- تحلیل شتاب از طریق جمع شتابهای نسبی انجام می شود، این روش شبیه به روش سرعتهای نسبی می باشد.

- در چندضلعی شتاب قطب بصورت O" (double prime) نمایش داده می شود.
- سایر نقاط نیز با (double prime) نشان داده می شوند.
- خطوط رسم شده از قطب به نقاط شتاب مطلق و خط بین دو نقطه شتاب نسبی را مشخص می سازد.

- معادلات شتاب

$$A^n = \frac{V^2}{R} = R\omega^2 = V\omega$$

$$A^t = R\alpha$$

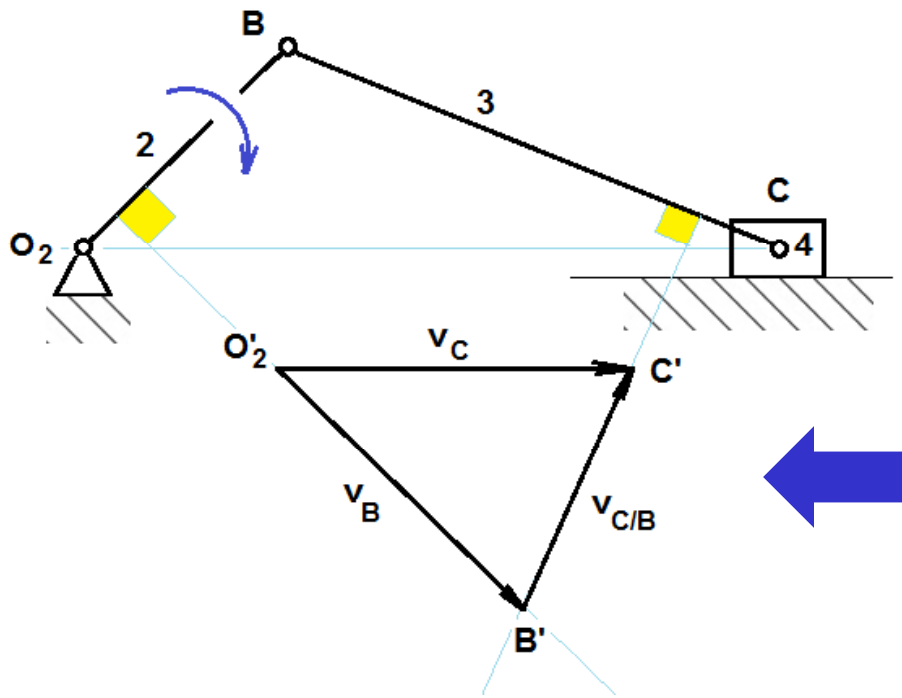
$$A = \sqrt{(A^n)^2 + (A^t)^2}$$

- علاوه بر مولفه های مماسی و عمودی شتاب مولفه "Coriolis" شتاب نیز مورد بررسی قرار گرفت.

$$A_{cor} = 2V\omega$$

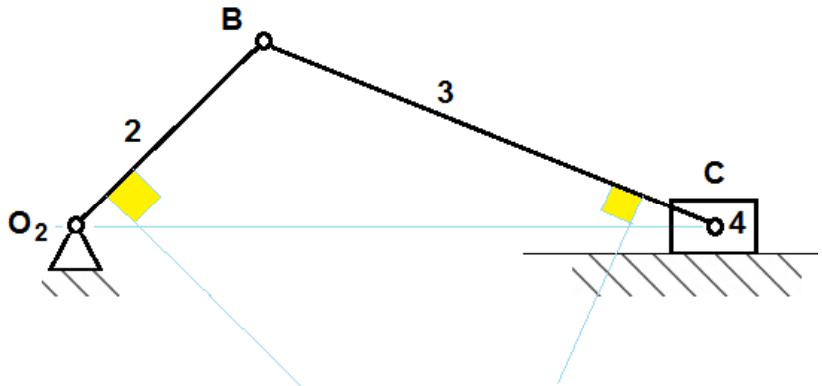
فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- **شتاب خطی**
  - در مکانیزم لغزنده و لنگ، لنگ دارای سرعت یکنواخت ω_2 می باشد. شتاب نقطه C را بدست آورید.



$$V_C = V_B + V_{C/B}$$

فصل ۶ شتاب در مکانیزمها



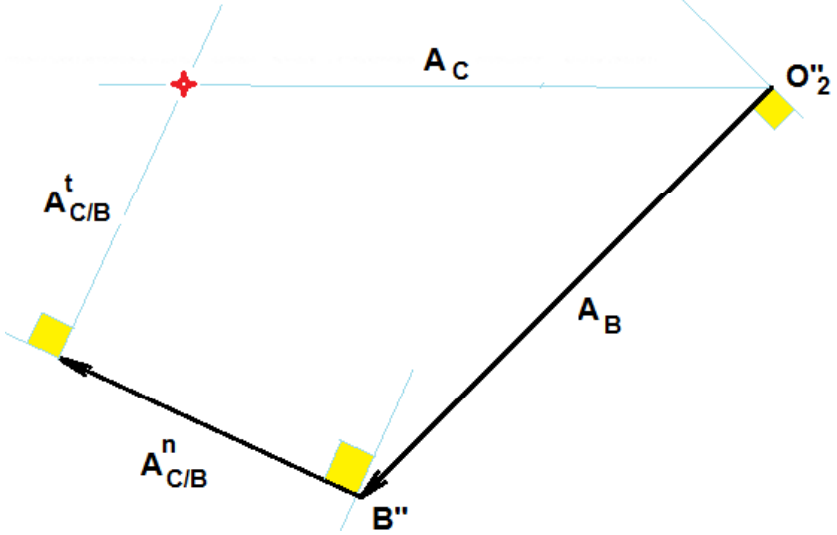
- رسم دیاگرام شتاب

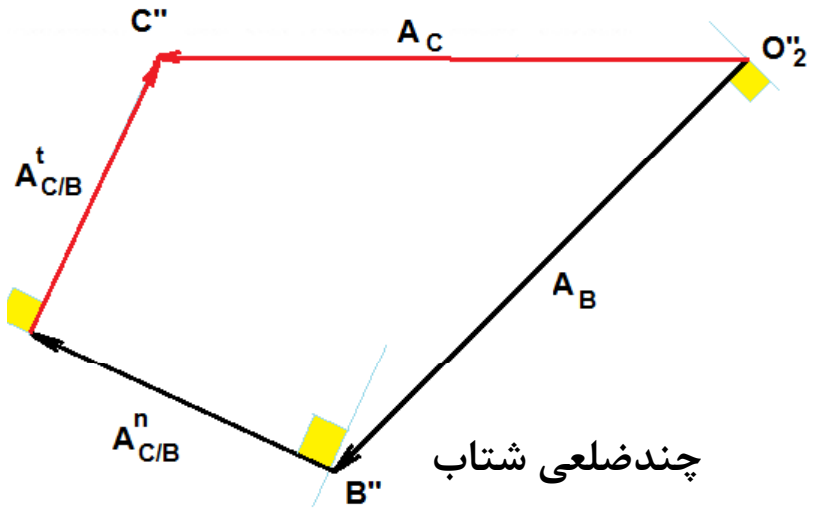
$$A_C = A_B + A_{C/B}$$

$$A_C^n + A_C^t = A_B^n + A_B^t + A_{C/B}^n + A_{C/B}^t$$

$$A_B^t = 0$$

$$A_{C/B}^n = \frac{V_{C/B}^{\ 2}}{BC}$$





چندضلعی شتاب

Ferdowsi University of Mashad

- تصویر شتاب (Acceleration Image)
  - برای هر عضو مکانیزم یک تصویر در چندضلعی شتاب وجود دارد.
  - نقاط B و C را در نظر بگیرید:

$$A_{B/C} = A^n_{B/C} + A^t_{B/C}$$

$$|A_{B/C}| = \sqrt{{A^n_{B/C}}^2 + {A^t_{B/C}}^2}$$

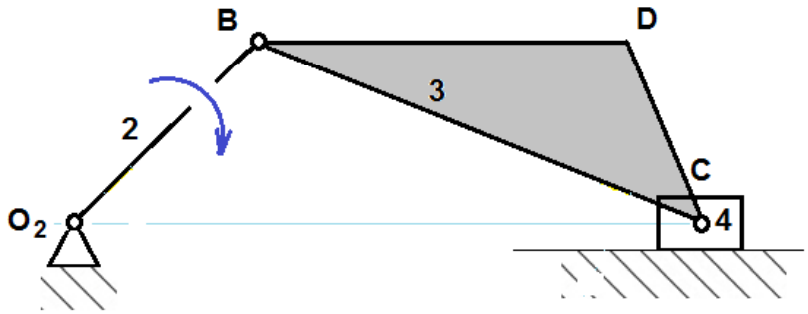
$$= \sqrt{(BC\,\omega^2)^2 + (BC\,\alpha)^2}$$

