# DİNAMİK - 12

**Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali Dayıoğlu**
**Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi**
**Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü**

# 12. HAFTA

**Kapsam:**

- Rijit cisimlerin düzlemsel kinematiği
- Öteleme hareketi
- Sabit bir eksen etrafında dönme
- Genel düzlemsel hareket
- Bağıl hareket analizi: Hız
- Örnek problem çözümleri

# BÖLÜM 5

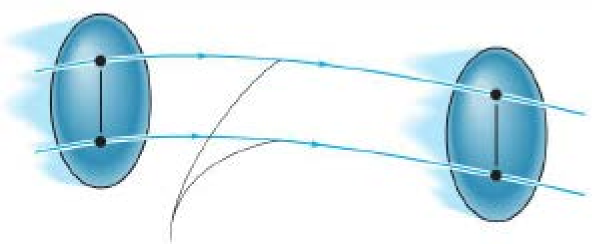
# Rijit Cisimlerin Düzlemsel Kinematiği

# 5.1 Rijit Cisim Hareketleri

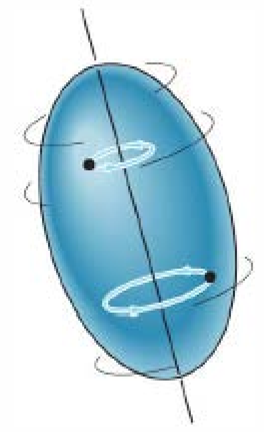
Bir rijit cisim aşağıdaki sıralanan 3 tip hareket yapabilir:

1. Öteleme hareketi (Doğrusal – eğrisel)
2. Sabit bir eksen etrafında dönme
3. Genel düzlemsel hareket (öteleme+dönme)

