Genel Fizik

Doç. Dr. Hasan H. Esenoğlu

2019

İçerik

1. Fizik ve Ölçme; Temel Büyüklükler; Kütle, zaman ve uzunluk; Birimler ve Boyut Analizi; Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar
2. Vektörler; vektörlerin toplanması ve çarpımı
3. Bir boyutta hareket, Yer değiştirme, Hız ve İvme, Serbest düşme
4. İki boyutta hareket , Eğik atış ve dairesel hareket
5. Newton Hareket Yasaları

Vize Haftası

6. Sürtünme kuvvetleri ve Newton yasalarının uygulamaları, İş ve kinetik enerji
7. Potansiyel Enerji ve Enerjinin korunumu, Doğrusal momentum ve çarpışmalar, momentumun korunumu
8. Katı Cismin Sabit Bir Eksen Etrafında Dönmesi, Eylemsizlik momenti
9. Yuvarlanma Hareketi , Dönme Enerjisi, Açısal Momentum ve Tork
10. Statik ve Denge
11. Titreşim Hareketi
12. Akışkanlar Mekaniği

Final Haftası

2 VEKTÖRLER;
VEKTÖRLERİN TOPLANMASI ve ÇARPIMI

Bu bölümde işlenecek konular aşağıdadır:

Koordinat sistemleri
Kartezyen koordinatlar
Vektörler
Birim vektör
Vektörlerin bileşenleri
Vektörlerin toplanması
Vektörlerin çıkarılması
Vektörlerin çıkarılması

Pilot uçağın kokpitinden hava alanını nasıl bulur?



Koordinat Sistemleri

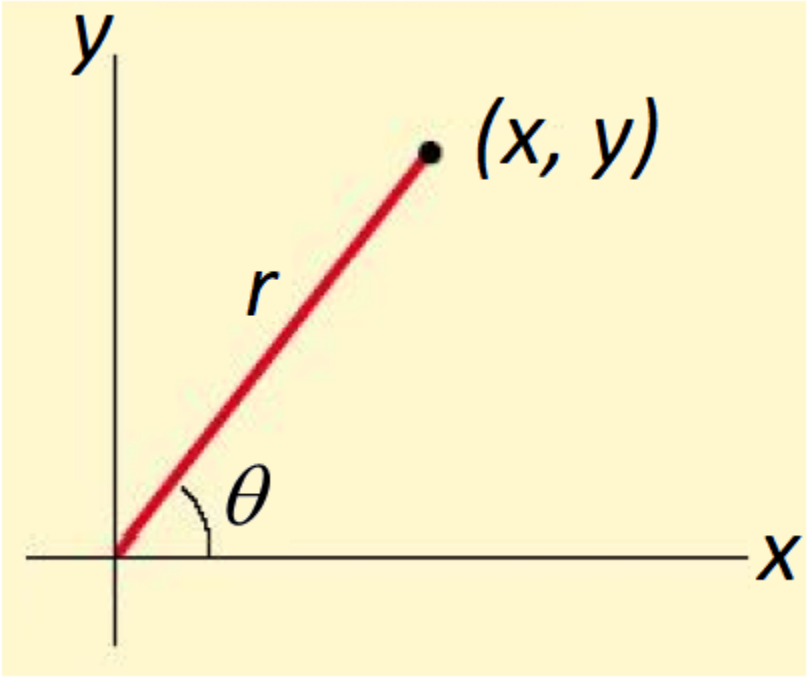
Doğal Koordinat Sistemleri

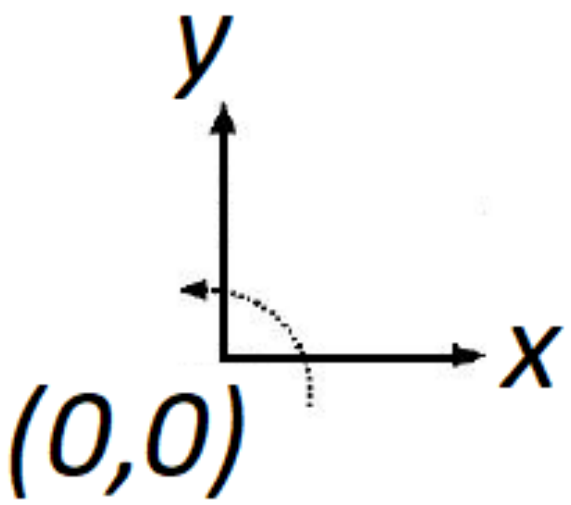
- Global Astronomik Dik Koordinat Sistemi (X, Y, Z)
- Doğal Eğri Koordinat Sistemi (Λ, Φ, W)
- Yerel Astronomik Dik Koordinat Sistemi (e*, m*, n*)
- Yerel Astronomik Kutupsal Koordinat Sistemi (α*, β*, l*)