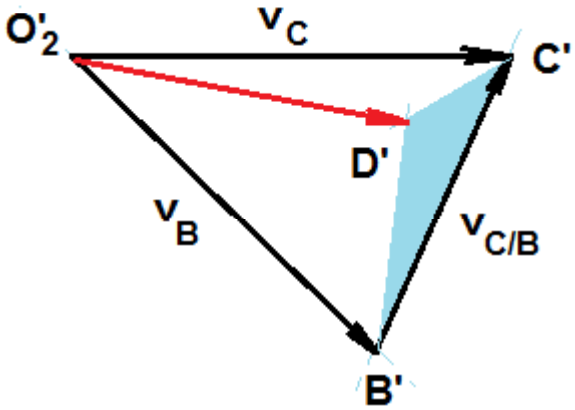
$$= BC\sqrt{\omega^4 + \alpha^2}$$

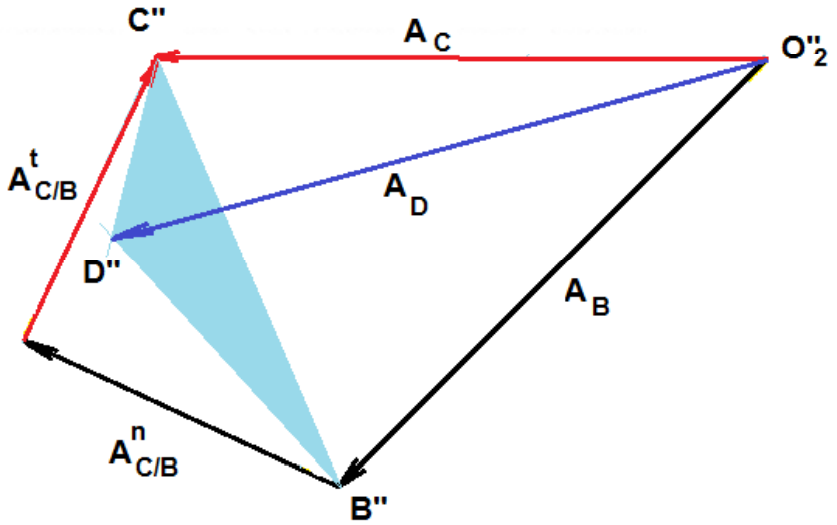
لذا شتاب نسبی متناسب با طول عضو است، به عبارت دیگر نقاط روی چند ضلعی شتاب تصویر نقاط متناظر روی مکانیزم می باشند.

فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- شتاب نقطه D
  - شتاب $A_{D/C}$ و $A_{D/B}$ را بدست آورید.







فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

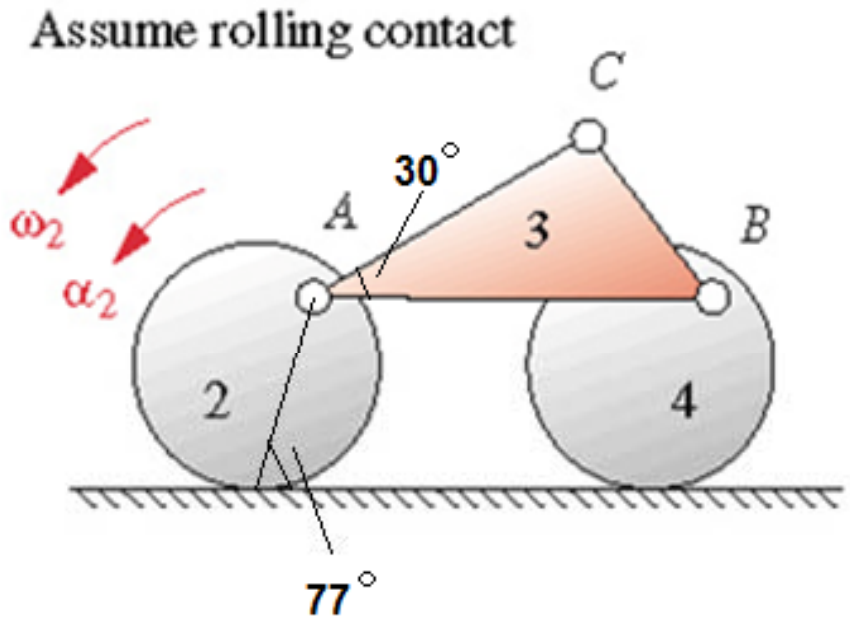
شتاب خطی نقاط A، B، C و شتاب زاویه ای عضو ۳ را بدست آورید.

$\omega_2 = 15\ _{rad/sec}$ $\alpha_2 = 10\ _{rad/sec^2}$

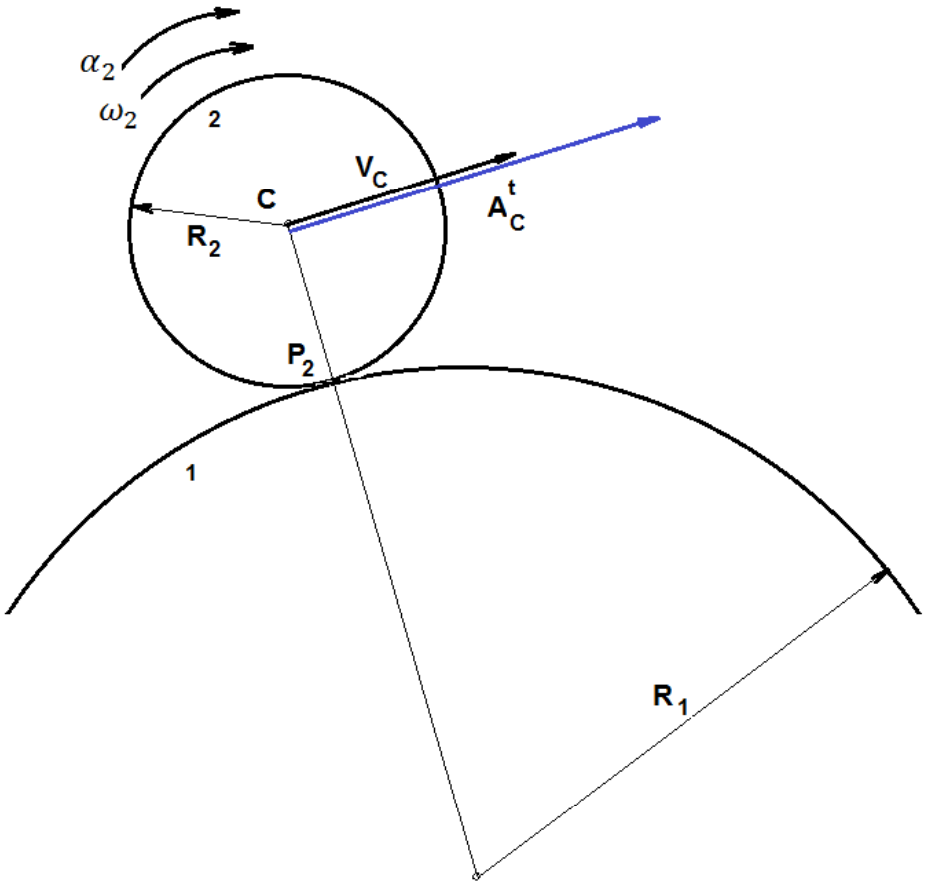
$I_{12}A = 0.75$

AB = 1.5

AC = 1.2



فصل ۶ شتاب در مکانیزمها



قبل از حل مثال فوق، شتاب اعضاء
در تماش غلتشی بررسی می شود

$$A_{P_2} = A_C + A_{P_2/C}$$

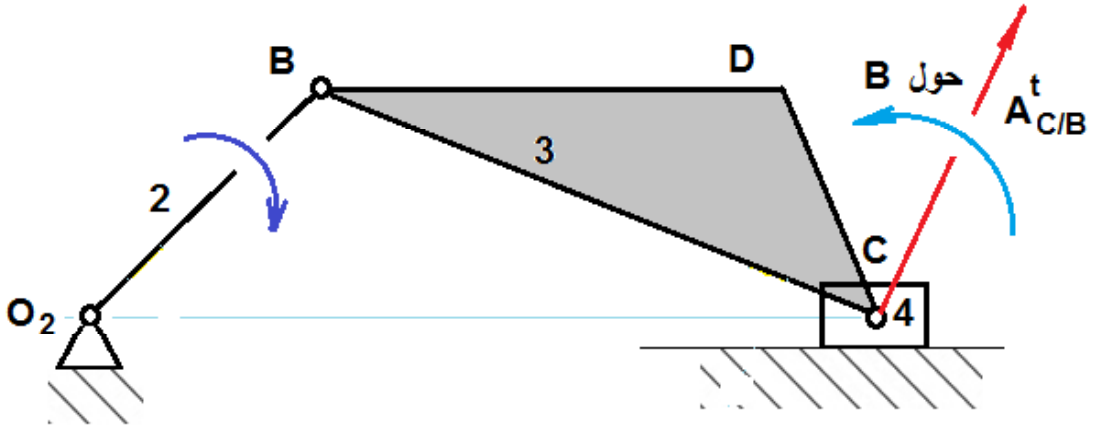
$$A_{P_2} = A_C^n + A_C^t + A_{P_2/C}^n + A_{P_2/C}^t$$

فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- **شتاب زاویه ای**
  - شتاب زاویه ای هر عضو صلب برابر است با شتاب مماسی یک نقطه روی عضو نسبت به نقطه دیگری روی همان عضو تقسیم بر فاصله آن دو نقطه
  - در مثال قبل شتاب زاویه عضو ۳ برابر است با

$$\alpha_3 = \frac{A^t_{C/B}}{BC}$$

  - جهت شتاب زاویه ای با انتقال شتاب مماسی روی دیاگرام سینماتیکی مکانیزم بدست می آید.



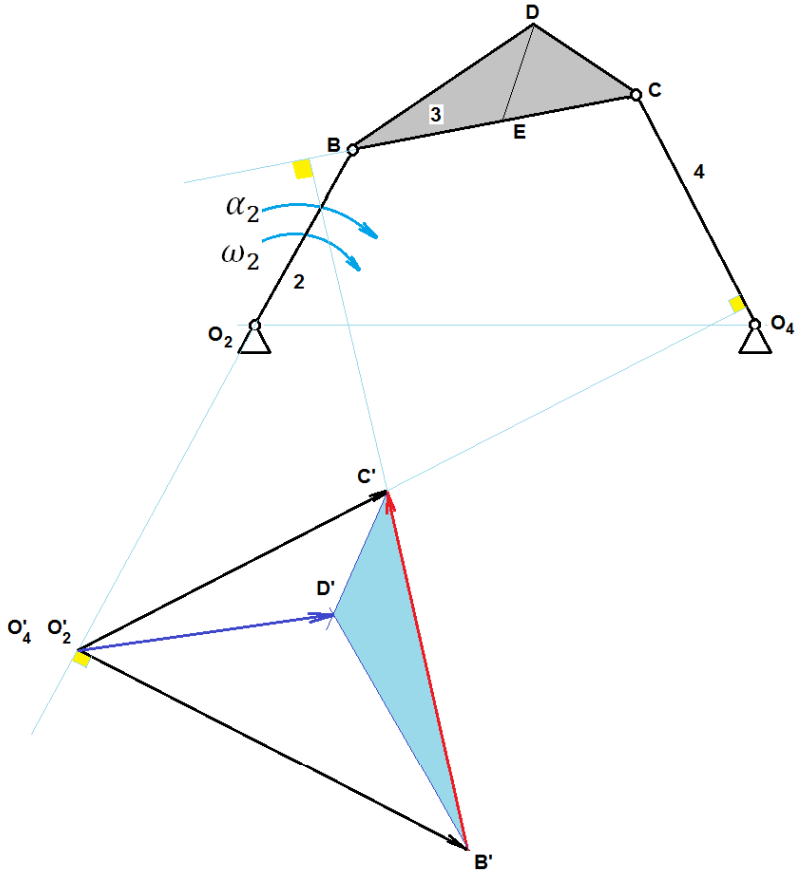
فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

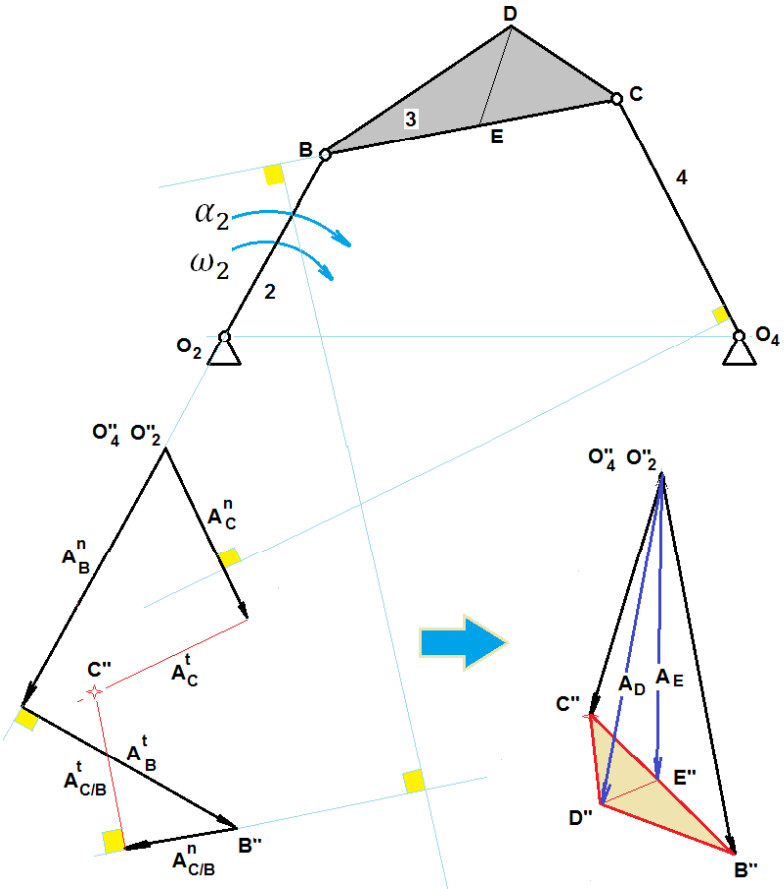
- مکانیزم چهار میله

$$V_C = V_B + V_{C/B}$$

$$A_C = A_B + A_{C/B}$$

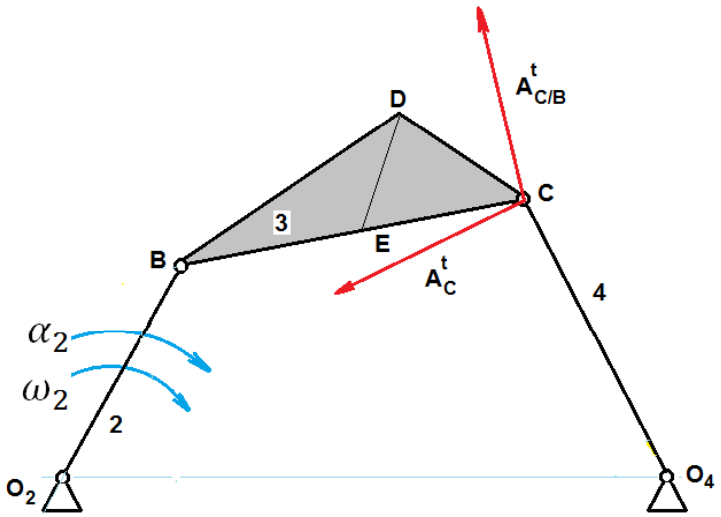
$$A_C^n + A_C^t = A_B^n + A_B^t + A_{C/B}^n + A_{C/B}^t$$