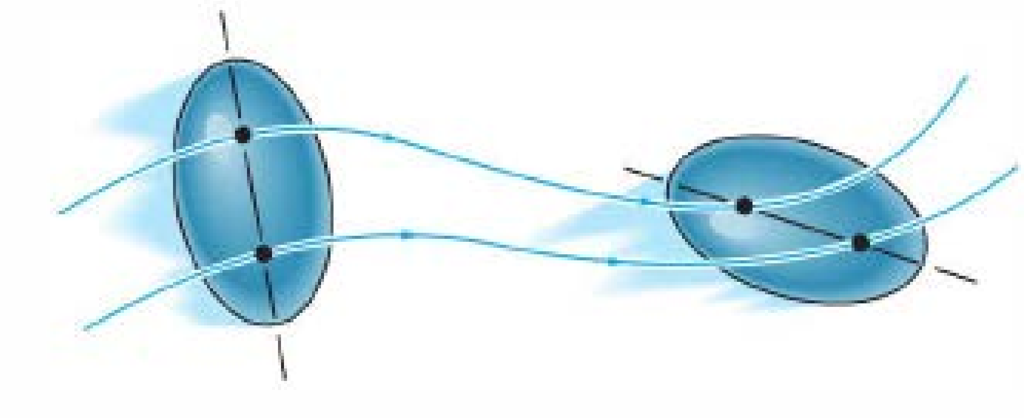
doğrusal



eğrisel

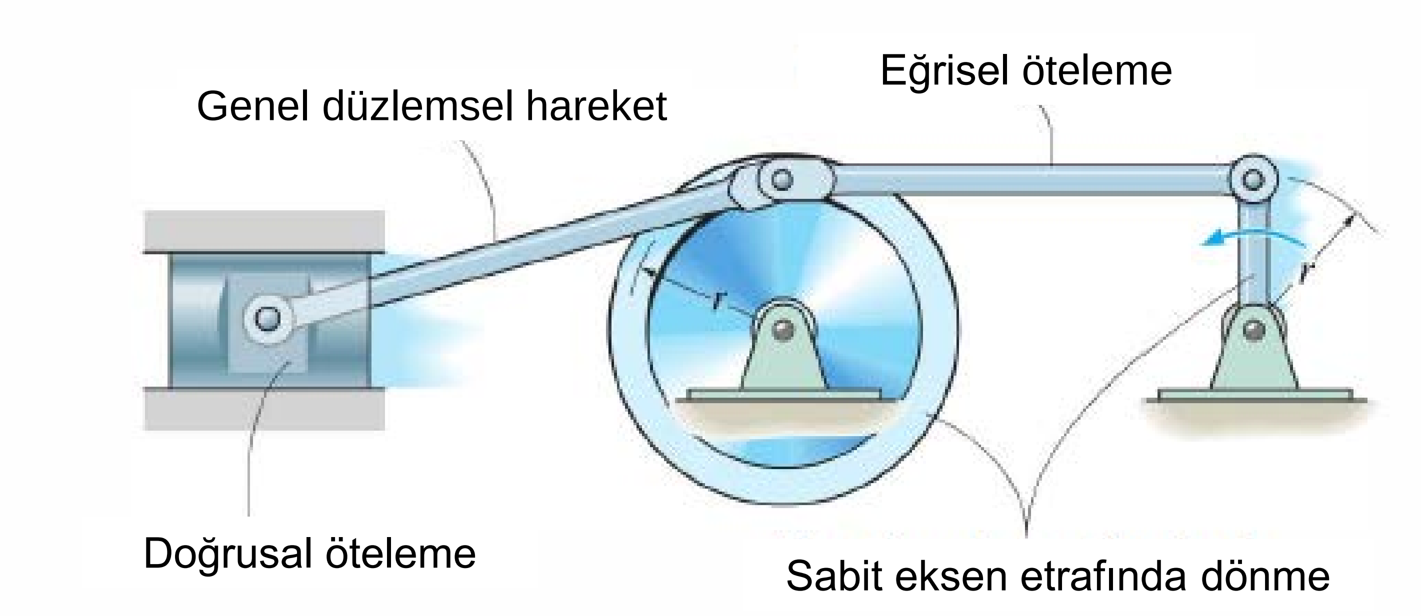


Sabit eksen etrafında dönme



Genel düzlemsel hareket

# 5. Rijit Cismin Düzlemsel Kinematiği



# 5.2 Öteleme hareketi

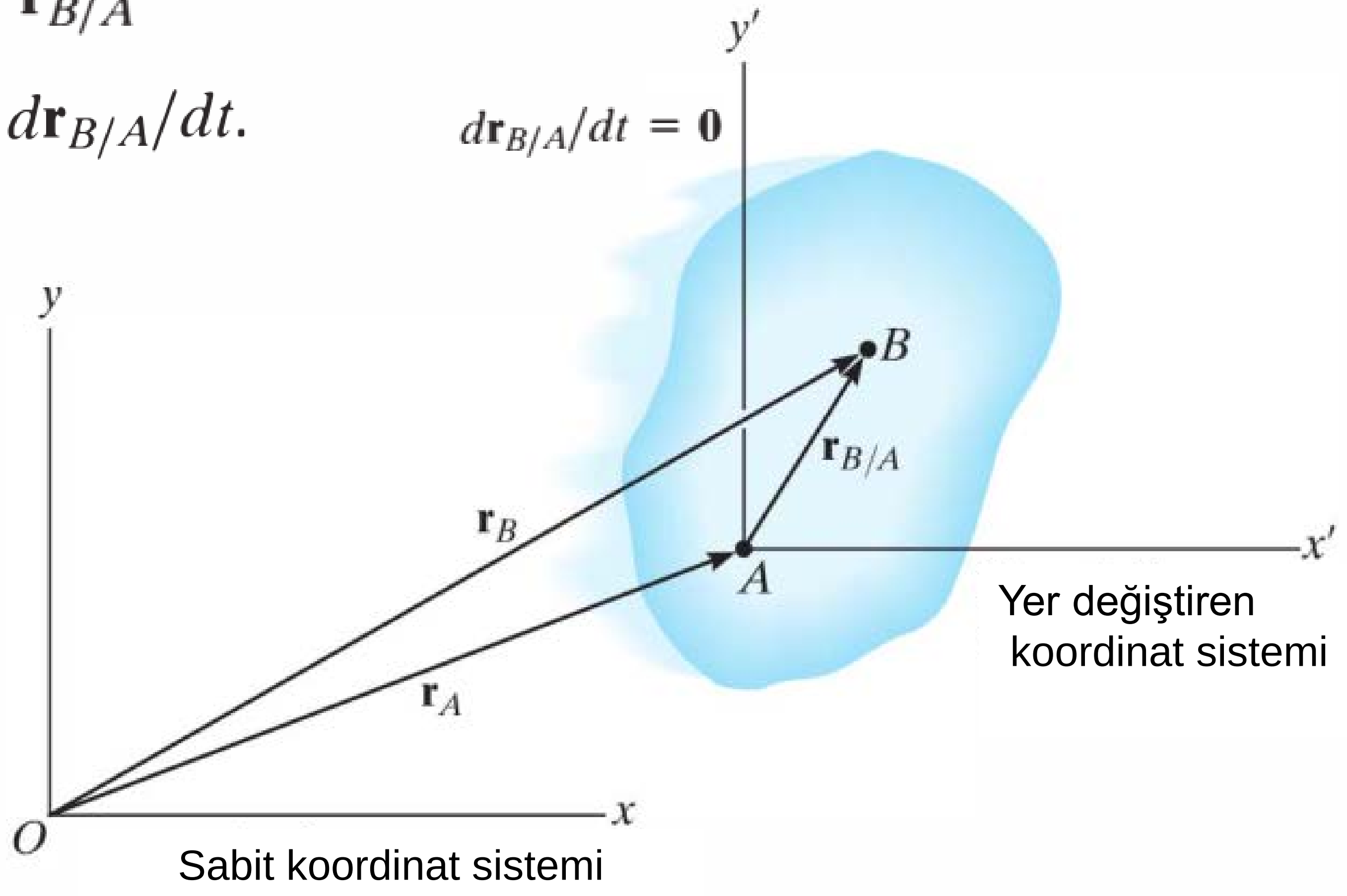
**1. Öteleme hareketi:**

Konum: $\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A}$

Hız: $\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + d\mathbf{r}_{B/A}/dt.$

$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A$

İvme: $\mathbf{a}_B = \mathbf{a}_A$



# 5.3 Sabit bir eksen etrafında dönme

Açısal hareket:
O noktasından geçen eksen etrafında  dönme:

Açısal konum: r ve θ

Açısal hız:

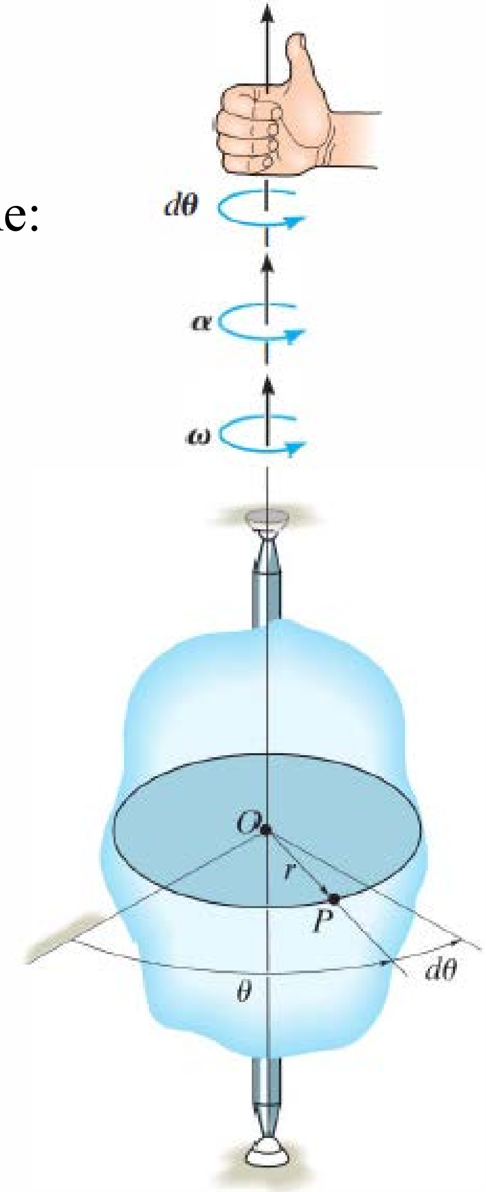
$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

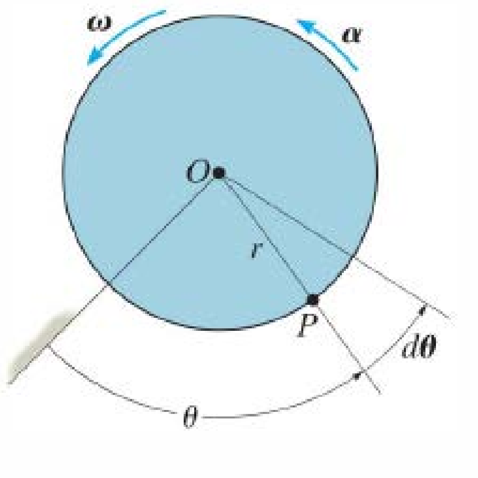
Açısal ivme:

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$\alpha \, d\theta = \omega \, d\omega$$



# 2. Sabit bir eksen etrafında dönme

**Hız**: P  noktasındaki hızın büyüklüğü:

$$v = \omega r$$

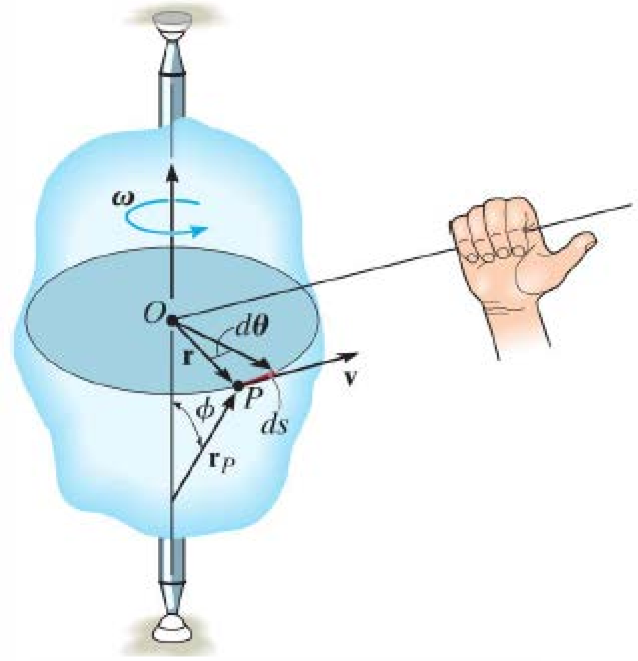
v hızın yönü daireye teğettir. $v = \dot{\theta} r \sin\emptyset$

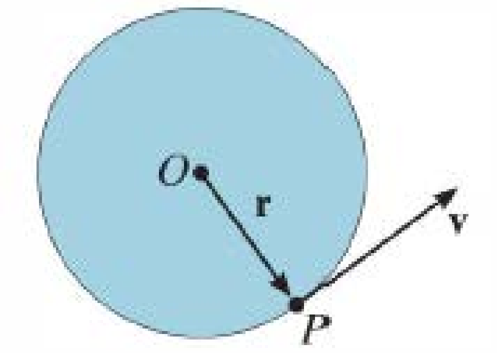
Açısal hız vektörü: $\boldsymbol{\omega} = \dot{\theta}\,\boldsymbol{k}$

Hız vektörü: $\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_P$

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$$

Hız vektörü açısal hız vektörü ile konum vektörünün oluşturduğu düzleme dik olmalıdır.