Referans Koordinat Sistemleri

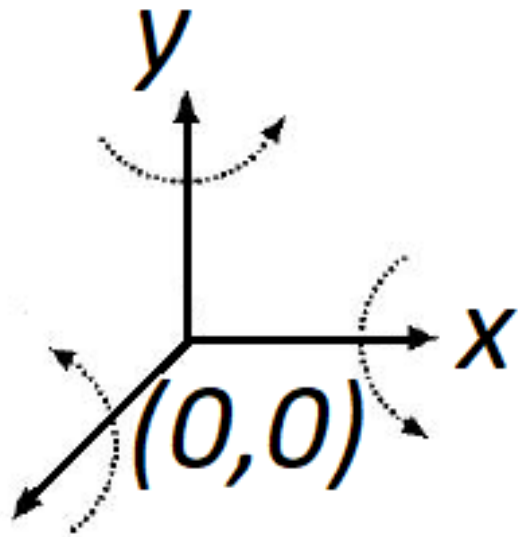
- Global Jeodezik Dik Koordinat Sistemi (U, V, W)
- Global Jeodezik Eğri Koordinat Sistemi (ϕ, λ, h)
- Yerel Jeodezik Dik Koordinat Sistemi (e, m, n)
- Yerel Jeodezik Kutupsal Koordinat Sistemi (α, β, l)