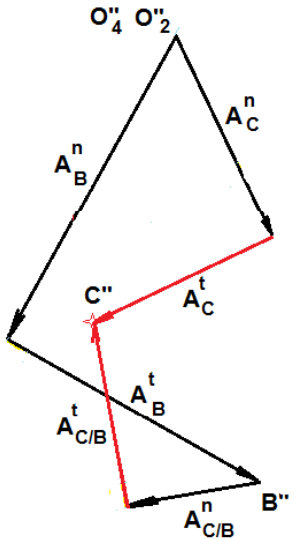




فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- شتاب زاویه ای



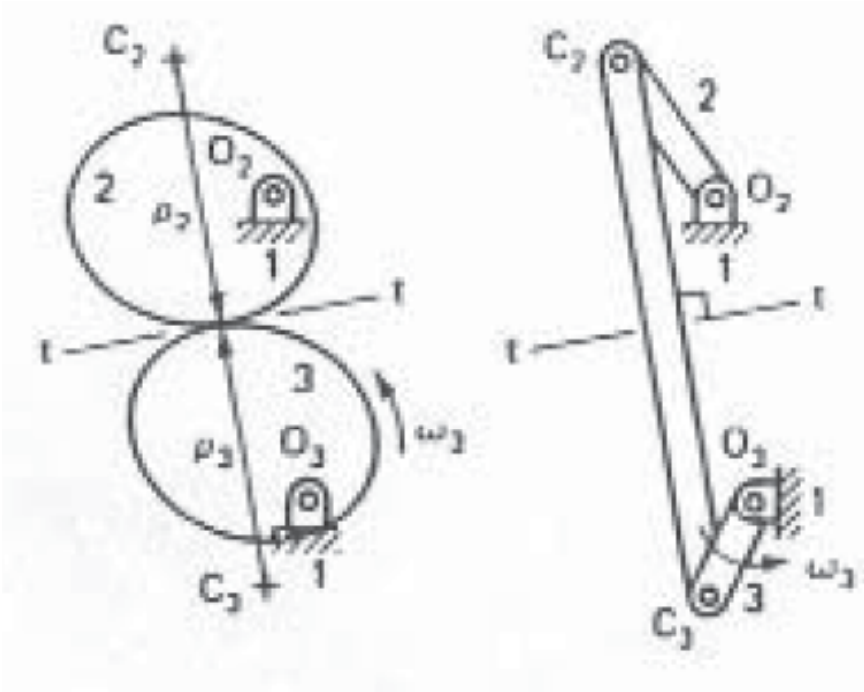


$$\alpha_3 = \frac{A^t_{C/B}}{BC}$$

$$\alpha_4 = \frac{A^t_C}{C_4}$$

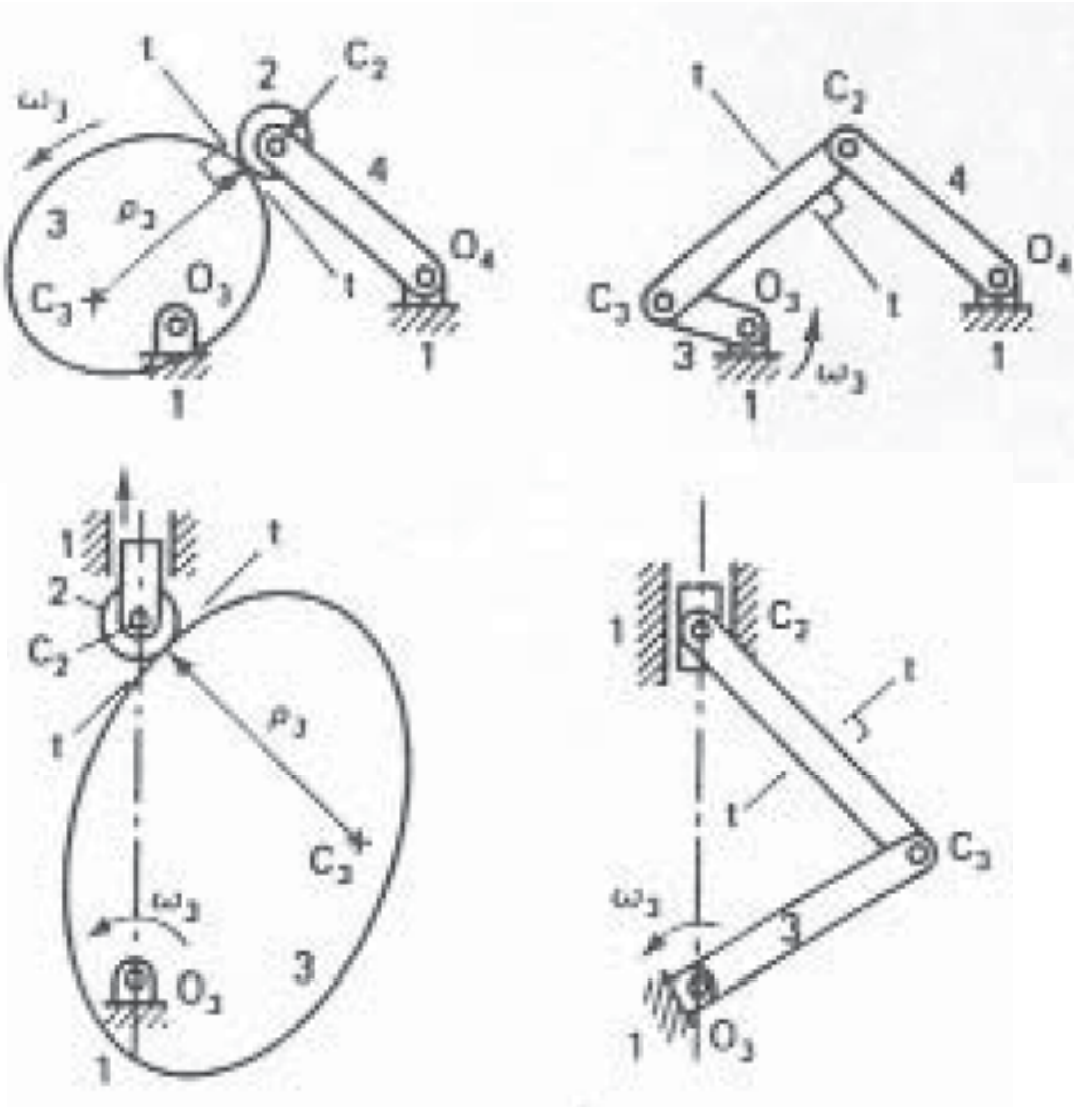
فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- **مکانیزمهای معادل**
  - هنگام تحلیل شتاب مکانیزمهای تماس مستقیم به منظور ساده شدن تحلیل می توان آنها را با مکانیزم معادل جایگزین کرد.
  - C_2C_3 عمود مشترک و C_2 و C_3 مراکز انحنا دو جسم است.
  - در صورتیکه پینهای مکانیزم چهار میله در این نقاط قرار گیرد، اثبات می شود دو مکانیزم معادل یکدیگرند.
  - به عبارت دیگر در این لحظه عضو محرک ۲ و متحرک ۳ دارای سرعت و شتاب یکسانی می باشند.