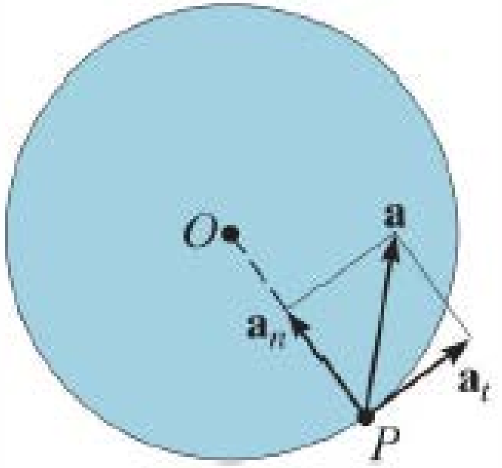
# 2. Sabit bir eksen etrafında dönme

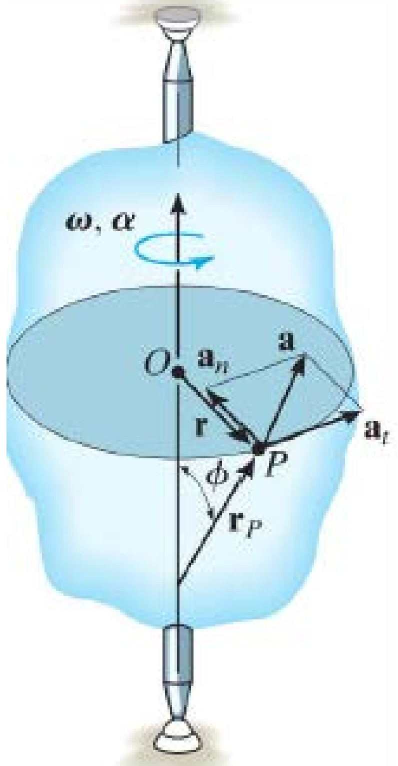
**İvme:** P noktasının ivmesi;

teğetsel ve normal bileşenlere göre tanımlanır:

$$\boxed{a_t = \alpha r}$$

$$\boxed{a_n = \omega^2 r}$$




$\alpha = d\omega/dt$

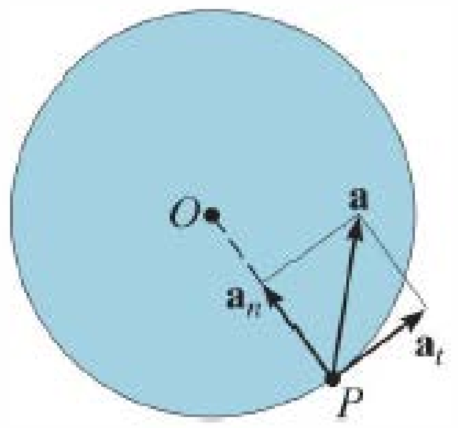
## 2. Sabit bir eksen etrafında dönme

$$\rho = r,\ v = \omega r.$$

**İvme:**

İvmenin teğetsel bileşeni: $a_t = dv/dt$

- P'nin hızı artıyorsa, $\mathbf{a}_t$ $\mathbf{v}$ vektörüyle aynı yöndedir.
- P'nin hızı azalıyorsa, $\mathbf{a}_t$ $\mathbf{v}$ ile ters yönlüdür.
- Hız sabitse , $\mathbf{a}_t$ sıfırdır.




İvmenin normal bileşeni: $a_n = v^2/\rho$

O merkez noktası yönündedir.

$$\alpha = d\omega/dt$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d\boldsymbol{\omega}}{dt} \times \mathbf{r}_P + \boldsymbol{\omega} \times \frac{d\mathbf{r}_P}{dt}$$

$$d\mathbf{r}_P/dt = \mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_P$$

$$\mathbf{a} = \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r}_P + \boldsymbol{\omega} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_P)$$

Açısal ivme vektörü $\boldsymbol{\alpha} = \ddot{\theta}\,\boldsymbol{k}$

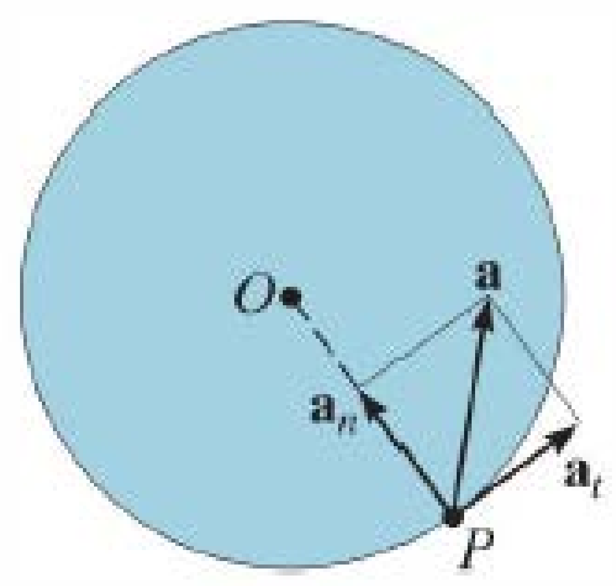
# 2. Sabit bir eksen etrafında dönme

**İvme vektörü:**

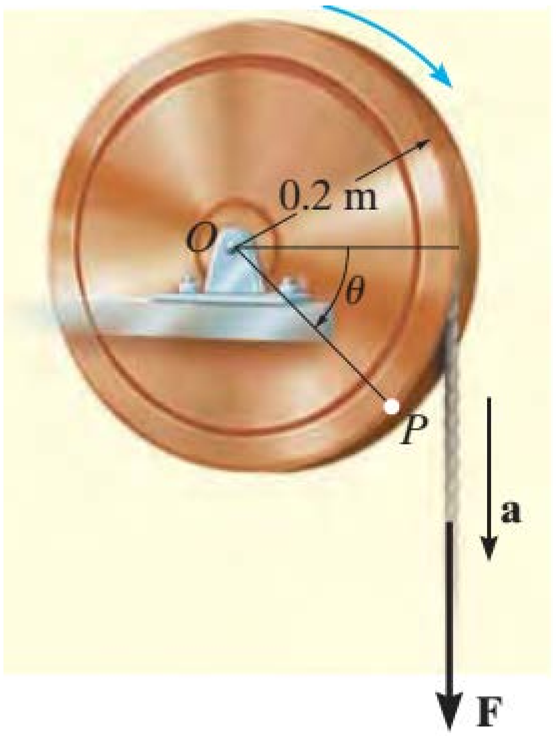
$$\boxed{\begin{aligned}\mathbf{a} &= \mathbf{a}_t + \mathbf{a}_n \\ &= \boldsymbol{\alpha} \times \mathbf{r} - \omega^2\mathbf{r}\end{aligned}}$$

$\mathbf{a}_t$ ve $\mathbf{a}_n$ vektörleri birbirine diktir. $\mathbf{a}$ ivme vektörünün büyüklüğü pisagor teoremine göre belirlenebilir.

**İvmenin büyüklüğü:** $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$,



**Örnek Problem** Şekil 16–5'te gösterildiği gibi, başlangıçta hareketsiz duran bir tekerlek etrafında bir ip sarılıdır. İpe, $t$ saniye cinsinden olmak üzere, $a = (4t)$ m/s$^2$ ivmesi veren bir kuvvet uygulandığına göre, (a) tekerleğin açısal hızını, (b) $OP$ çizgisinin radyan cinsinden ölçülen açısal konumunu zamanın fonksiyonu olarak belirleyiniz.



## Çözüm

*(a).* Tekerlek, $O$ noktasından geçen sabit bir eksen etrafında dönmektedir. Bu yüzden, tekerlek üzerindeki $P$ noktası bir dairesel yörüngede hareket eder ve dolayısıyla bu noktanın ivmesi *hem* teğetsel *hem de* normal bileşene sahiptir. Özel olarak, teğetsel bileşen $(a_P)_t = (4t)$ m/s$^2$'dir, çünkü ip tekerleğe bağlıdır ve $P$'de tekerleğe *teğettir*. Dolayısıyla, tekerleğin açısal ivmesi

$$(+) \qquad (a_P)_t = \alpha r$$

$$(4t)\ \text{m/s}^2 = \alpha(0.2\ \text{m})$$

$$\alpha = 20t\ \text{rad/s}^2$$

dir. Bu sonuç kullanılarak, tekerleğin $\omega$ açısal hızı artık $\alpha = d\omega/dt$'den belirlenebilir, çünkü bu denklem $\alpha$, $t$ ve $\omega$'yı birbirine bağlar. $t = 0$'da $\omega = 0$ olması koşulu ile integral işleminden,

$$(+) \qquad \alpha = \frac{d\omega}{dt} = (20t)\ \text{rad/s}^2$$

$$\int_0^{\omega} d\omega = \int_0^{t} 20t^2\ dt$$

$$\omega = 10t^2\ \text{rad/s} \qquad \textit{Yanıt}$$

elde edilir. Bu sonucu elde etmek için, niçin Denklem 16–5'i ($\omega = \omega_0 + \alpha_c t$) kullanmak mümkün değildir?