Kartezyen Koordinatlar





İki boyutlu



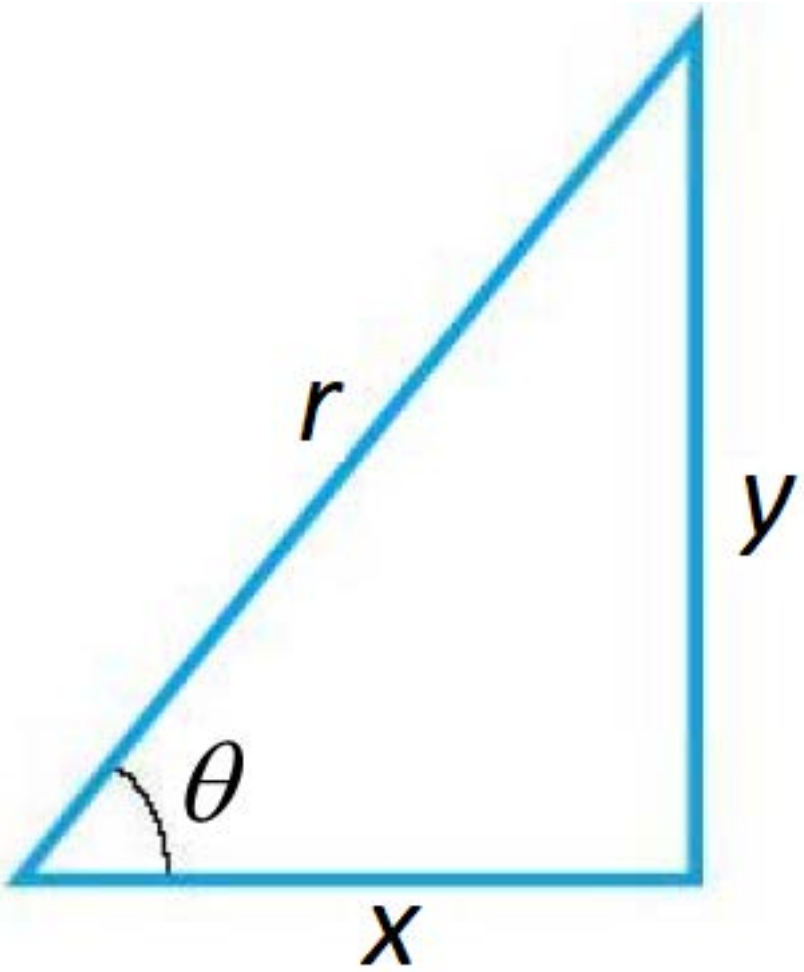
Üç boyutlu

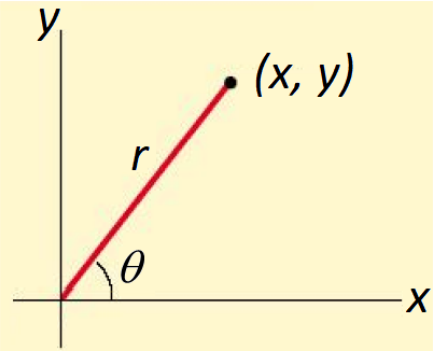
$$\sin\theta = \frac{y}{r}$$

$$\cos\theta = \frac{x}{r}$$

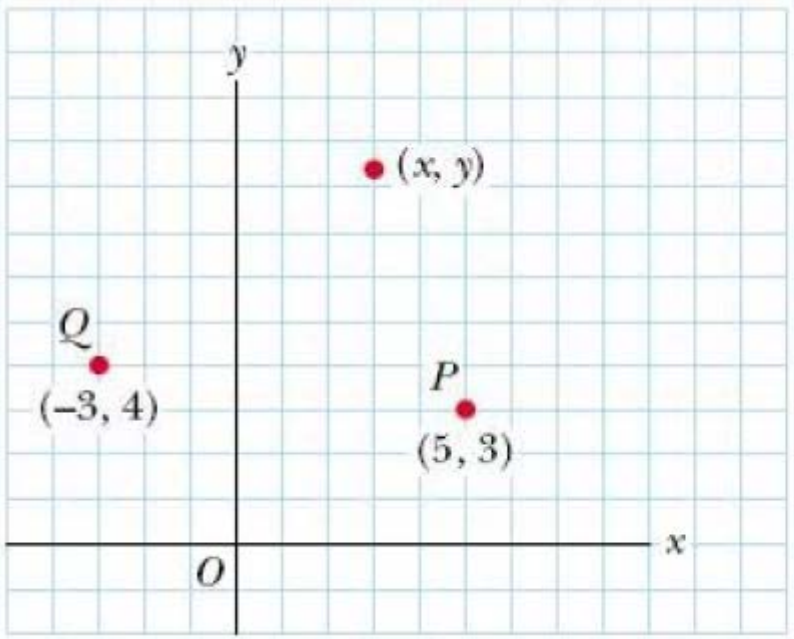
$$\tan\theta = \frac{y}{x}$$

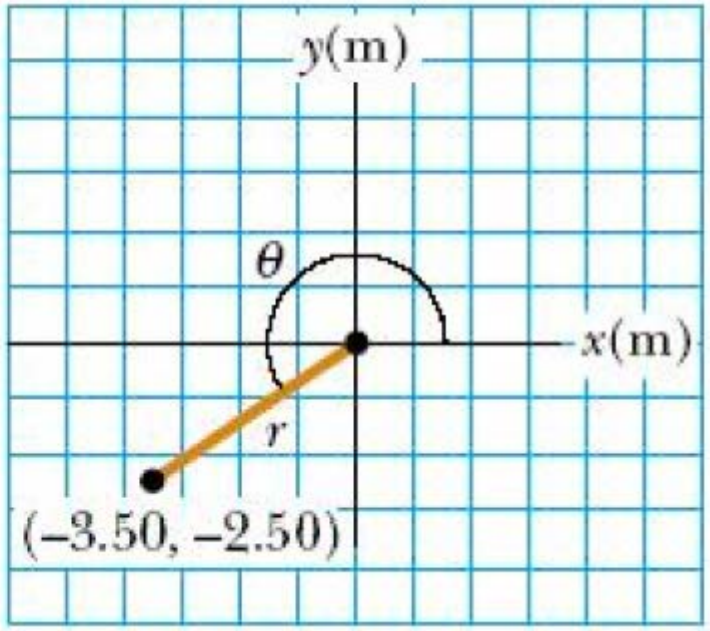
$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