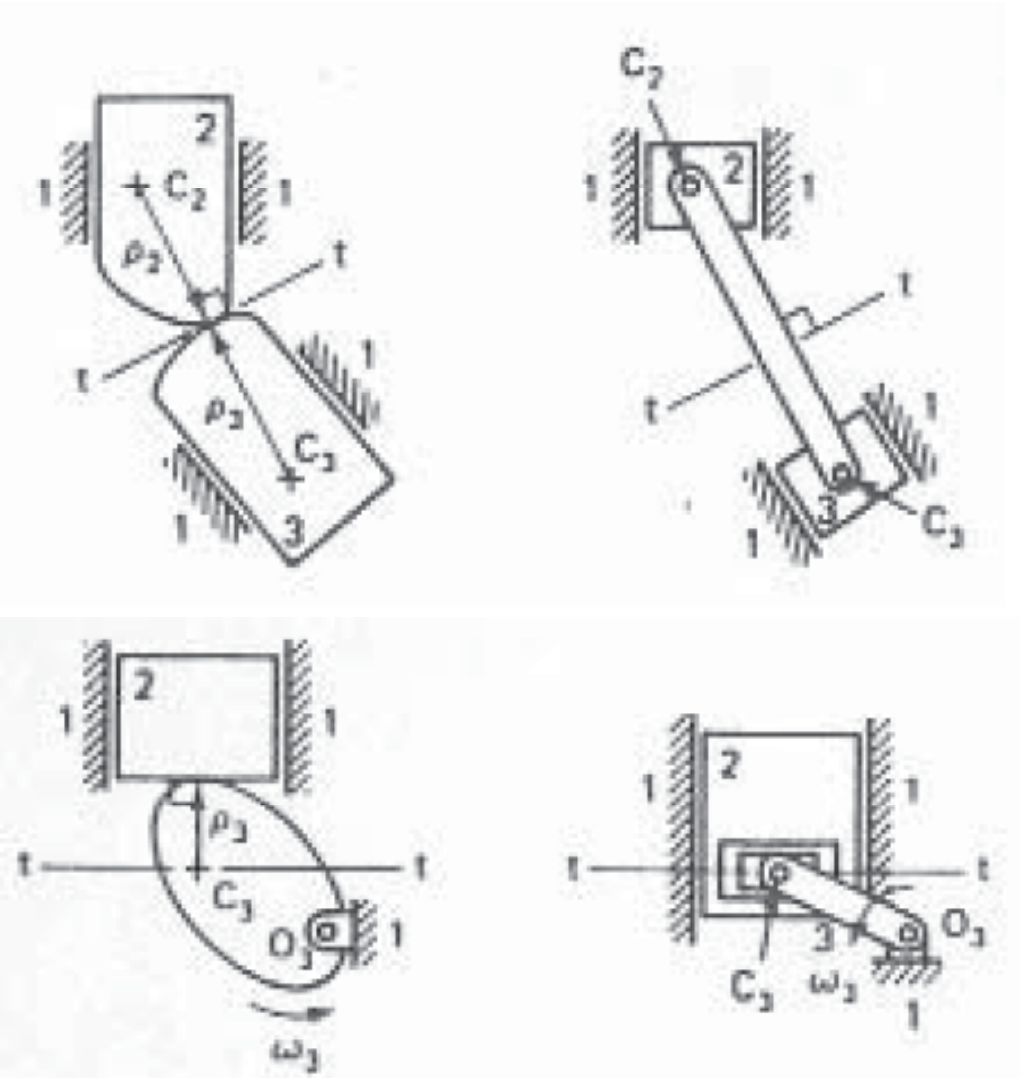


فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

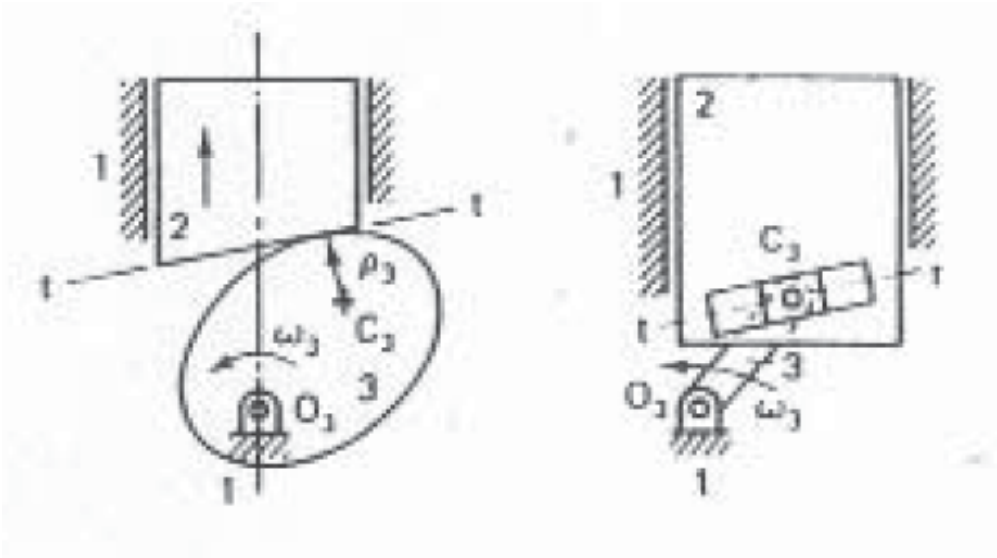
- چند مثال دیگر

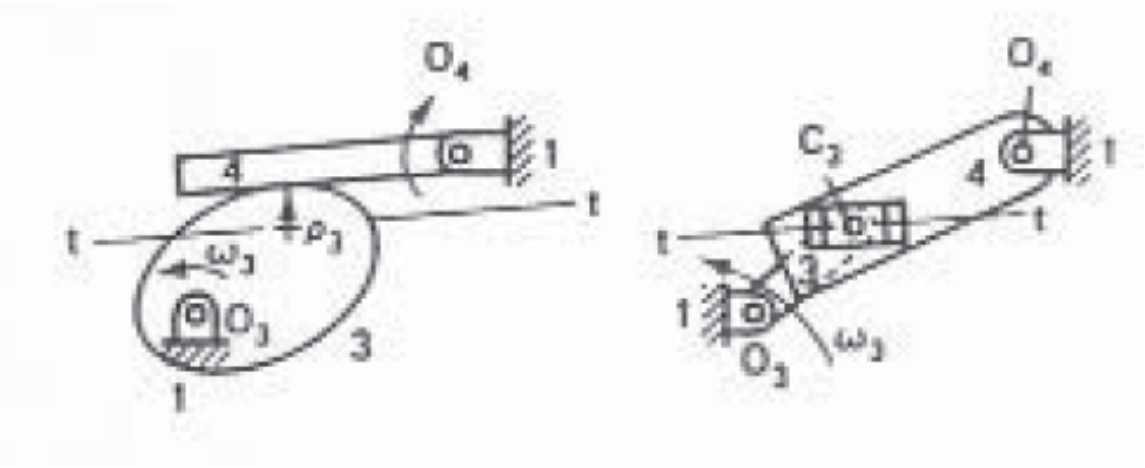


فصل ۶ شتاب در مکانیزمها



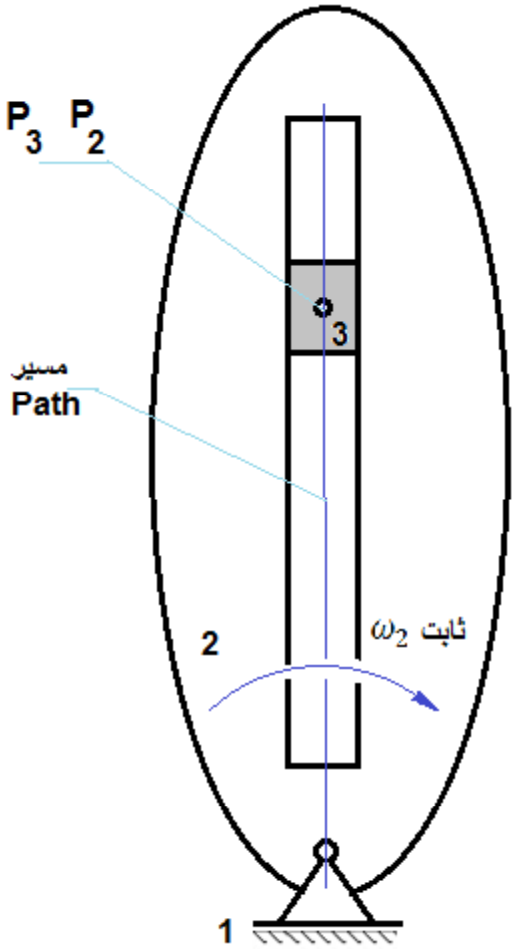
فصل ۶ شتاب در مکانیزمها



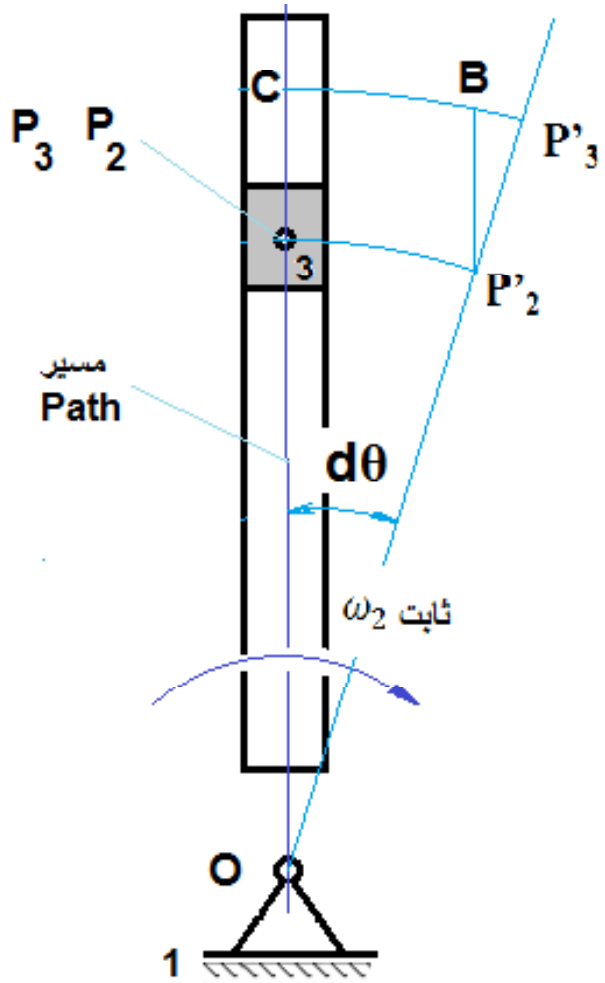


فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- شتاب **Coriolis**
  - مثالهائی که تا کنون برای تحلیل شتاب مکانیزم استفاده شده اند، فقط دارای اتصال پین بوده اند و یا معکوسی از مکانیزم لغزنده لنگ انتخاب شد که عضو لغزنده دورانی نداشته است.
  - وقتی که اتصال لغزنده در روی یک عضو دورانی قرارداشته باشد، مولفه دیگری از شتاب به نام "شتاب **Coriolis**" وجود خواهد داشت.