*(b).* Yukarıda bulunan sonuç kullanılarak, $OP$ çizgisinin $\theta$ açısal konumu, $\omega = d\theta/dt$'den hesaplanabilir, çünkü bu denklem $\theta$, $\omega$ ve $t$'yi birbirine bağlar. $t = 0$'da $\theta = 0$ olması koşulu ile integral işleminden,

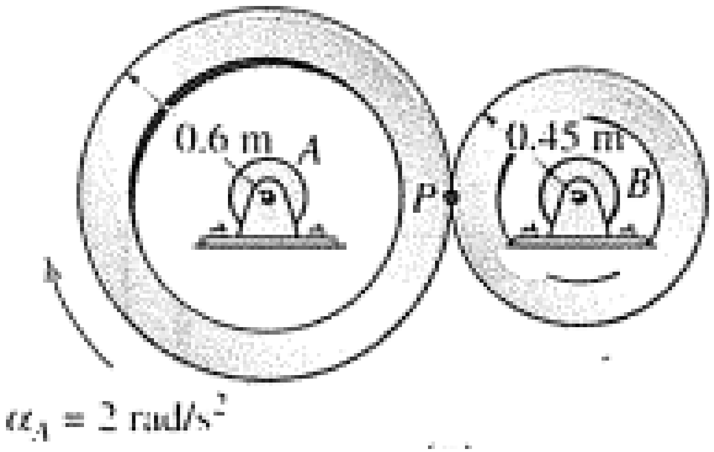
$$(+) \qquad \frac{d\theta}{dt} = \omega\ (10t^2)\ \text{rad/s}^2$$

$$\int_0^{\omega} d\theta = \int_0^{t} 10t^2\ dt$$

$$\theta = 3.33\ t^3\ \text{rad} \qquad \textit{Yanıt}$$

Örnek Problem

Şekil 16–6*a*'da gösterilen *A* diski, durağan halden başlayarak, bir motor vasıtasıyla $\alpha_A = 2$ rad/s$^2$'lik sabit bir açısal ivme ile döndürülüyor. Diskler arasında herhangi bir kayma meydana gelmediğine göre, *B* diskinin, *A* diski 10 devir yaptıktan hemen sonraki açısal hız ve açısal ivmesini belirleyiniz.



Çözüm

Önce, 10 deviri radyana çevireceğiz. Bir devir $2\pi$ rad olduğundan,

$$\theta_A = 10 \text{ dev} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ dev}}\right) = 62.83 \text{ rad}$$

dir. $\alpha_A$ *sabit* olduğundan, $A$'nın açısal hızı

$$(\circlearrowleft +) \qquad \omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha_c(\theta - \theta_0)$$

$$\omega_A^2 = 0 + 2(2 \text{ rad/s}^2)(62.83 \text{ rad} - 0)$$

$$\omega_A = 15.9 \text{ rad/s} \circlearrowleft$$

olur.

Şekil 16–6$b$'de gösterildiği gibi, $A$'nın kenarı üzerindeki $P$ değme noktasının hızı

$$(+\downarrow) \qquad v_P = \omega_A r_A = (15.9 \text{ rad/s})(0.6 \text{ m}) = 9.54 \text{ m/s} \downarrow$$

dir. Hız daima yörüngeye teğettir ve diskler arasında bir kayma meydana gelmediğinden, $B$ üzerindeki $P'$ noktasının hızı $A$ üzerindeki $P$ noktasının hızı ile *aynıdır*. Dolayısıyla $B$'nin açısal hızı

$$(\circlearrowright +) \qquad \omega_B = \frac{v_{P'}}{r_B} = \frac{9.54 \text{ m/s}}{0.45} = 21.2 \text{ rad/s} \circlearrowright \qquad \textit{Yanıt}$$

dir.

Diskler birbirine teğet olduğundan, ivmelerinin *teğetsel bileşenleri* de aynıdır. Buna göre, Şekil 16–6$c$'den

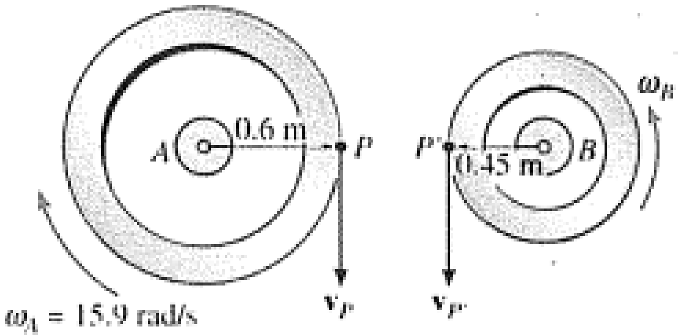
$$(a_P)_t = (a_{P'})_t$$

$$\alpha_A r_A = \alpha_B r_B$$

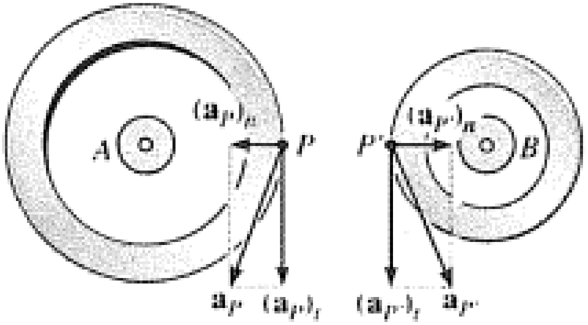
$$\alpha_B = \alpha_A \left(\frac{r_A}{r_B}\right) = 2\left(\frac{0.6 \text{ m}}{0.45 \text{ m}}\right) = 2.67 \text{ rad/s}^2 \circlearrowright \qquad \textit{Yanıt}$$

bulunur.

Noktaların yörüngeleri *farklı* olduğundan, ivmelerin $(a_P)_n$ ve $(a_{P'})_n$ normal bileşenleri *ters yönde* etki eder. Ayrıca, $(a_P)_n \neq (a_{P'})_n$ 'dir, çünkü bu bileşenlerin *büyüklükleri* her bir diskin hem yarıçapına hem de açısal hızına bağlıdır, yani $(a_P)_n = \omega_A^2 r_A$ ve $(a_{P'})_n = \omega_B^2 r_B$'dir. Sonuç olarak, $\mathbf{a}_P \neq \mathbf{a}_{P'}$'dür.



(b)

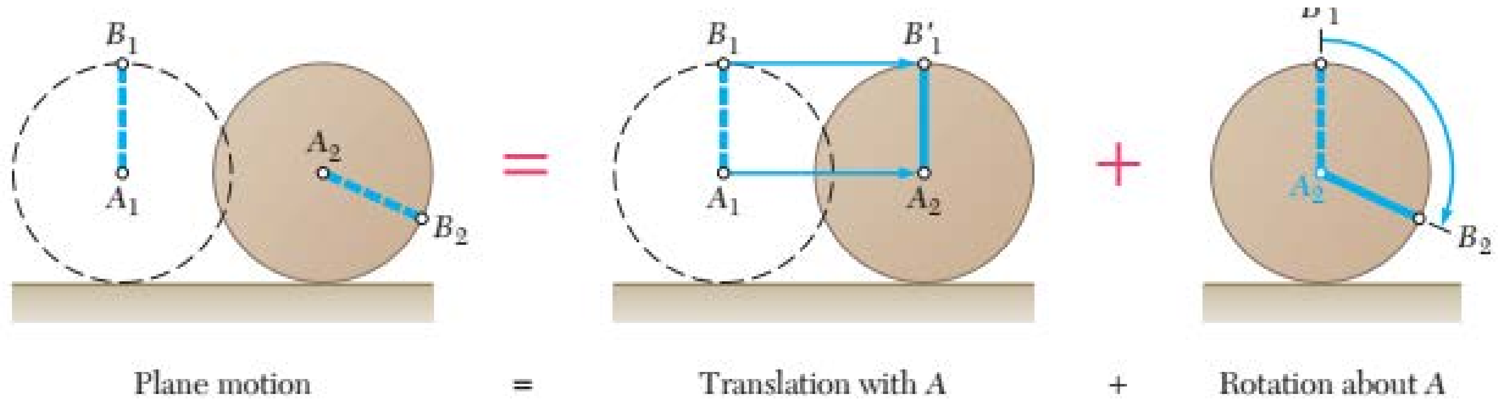


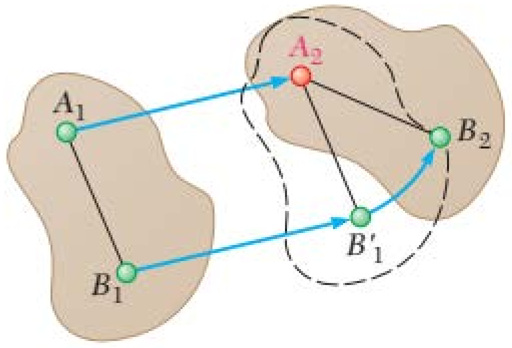
(c)