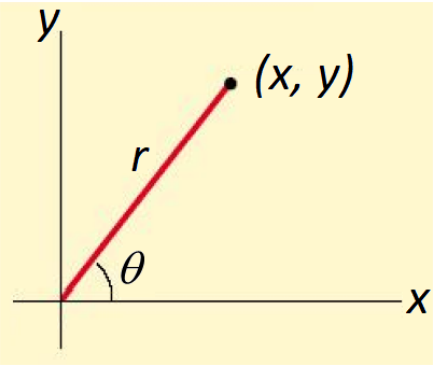




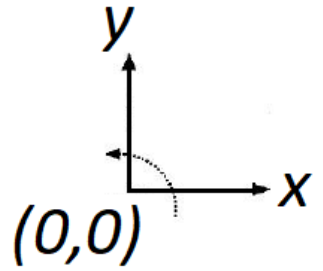
Saatin dönme yönünün tersi





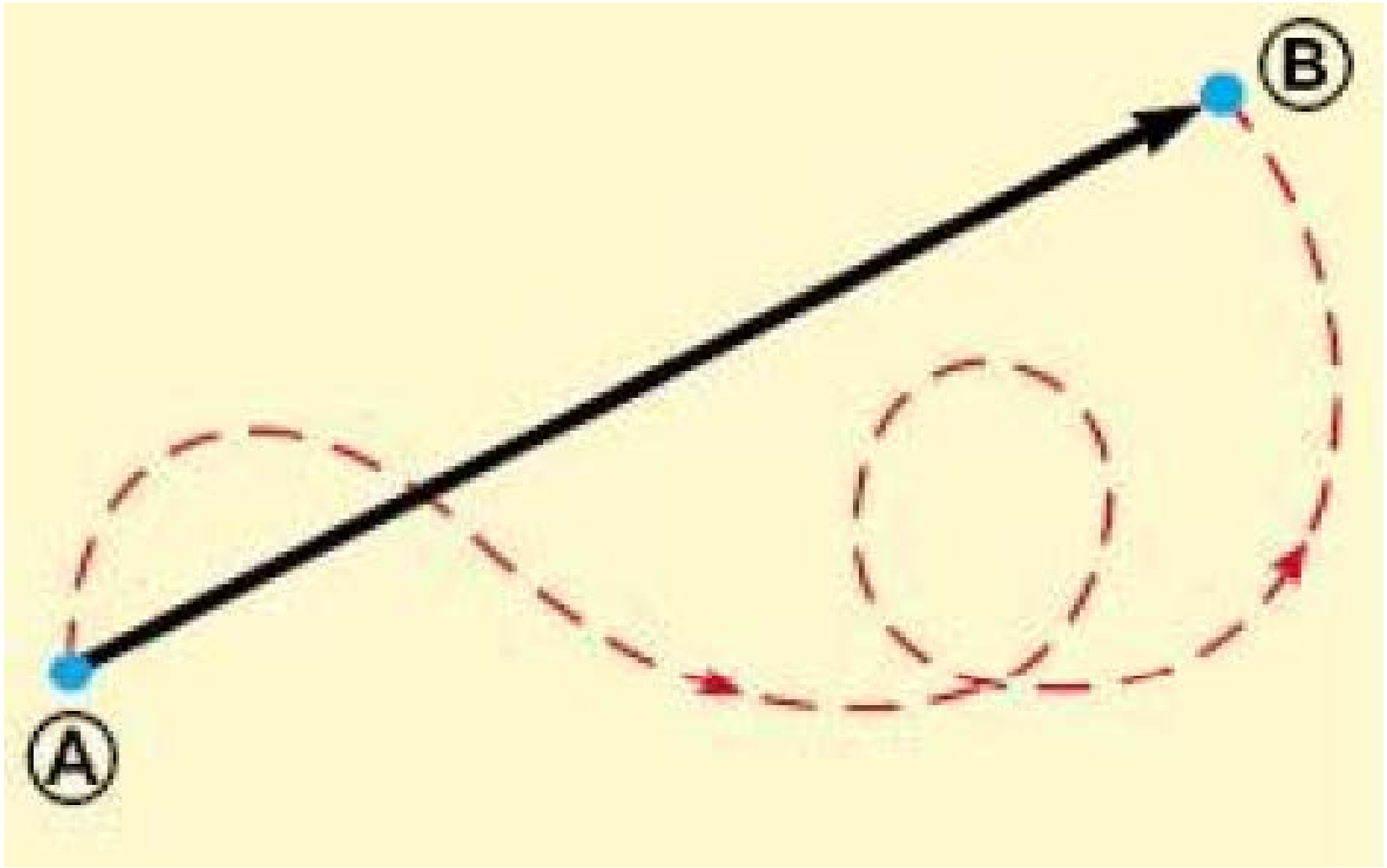


$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{= (-3.50)^2 + (-2.50)^2} = 4.30\ m$$



İki boyutlu

Yer değiştirme





Vektörler

Sadece miktar, adet veya sayısal bir değer veren büyüklüğü olan niceliklere skaler denir. Örneğin sıcaklık, kütle, enerji, sürat, bir yerdeki canlı sayısı vs.

Yönü, doğrultusu ve büyüklüğü olan niceliklere vektör denir. Örneğin yer değiştirme, hız, ivme, sıcaklık değişimi, kuvvet vs.

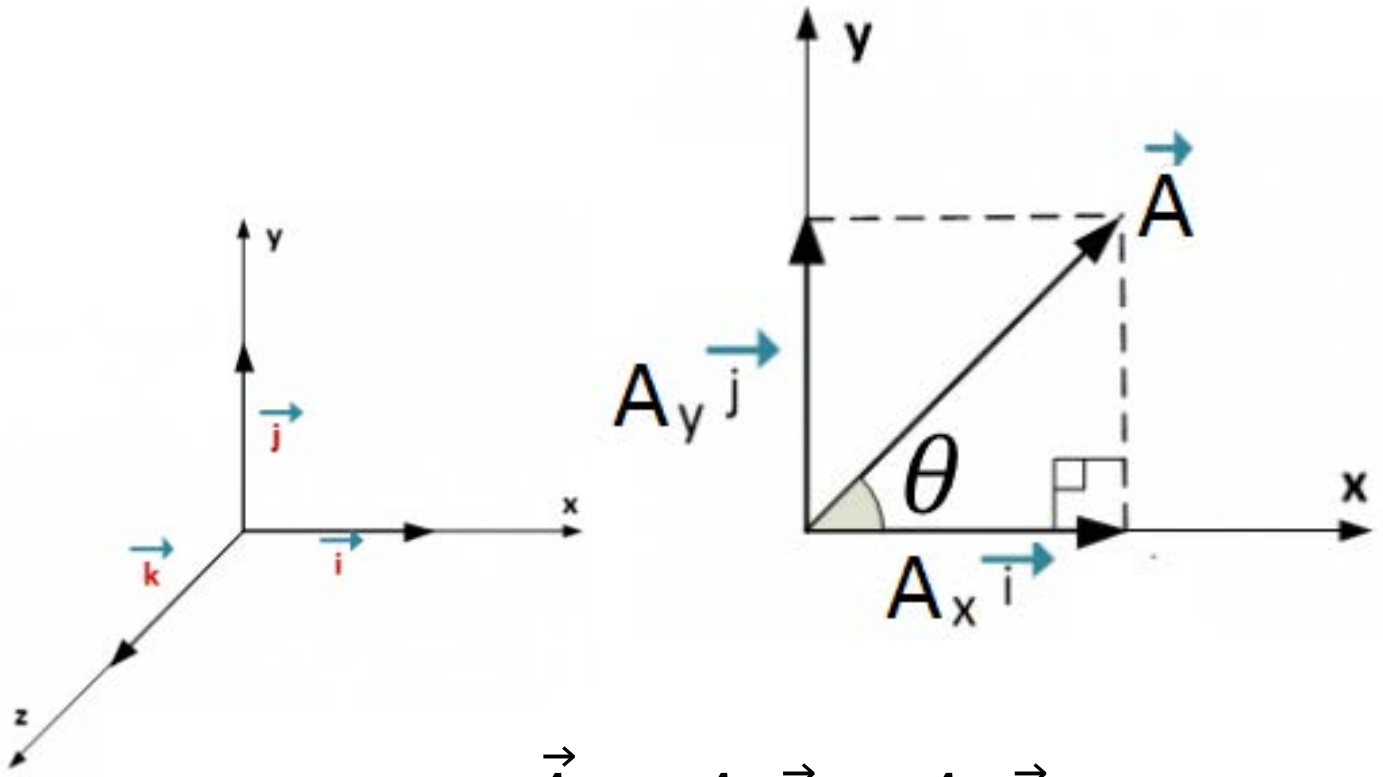
Vektörler skalerlere bölünür ancak VEKTÖR VEKTÖRE BÖLÜNMEZ!!!