فصل ۶ شتاب در مکانیزمها



- در مدت زمان **dt** مسیر به اندازه **dθ** با سرعت زاویه ای ثابت ω_2 دوران داشته و نقطه P_2 به نقطه P'_2 منتقل شده است.
- در همین مدت زمان نقطه P_3 به P'_3 منتقل می شود.
- می توان این تغییر مکان را به صورت زیر نمایش داد.

$$P_2P'_2 + P'_2B + BP'_3$$

- تغییر مکان $P_2P'_2$ و P'_2B با سرعت ثابت بوده اما تغییر مکان BP'_3 در نتیجه شتاب در این راستاست:

$$arcBP'_3 = (P'_2B)d\theta$$

$$= (V_{P_3/P_2}dt)\,(\omega_2 dt) = V_{P_3/P_2}\,\omega_2\,dt^2$$

- سرعت نقطه P_3 عمود بر خط **OF** بوده و با نرخ ثابتی زیاد می شود (چرا).
- به عبارت دیگر شتاب نقطه P_3 عمود بر **OF** ثابت است:

$$BP'_3 = ds = \frac{1}{2}A(dt)^2$$

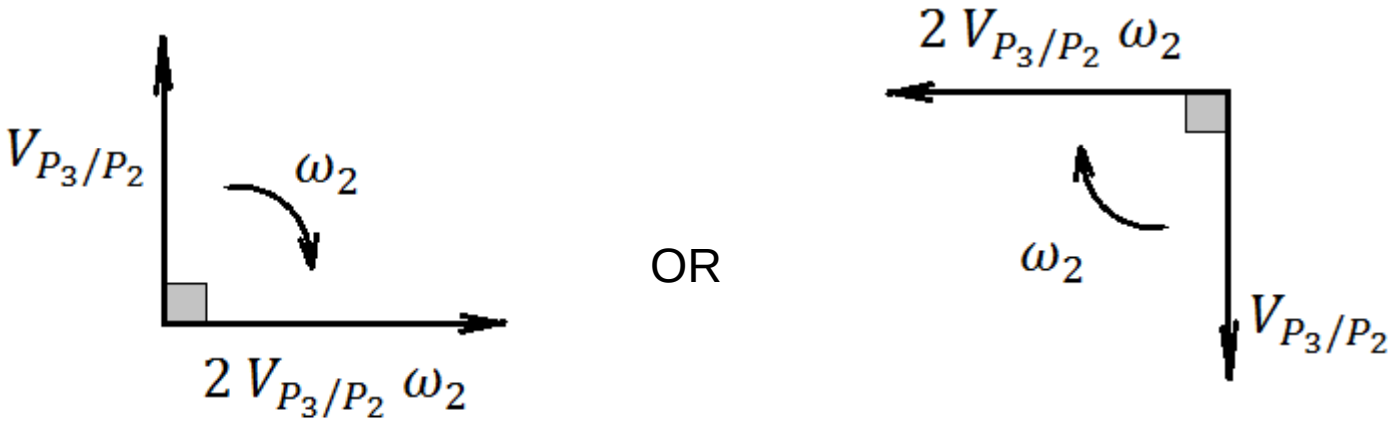
$$V_{P_3/P_2}\,\omega_2\,dt^2 = \frac{1}{2}A(dt)^2$$

$$A = 2\,V_{P_3/P_2}\,\omega_2$$

⇒ مولفه شتاب **Coriolis** نقطه P_3

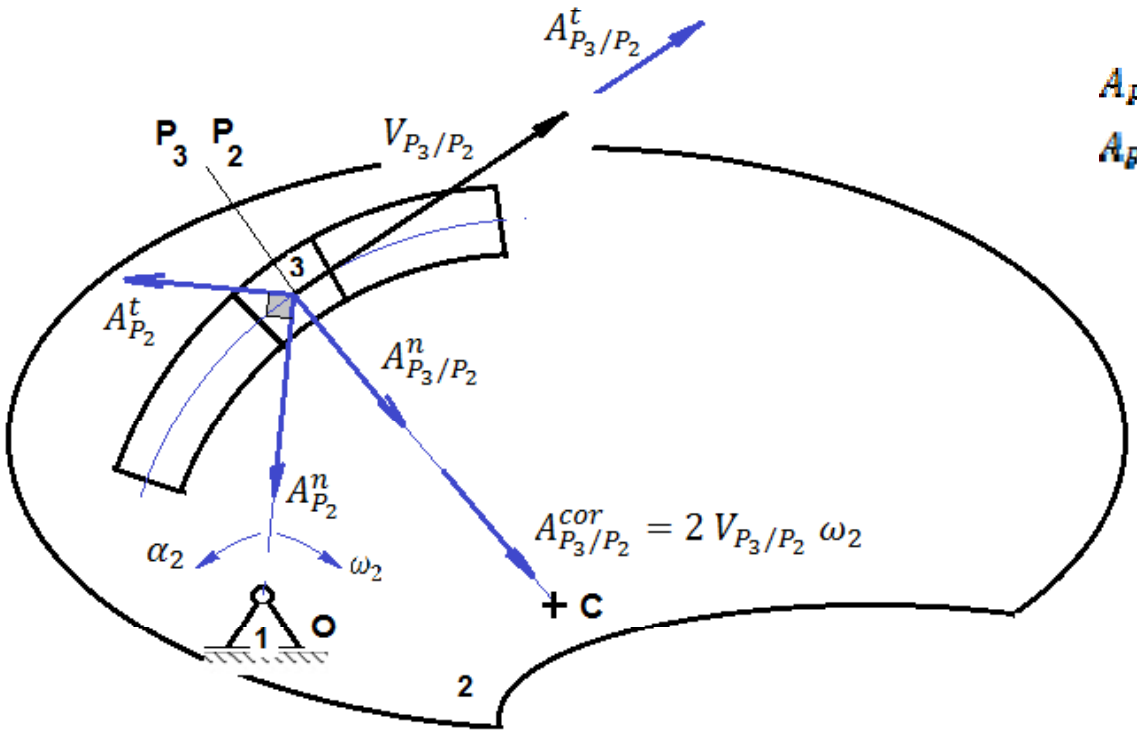
- روش تعیین جهت شتاب Coriolis

دوران 90^o سرعت $V_{P3/P2}$ در جهت سرعت زاویه ای ω_2 مسیر



فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- حالت کلی

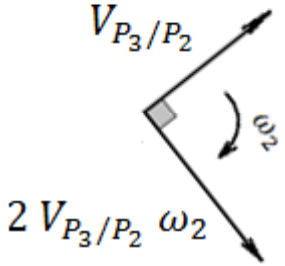


$$A_{P_3} = A_{P_2} + A_{P_3/P_2}$$

$$A_{P_3} = A^n_{P_2} + A^t_{P_2} + A^n_{P_3/P_2} + A^t_{P_3/P_2} + A^{cor}_{P_3/P_2}$$

$$A^n_{P_3/P_2} = \frac{V^2_{P_3/P_2}}{R}$$

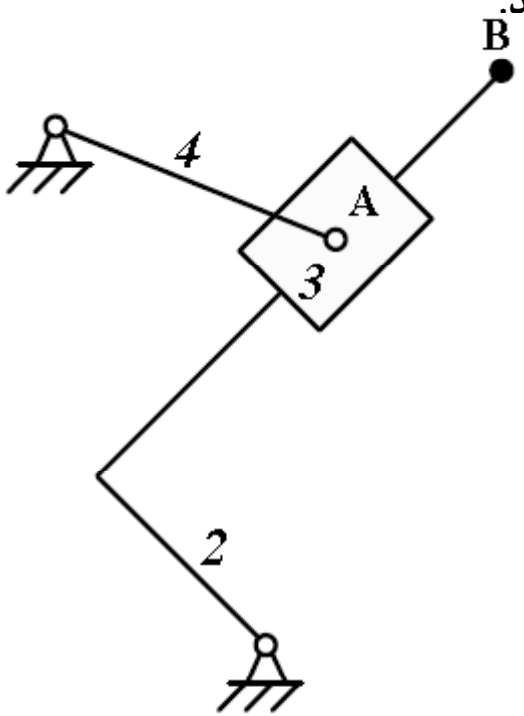
$$A^{cor}_{P_3/P_2} = 2\,V_{P_3/P_2}\,\omega_2$$



فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

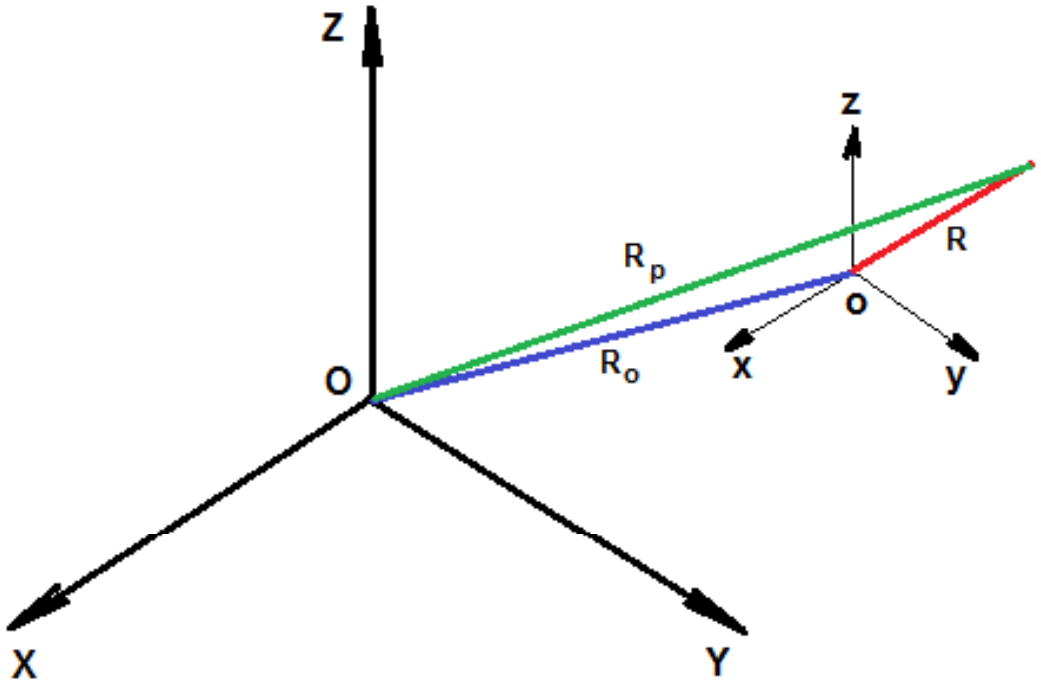
حل چند مثال

- مکانیزم نشان داده شده با مقیاس ۱/۳ واقعی رسم شده است، بازوی ۴ با نرخ $1_{rad/sec}$ CCW دوران می کند و با نرخ $0.5_{rad/sec^2}$ افزایش سرعت دارد. سرعت و شتاب زاویه ای بازوی ۲ و شتاب خطی نقطه B را بدست آورید.



فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- تحلیل سرعت و شتاب با استفاده از روابط برداری
  - دستگاه ثابت **XYZ** دستگاه متحرک **xyz**
  - موقعیت نقطه **P** نسبت به دستگاه ثابت



$$R_p' = R_o' + R'$$

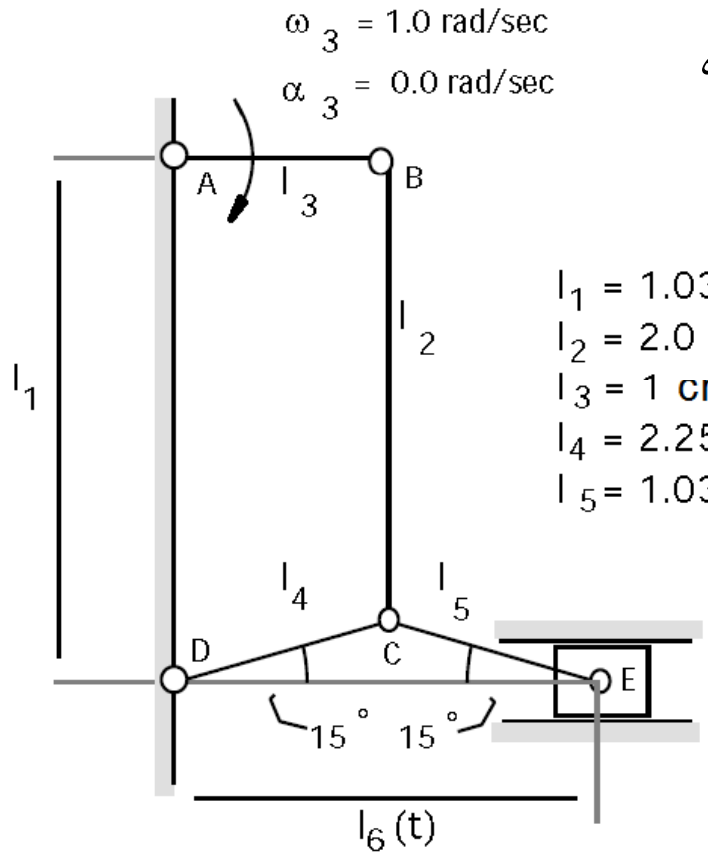
$$\overrightarrow{R_o'} = x_o\hat{i} + y_o\hat{j} + z_o\hat{k}$$

$$R' = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$

فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

- **تمرینات و مسائل فصل ۶**

۱- سرعت و شتاب زاویه ای بازوهای ۲، ۴ و ۵ را بدست آورده سپس شتاب خطی نقطه **E** را محاسبه نمایید.

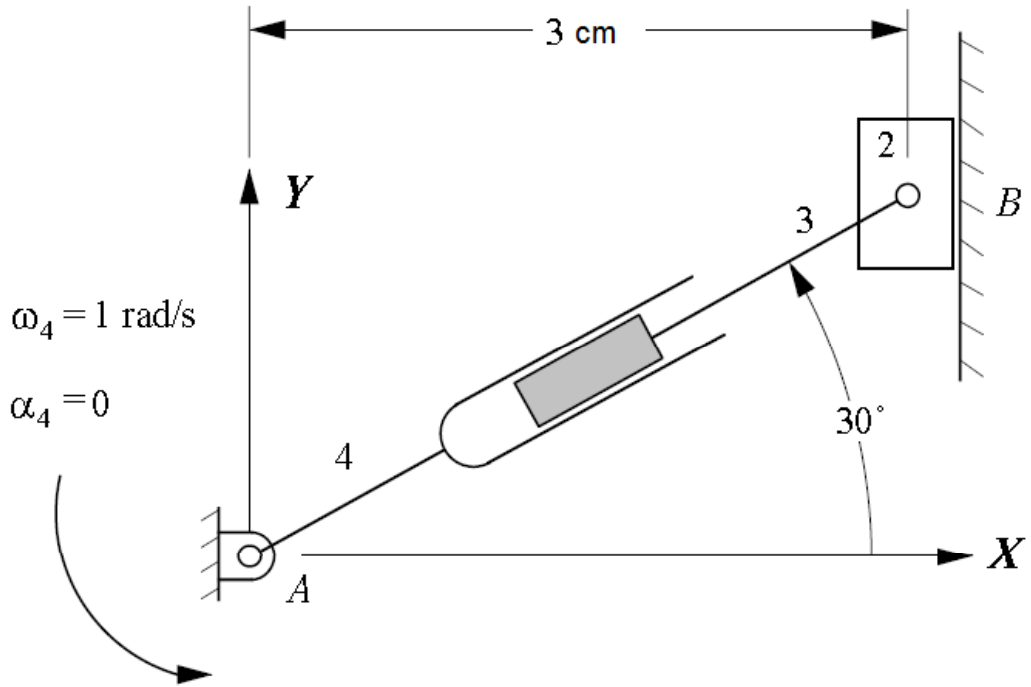


$l_1 = 1.035$ cm
$l_2 = 2.0$ cm
$l_3 = 1$ cm
$l_4 = 2.259$ cm
$l_5 = 1.035$ cm

velocity scale: 1cm/sec = 2 cm
acceleration scale: 1cm/sec ^{2} = 2 cm

فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

۲- سرعت و شتاب خطی نقطه B را بدست آورید.