# 5.4 Genel düzlemsel hareket

3. Genel düzlemsel hareket

Genel düzlemsel hareket öteleme ve sabit eksen etrafında dönme hareketlerinin bileşimidir.
Rijit bir cismin düzlemsel hareketi keyfi bir A referans noktasının ötelenmesi ve A etrafında eşzamanlı dönme ile yer değiştirilebilir.

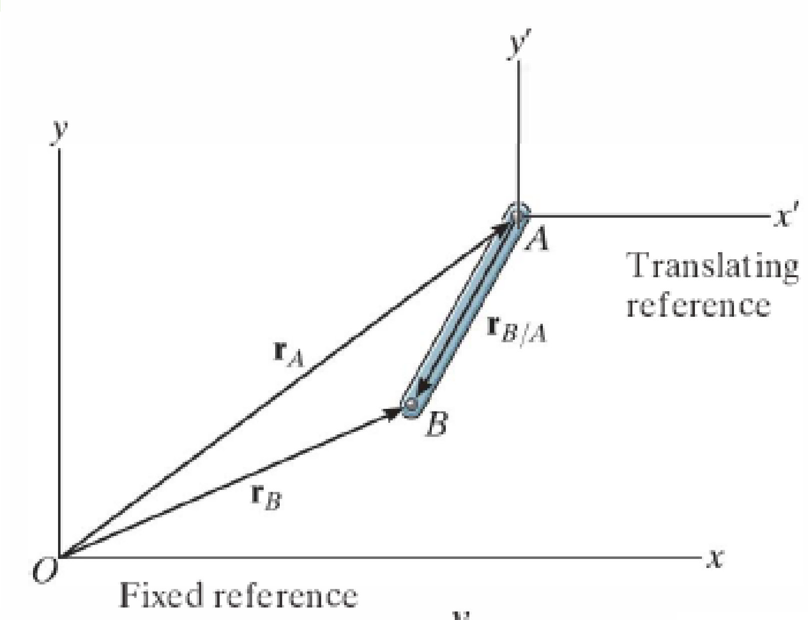


# 5.5 Bağıl hareket analizi: Konum

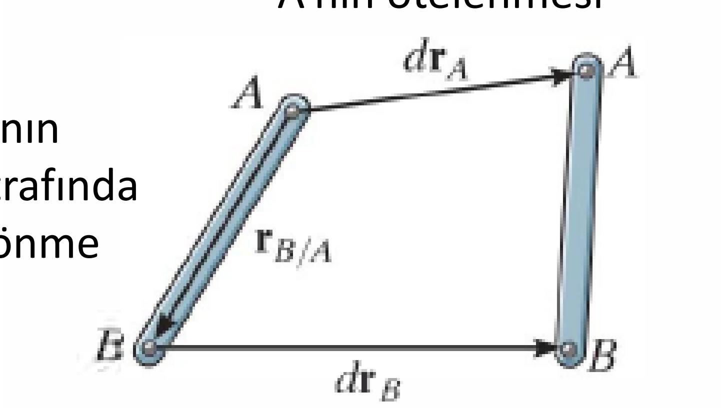
**Konum**: $\mathbf{r}_A$ konum vektörü A noktasının yerine bağlıdır.
$\mathbf{r}_{B/A}$ bağıl konum vektörü A noktasına göre B noktasının yerini gösterir.
B noktasının konum vektörü aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A}$$

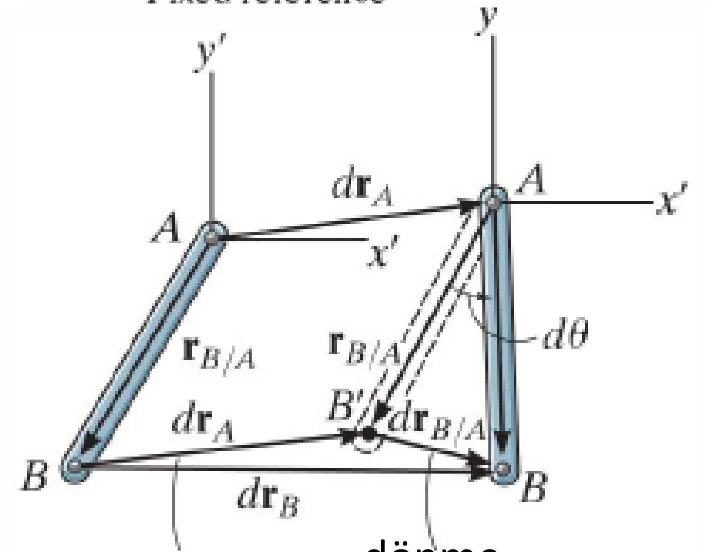



A'nın ötelenmesi

A'nın etrafında dönme




Öteleme- dönme




öteleme

dönme

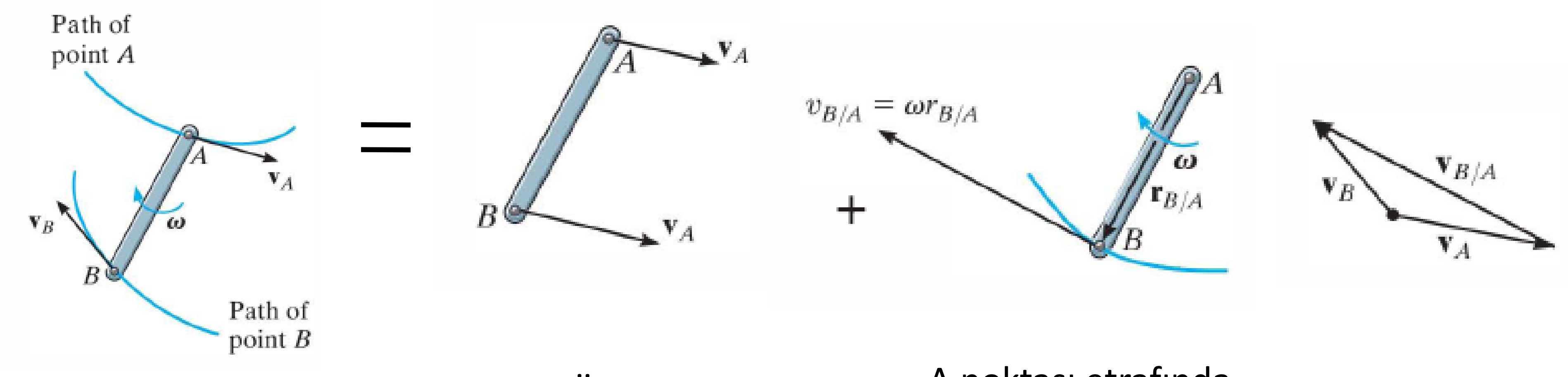
# 5.6 Bağıl hareket analizi: Hız

**Hız:** A ve B noktalarının hızları arasındaki ilişkiyi belirlemek için türev alınmalıdır:

$$\frac{d\mathbf{r}_B}{dt} = \frac{d\mathbf{r}_A}{dt} + \frac{d\mathbf{r}_{B/A}}{dt}$$

$$\boxed{\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A}}$$

$v_B$: B noktasının hızı
$v_A$: A noktasının hızı
$v_{B/A}$: A göre B noktasının hızı