Aşağıdakilerden hangileri vektör, hangileri skaler niceliklerdir?

(a) Yaşınız
(b) İvme
(c) Hız
(d) Sürat
(e) Kütle

Yönü, doğrultusu ve büyüklüğü olan niceliklere vektör denir. Örneğin hız, sıcaklık değişimi, kuvvet vs.

Birim Vektör



$$\vec{A} = A_x\vec{i} + A_y\vec{j}$$

$$\boldsymbol{A} = A_x\boldsymbol{i} + A_y\boldsymbol{j}$$

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{A_x} + \boldsymbol{A_y}$$

$$\boldsymbol{A_x} = \boldsymbol{A}\cos\theta$$

$$\boldsymbol{A_y} = \boldsymbol{A}\sin\theta$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right)$$

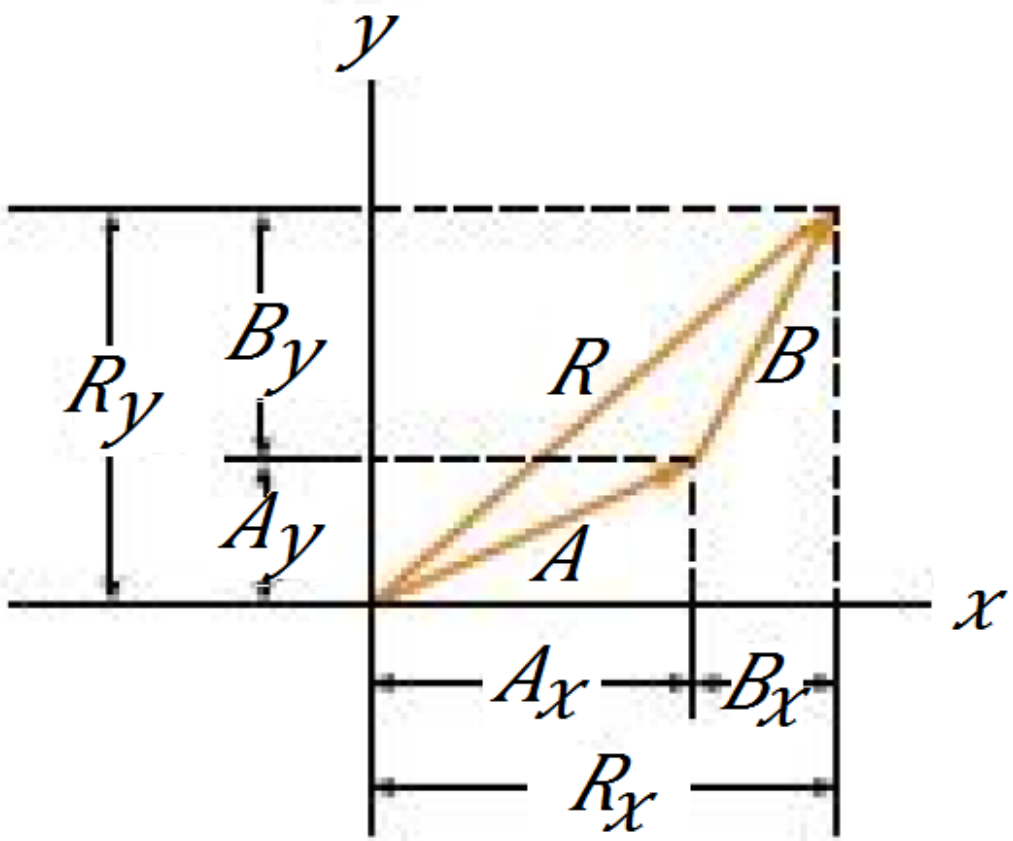
$$\boldsymbol{A}^2 = \boldsymbol{A_x}^2 + \boldsymbol{A_y}^2$$