Velocity Scale

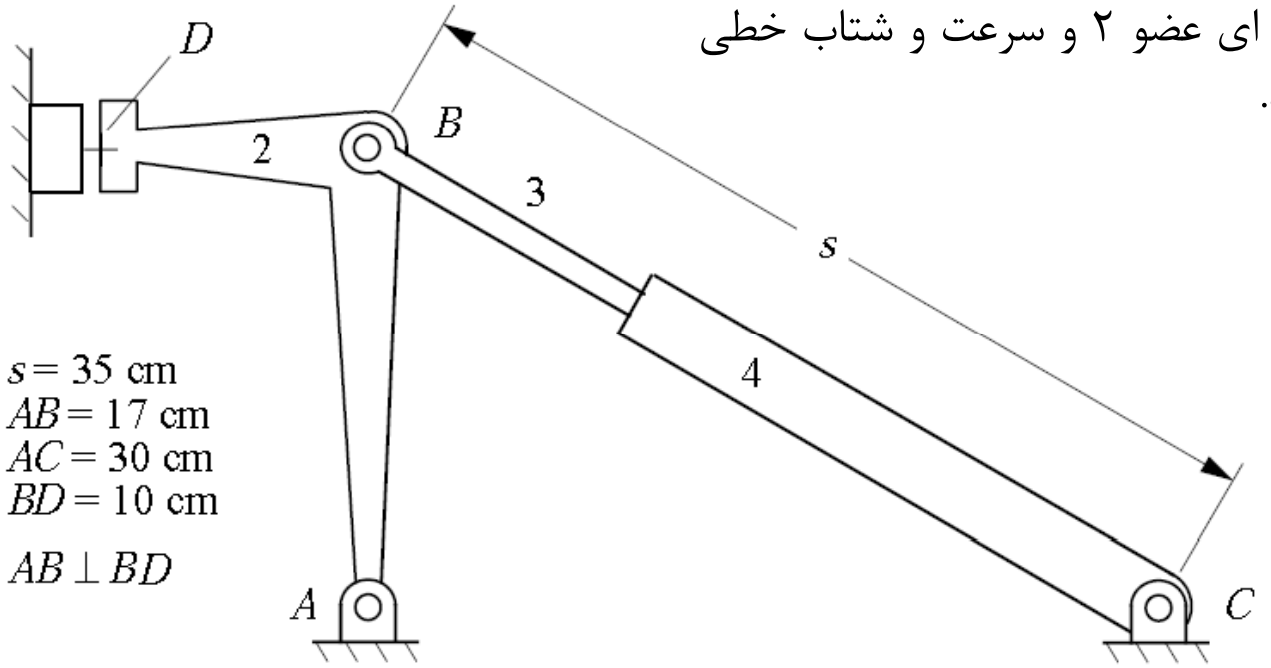
2 cm /sec

Acceleration Scale

2 cm /sec ^{2}

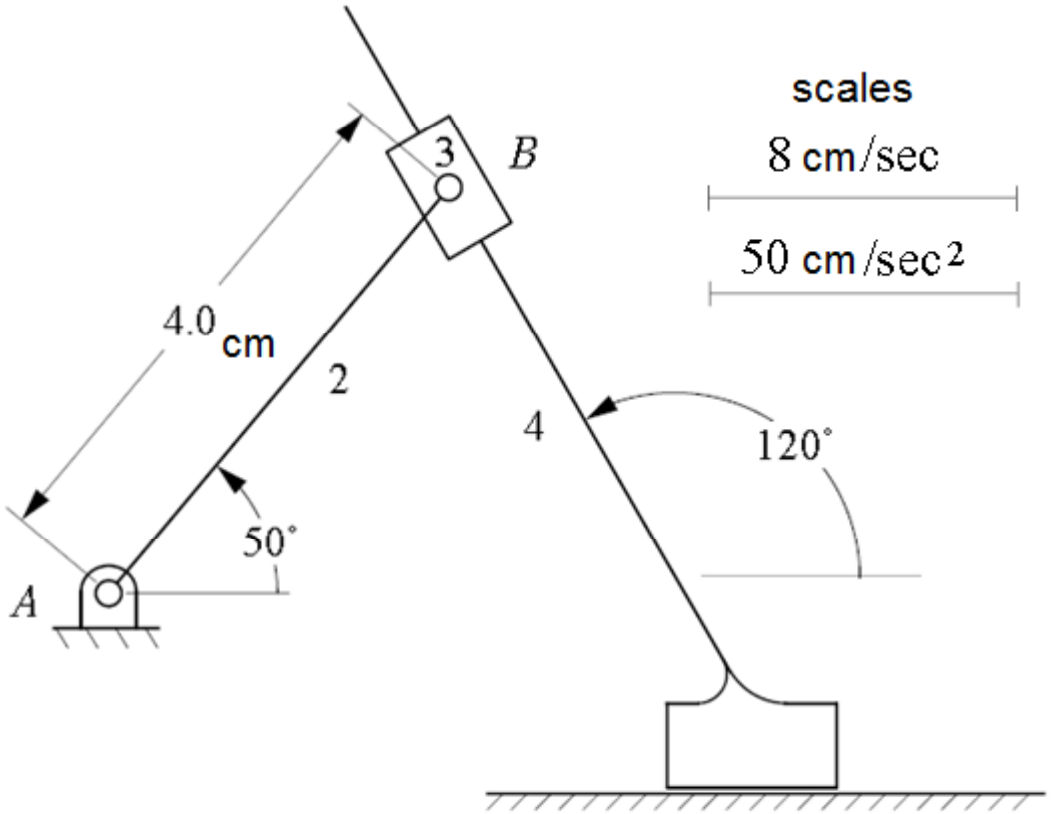
فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

۳- مکانیزم clamping نشان داده شده در شکل توسط یک جک پنوماتیک عمل می کند. اگر سرعت و شتاب باز شدن جک به ترتیب 5 cm/s و 2 cm/s^2 باشد سرعت و شتاب زاویه ای عضو ۲ و سرعت و شتاب خطی نقطه D بدست آورید.



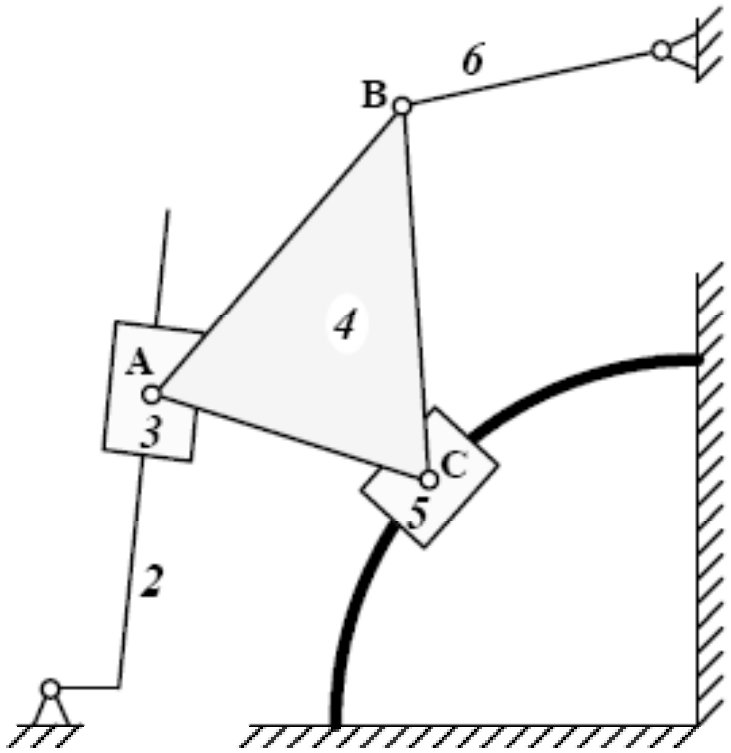
فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

۴- در مکانیزم زیر عضو ۴ با سرعت و شتاب خطی $8_{cm/s}$ و $80_{cm/s^2}$ به سمت چپ حرکت می کند. سرعت و شتاب زاویه ای عضو ۲ را بدست آورید.



فصل ۶ شتاب در مکانیزمها

۵- مکانیزم زیر با مقیاس نصف رسم شده است. میله ۶ با سرعت ثابت ۱.۱۵ رادیان بر ثانیه CW دوران میکند. سرعت و شتاب زاویه ای میله ۲ را با استفاده از دیاگرام سرعت و شتاب بدست آورید.



پایان