Genel düzlemsel hareket

Öteleme

A noktası etrafında dönme

# 5.6 Bağıl hareket analizi: Hız

**Hız:** A ve B noktalarının hızları arasındaki ilişkiyi belirlemek için türev alınmalıdır:

$$\boxed{\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A}}$$

$v_B$: B noktasının hızı
$v_A$: A noktasının hızı
$v_{B/A}$: A göre B noktasının hızı

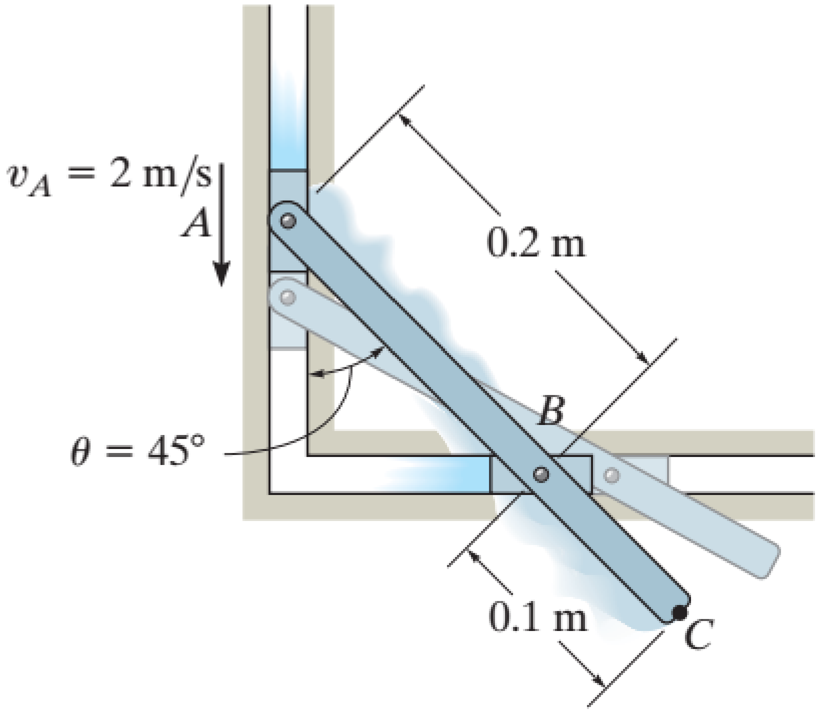
$v_{B/A}$ bağıl hızı dönme hareketinin etkisini gösterir.

$$\boxed{\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{B/A}}$$

$$\mathbf{v}_{B/A} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{B/A}$$

## Örnek Problem

Şekil 16–13*a*'da gösterilen bağlantı, sabit oluklarda hareket eden *A* ve *B*'deki iki blok tarafından hareket ettirilmektedir. *A*'nın hızı aşağı doğru 2 m/s olduğuna göre, *B*'nin $\theta = 45°$ olduğu andaki hızını belirleyiniz.



ÇÖZÜM *(VEKTÖREL ANALİZ)*

***Kinematik Diyagram.*** $A$ ve $B$ noktaları sabit oluklar boyunca harekete zorlandığı ve $\mathbf{v}_A$ aşağı doğru olduğu için, $\mathbf{v}_B$ hızı yatay olarak sağa doğru yönlenmelidir, Şekil 16–13*b*. Bu hareket bağlantının saatin ters yönünde, yani sağ el kuralıyla, hareket düzlemine dik ve dışa yönlü olduğu görülen $\boldsymbol{\omega}$ açısal hızıyla dönmesine neden olur. $\mathbf{v}_A$'nın büyüklük doğrultusu ve $\mathbf{v}_B$ ve $\boldsymbol{\omega}$'nın etki çizgilerinin bilinmesi, $v_B$ ve $\omega$ büyüklüğünü çözmek için $A$ ve $B$ noktalarına $\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{B/A}$ hız denkleminin uygulanmasını mümkün kılar. Gerekli olduğundan, Şekil 16–13*b*'de $\mathbf{r}_{B/A}$ da gösterilmiştir.

***Hız Denklemi.*** Şekil 16–16*b*'deki vektörlerin her birini **i**, **j** ve **k** bileşenleri cinsinden ifade eder ve $A$ taban noktası ve $B$'ye Denklem 16–16'yı uygularsak

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{B/A}$$

$$v_B\mathbf{i} = -2\mathbf{j} + [\omega\mathbf{k} \times (0.2 \sin 45°\mathbf{i} - 0.2 \cos 45°\mathbf{j})]$$

veya

$$v_B\mathbf{i} = -2\mathbf{j} + 0.2\omega \sin 45°\mathbf{j} - 0.2\omega \cos 45°\mathbf{i}$$

elde ederiz. **i** ve **j** bileşenlerinin eşitlenmesiyle

$$v_B = 0.2\omega \cos 45° \qquad 0 = -2 + 0.2\omega \sin 45°$$

bulunur. Buna göre,

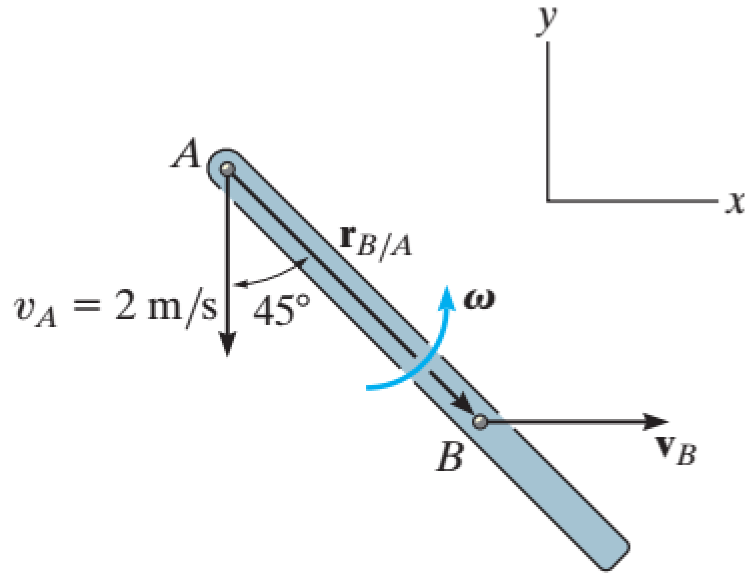
$$\omega = 14.1 \text{ rad/s}$$

$$v_B = 2 \text{ m/s} \rightarrow$$

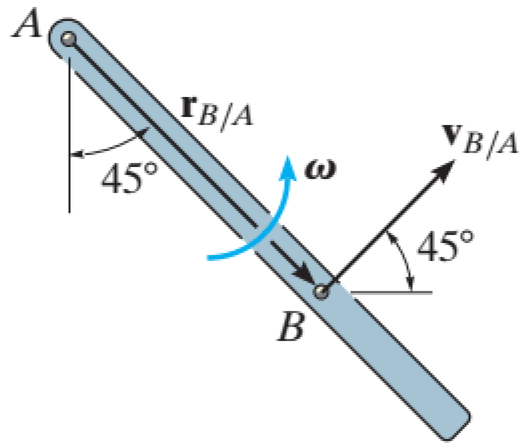
*Yanıt*

olur. Her iki sonuç pozitif olduğundan, $\mathbf{v}_B$ ve $\boldsymbol{\omega}$'nın *yönleri* gerçekten, Şekil 16–13*b*'de gösterildiği gibidir, yani *doğrudur*. Bu sonuçların *sadece* $\theta = 45°$ için *geçerli* olduğuna dikkat edilmelidir. $\theta = 44°$ için yapılacak hesaplama ile $v_B = 2.07$ m/s ve $\omega = 14.4$ rad/s bulunur, buna karşın $\theta = 46°$ için $v_B = 1.93$ m/s ve $\omega = 13.9$ rad/s, vb... elde edilir.