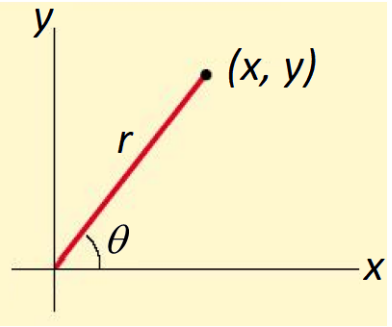
Vektörlerin Bileşenleri

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2}$$

$$= \sqrt{(A_x + B_x)^2 + \left(A_y + B_y\right)^2}$$

$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{A_y + B_y}{A_x + B_x}$$





Örnek

$\vec{A} = 2\boldsymbol{i} - \boldsymbol{j} + 3\boldsymbol{k}$

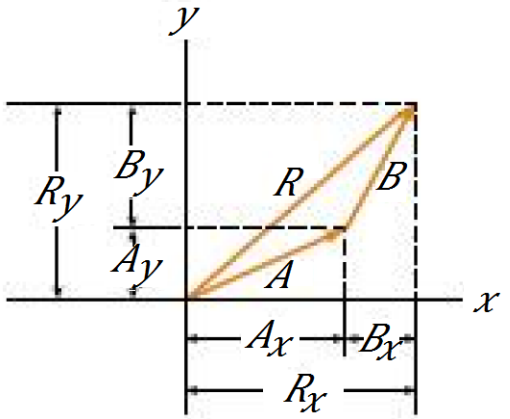
$\vec{B} = -4\boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{j} - \boldsymbol{k}$

Vektörlerinin bileşenlerini tanımlayınız.

Çözüm:

$A_x = 2 \quad ; A_y = -1 \; ; A_z = 3$

$B_x = -4 \; ; B_y = 2 \quad ; B_z = -1$

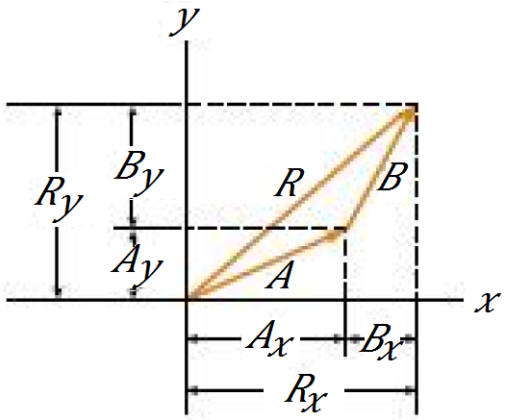


Örnek

$\vec{A} = 2\boldsymbol{i} - \boldsymbol{j} + 3\boldsymbol{k}$
$\vec{B} = -4\boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{j} - \boldsymbol{k}$

Vektörlerinin büyüklüklerini bulunuz.

Çözüm



$$A_x = 2 \quad ; A_y = -1 \; ; A_z = 3$$
$$B_x = -4 \; ; B_y = 2 \quad ; B_z = -1$$

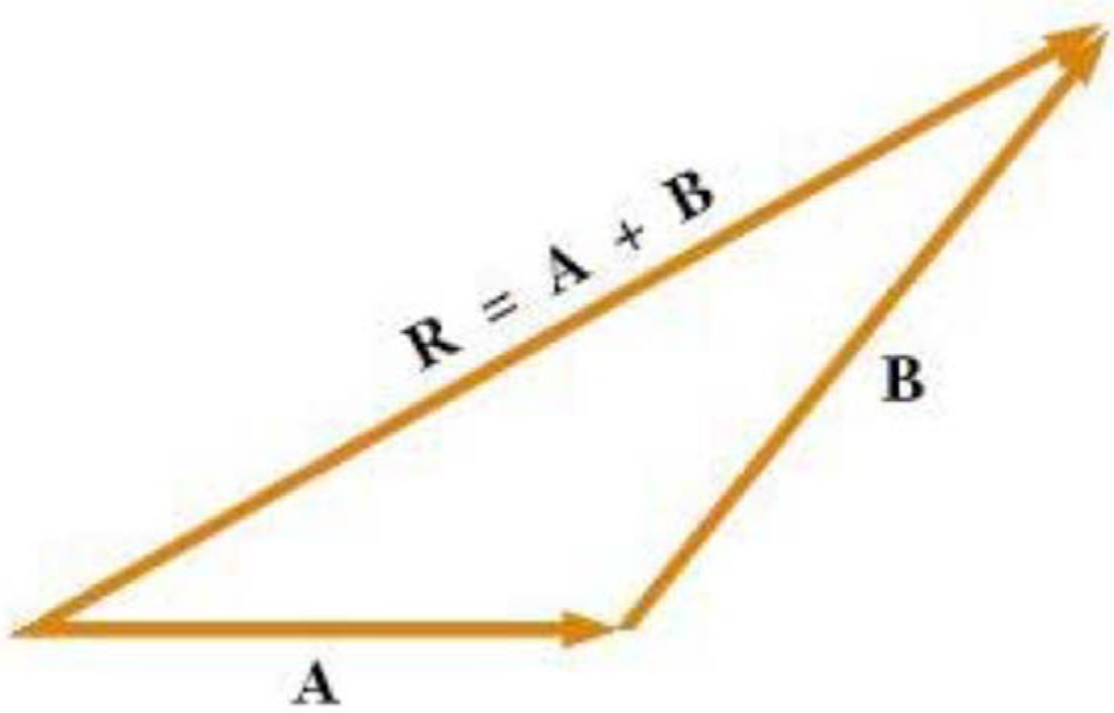
$$|\vec{A}| = \sqrt{{A_x}^2 + {A_y}^2 + {A_z}^2} = \sqrt{(2)^2 + (-1)^2 + (3)^2} = \sqrt{14}$$

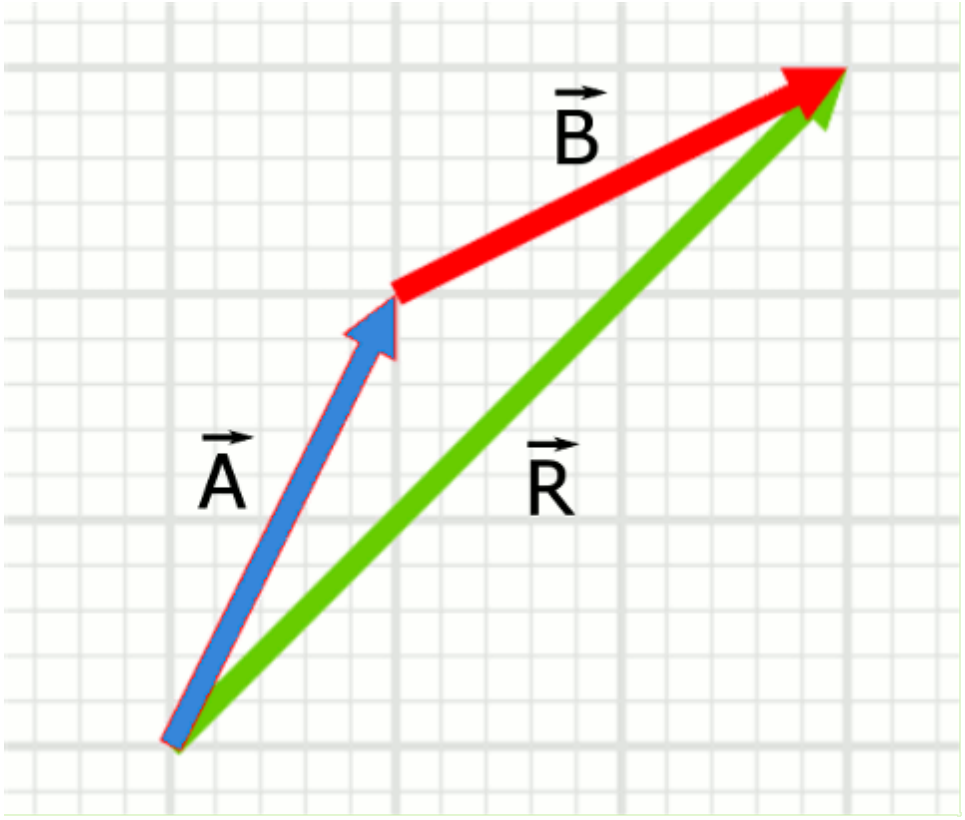
$$|\vec{B}| = \sqrt{{B_x}^2 + {B_y}^2 + {B_z}^2} = \sqrt{(-4)^2 + (2)^2 + (-1)^2} = \sqrt{21}$$