Bağlantı üzerindeki bir ($A$) noktasının hızı ve açısal hız bilindiği için, bağlantı üzerindeki herhangi bir noktanın hızı belirlenebilir. Bir alıştırma olarak, Denklem 16–16'yı $A$ ve $C$ noktalarına uygulayınız ve $\theta = 18.4°$'de yatay doğrultudan yukarıya doğru yönlenmiş $v_C = 3.16$ m/s hızı elde edileceğini gösteriniz.

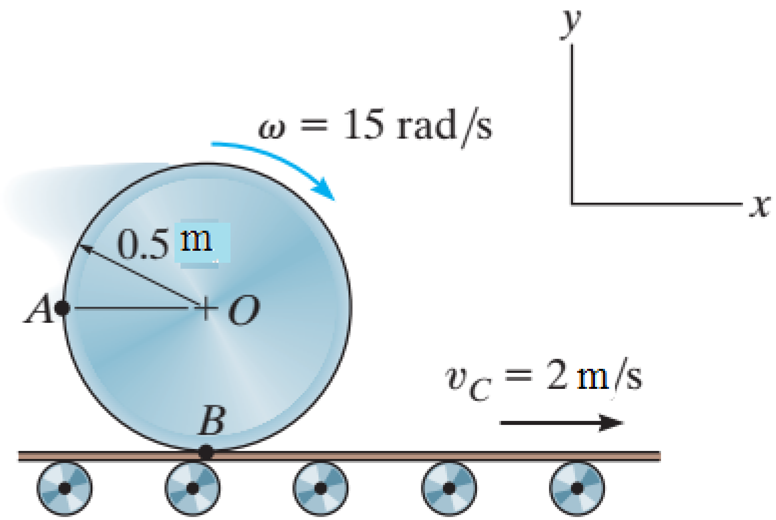



(b)



## Örnek Problem

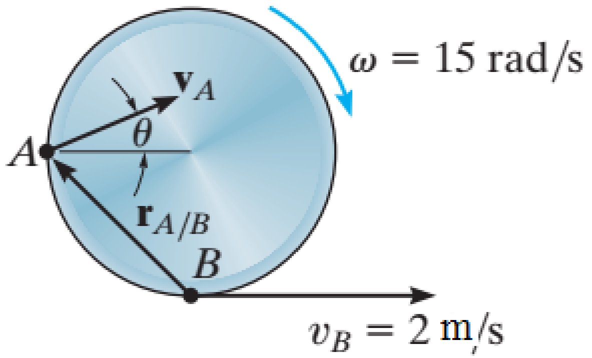
Şekil 16–14*a*'da gösterilen silindir, 2 m/s hızla hareket eden bir taşıyıcı bandın yüzeyi üzerinde serbestçe yuvarlanmaktadır. Silindir ve bant arasında herhangi bir kayma meydana gelmediğini varsayarak, *A* noktasının hızını belirleyiniz. Silindir, gösterilen anda $\omega = 15$ rad/s'lik saat yönlü bir açısal hıza sahiptir.



Çözüm

## ÇÖZÜM I *(VEKTÖREL ANALİZ)*

*Kinematik Diyagram.* Kayma olmadığından, silindir üzerindeki $B$ noktası taşıyıcı ile aynı hıza sahiptir, Şekil 16–24$b$. Ayrıca, silindirin açısal hızı bilinmektedir, dolayısıyla $\mathbf{v}_A$'yı belirlemek için, $B$ taban noktasına ve $A$'ya hız denklemini uygulayabiliriz.




*Hız Denklemi.*

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}_{B/A}$$

$$(v_A)_x\mathbf{i} + (v_A)_y\mathbf{j} = 2\mathbf{i} + (-15\mathbf{k}) \times (-0.5\mathbf{i} + 0.5\mathbf{j})$$

$$(v_A)_x\mathbf{i} + (v_A)_y\mathbf{j} = 2\mathbf{i} + 7.50\mathbf{j} + 7.50\mathbf{i}$$

dir, dolayısıyla

$$(v_A)_x = 2 + 7.50 = 9.50 \text{ m/s} \qquad (1)$$

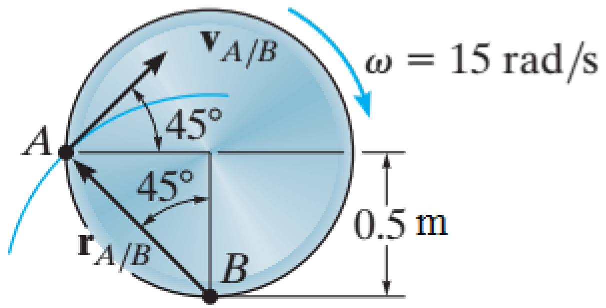
$$(v_A)_y = 7.50 \text{ m/s} \qquad (2)$$

olur. Böylece,

$$v_A = \sqrt{(9.50)^2 + (7.50)^2} = 12.1 \text{ m/s} \qquad \textit{Yanıt}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{7.50}{9.50} = 38.3° \qquad \textit{Yanıt}$$


bulunur.



## Çözüm

**ÇÖZÜM II** ***(SKALER BİLEŞENLER)***

İkinci bir yol olarak, $\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{A/B}$'nın skaler bileşenleri doğrudan elde edilebilir. $\mathbf{v}_{A/B}$ bağıl "dairesel" hareketini gösteren kinematik diyagramdan, Şekil 16–14*c*,

$$v_{A/B} = \omega r_{A/B} = (15\ \text{rad/s})\left(\frac{0.5\ \text{m}}{\cos 45°}\right) = 10.6\ \text{m/s}\ \overset{45°}{\nearrow}$$

buluruz. Buna göre,

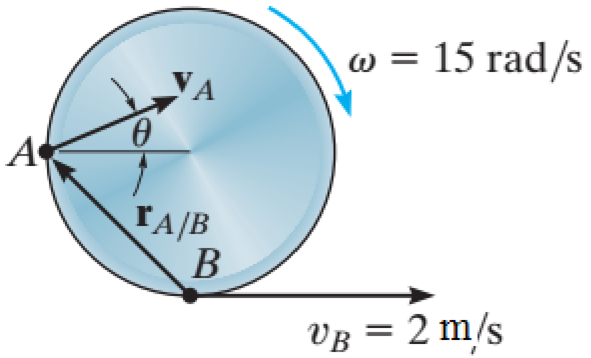
$$v_B = v_A + v_{A/B}$$

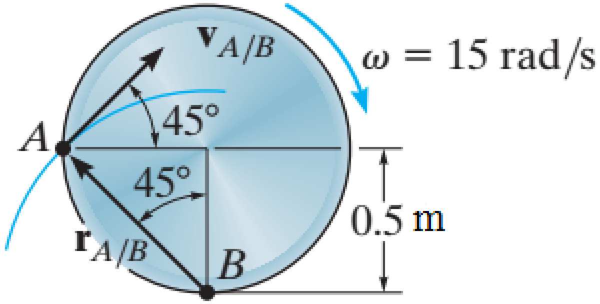
$$\begin{bmatrix} (v_A)_x \\ \rightarrow \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (v_A)_y \\ \uparrow \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\ \text{m/s} \\ \rightarrow \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 10.6\ \text{m/s} \\ \overset{45°}{\nearrow} \end{bmatrix}$$

olur. $x$ ve $y$ bileşenlerini eşitleyerek önceki ile aynı sonuçları elde ederiz:

$(\overset{+}{\rightarrow})$ $\qquad (v_A)_x = 2 + 10.6 \cos 45° = 950\ \text{m/s}$

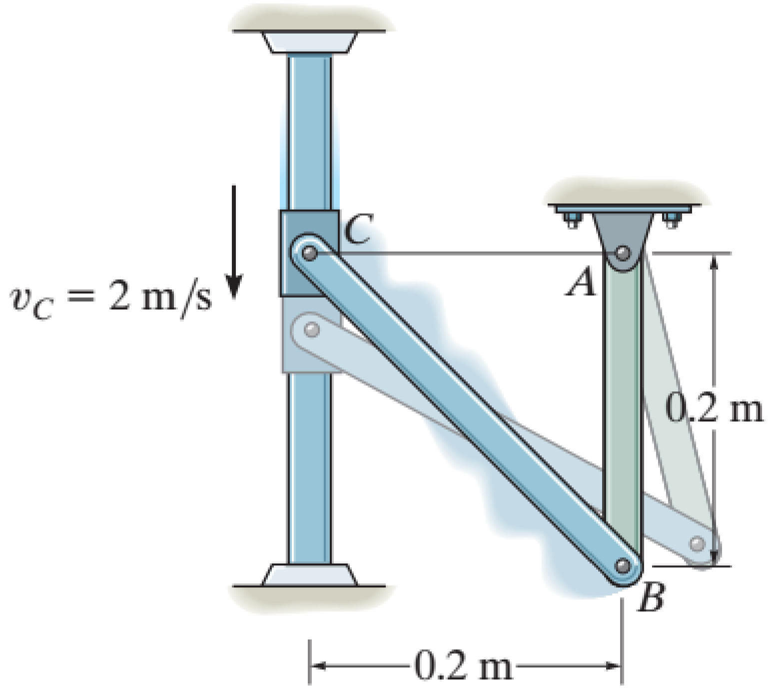
$(+\uparrow)$ $\qquad (v_A)_y = 0 + 10.6 \sin 45° = 950\ \text{m/s}$



## Örnek Problem

Şekil 16–15*a*'daki *C* bileziği 2 m/s'lik bir hızla aşağı doğru hareket etmektedir. *CB* ve *AB*'nin bu andaki açısal hızını belirleyiniz.



Çözüm

ÇÖZÜM I *(VEKTÖREL ANALİZ)*

*Kinematik Diyagram.* $C$'nin aşağı doğru hareketi, $B$'nin sağa doğru hareket etmesine neden olur. Ayrıca, $CB$ ve $AB$ saatin tersi yönde döner. Çözüm için, her bir bağlantının uygun kinematik denklemini yazacağız.

*Hız Denklemi.* $CB$ bağlantısı için (genel düzlemsel hareket): (Bkz. Şekil 16–15*b*).

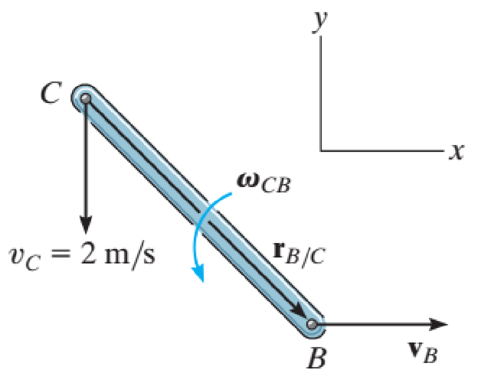
$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_C + \boldsymbol{\omega}_{CB} \times \mathbf{r}_{B/C}$$
$$v_B\mathbf{i} = -2\mathbf{j} + \omega_{CB}\mathbf{k} \times (0.2\mathbf{i} - 0.2\mathbf{j})$$
$$v_B\mathbf{i} = -2\mathbf{j} + 0.2\,\omega_{CB}\mathbf{j} + 0.2\,\omega_{CB}\mathbf{i}$$

$$v_B = 0.2\omega_{CB} \qquad (1)$$
$$0 = -2 + 0.2\omega_{CB} \qquad (2)$$

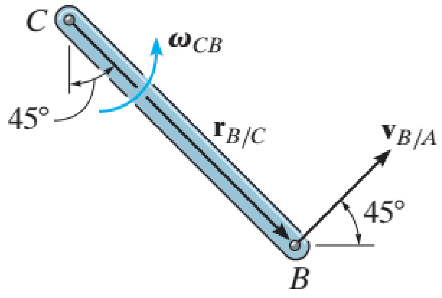
$$\omega_{CB} = 10 \text{ rad/s} \circlearrowleft \qquad \textit{Yanıt}$$
$$v_B = 2 \text{ m/s} \rightarrow$$

olur. $AB$ bağlantısı için (sabit bir eksen etrafında dönme): (Bkz. Şekil 16–15*c*).

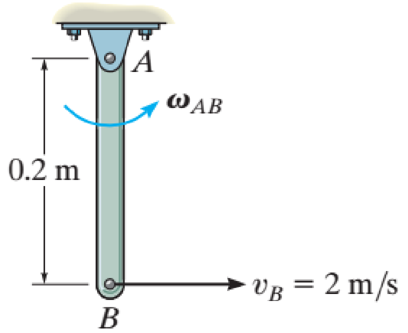
$$\mathbf{v}_B = \boldsymbol{\omega}_{AB} \times \mathbf{r}_B$$
$$2\mathbf{i} = \omega_{AB}\mathbf{k} \times (-0.2\mathbf{j})$$
$$2 = 0.2\omega_{AB}$$
$$\omega_{AB} = 10 \text{ rad/s} \circlearrowleft \qquad \textit{Yanıt}$$



(b)



(c)



(d)

## Çözüm

### ÇÖZÜM II *(SKALER BİLEŞENLER)*

$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_C + \mathbf{v}_{B/C}$'nin skaler bileşen denklemleri doğrudan elde edilebilir. Şekil 16–15*d*'deki kinematik diyagram $\mathbf{v}_{B/C}$ bağıl "dairesel" hareketini göstermektedir. Buradan

$$\mathbf{v}_B = \mathbf{v}_C + \mathbf{v}_{B/C}$$

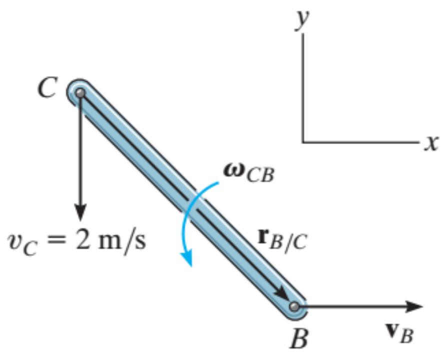
$$\begin{bmatrix} v_B \\ \rightarrow \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\text{ m/s} \\ \downarrow \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_{CB}(0.2\,\sqrt{2}\text{ m}) \\ \nearrow 45^\circ \end{bmatrix}$$

bulunur. $x$ ve $y$ bileşenlerini eşitleyerek, Denklem (1) ve (2) ile aynı sonucu veren

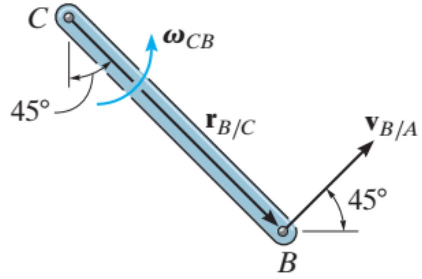
$(\overset{+}{\rightarrow})$ $\qquad v_B = 0 + \omega_{CB}(0.2\,\sqrt{2}\cos 45^\circ)$

$(+\uparrow)$ $\qquad 0 = -2 + \omega_{CB}(0.2\,\sqrt{2}\sin 45^\circ)$

yi elde ederiz.

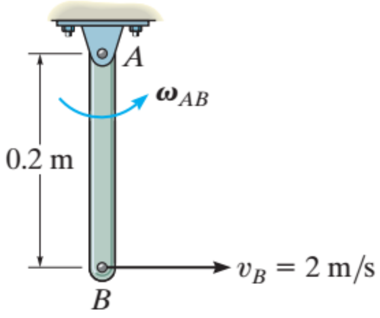



(b)




Relative motion

(c)




(d)

## Ders Kitabı:

- Hibbeler, 2014. Mühendislik Mekaniği – Dinamik, Literatür Yayıncılık, İstanbul

  Çevirenler: Ayşe Soyuçok, Özgün Soyuçok,

  Orijinal isimi: Engineering Mechanics SI Metric Edition, Dynamics.

## Kullanılan Kaynaklar:


- Ferdinand Beer, Phillip Cornwell, E. Russell Johnston 2014. Mühendisler için Vektör Mekaniği Dinamik Literatür Yayıncılık, İstanbul, Çevirmen: Osman Kopmaz, Ömer Gündoğdu.

  Orijinal isimi: Vector Mechanics for Engineers: Dynamics

- Hibbeler, R. C., 2015. Engineering Mechanics: Dynamics, 14th Edition, Prentice Hall, New Jersey USA.

- Meriam, J. L. , Kraige, L. G. 2012. Engineering Mechanics: Dynamics, John Wiley & Sons, USA