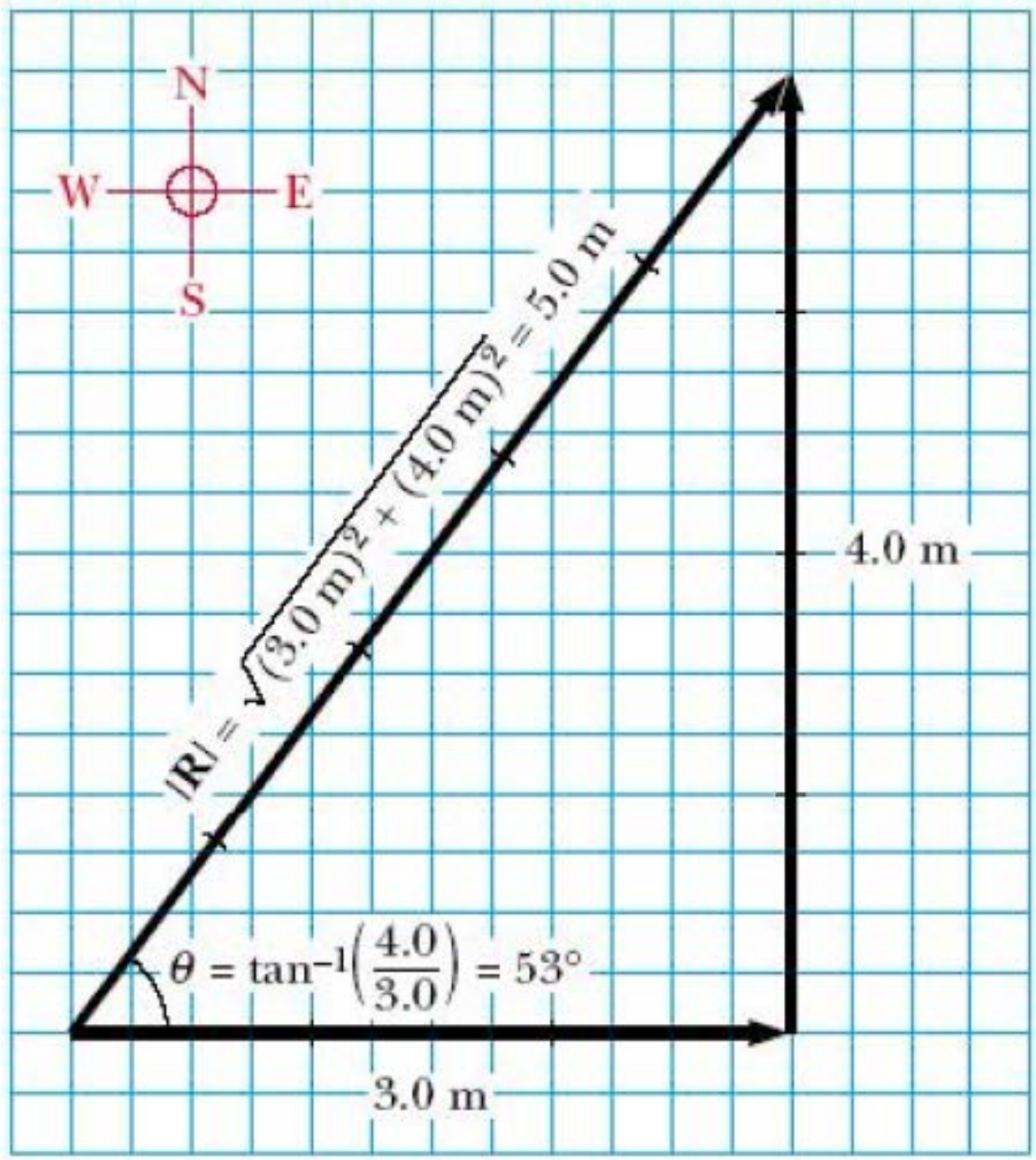
Vektörlerin Toplanması

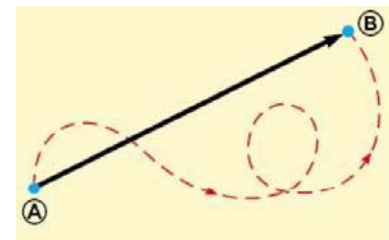
R: bileşke vektör

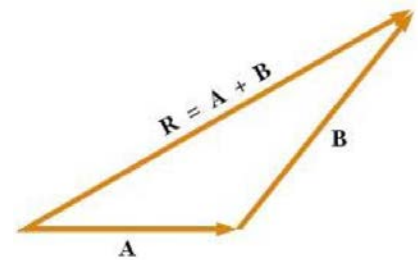
A, B: R'nin bileşenleri






N
W
E
S
$|\mathbf{R}| = \sqrt{(3.0\text{ m})^2 + (4.0\text{ m})^2} = 5.0\text{ m}$
4.0 m
$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4.0}{3.0}\right) = 53°$
3.0 m


A
B


R = A + B
B
A

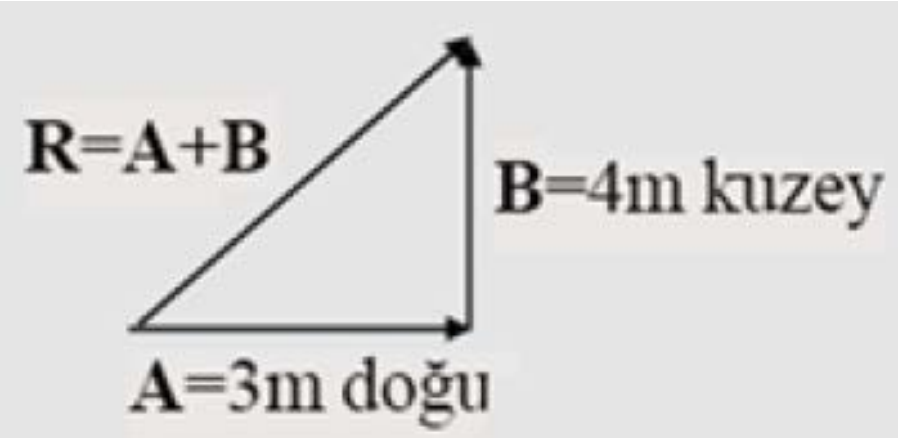
Örnek

Bir ormanda 3 metre doğuya sonra 4 metre kuzeye doğru yürüdüğünüzde, son konumunuzu başlangıç noktasına göre belirleyen vektör nedir?

Çözüm

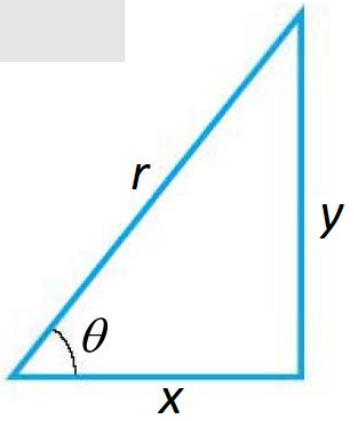
$$|R| = \sqrt{|A|^2 + |B|^2}$$

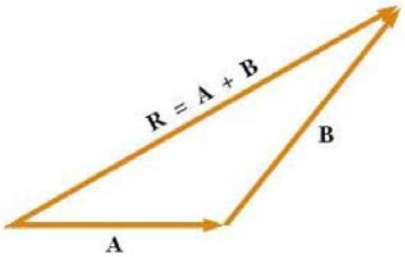
$$|R| = \sqrt{|3\ m|^2 + |4\ m|^2} = 5\ m$$

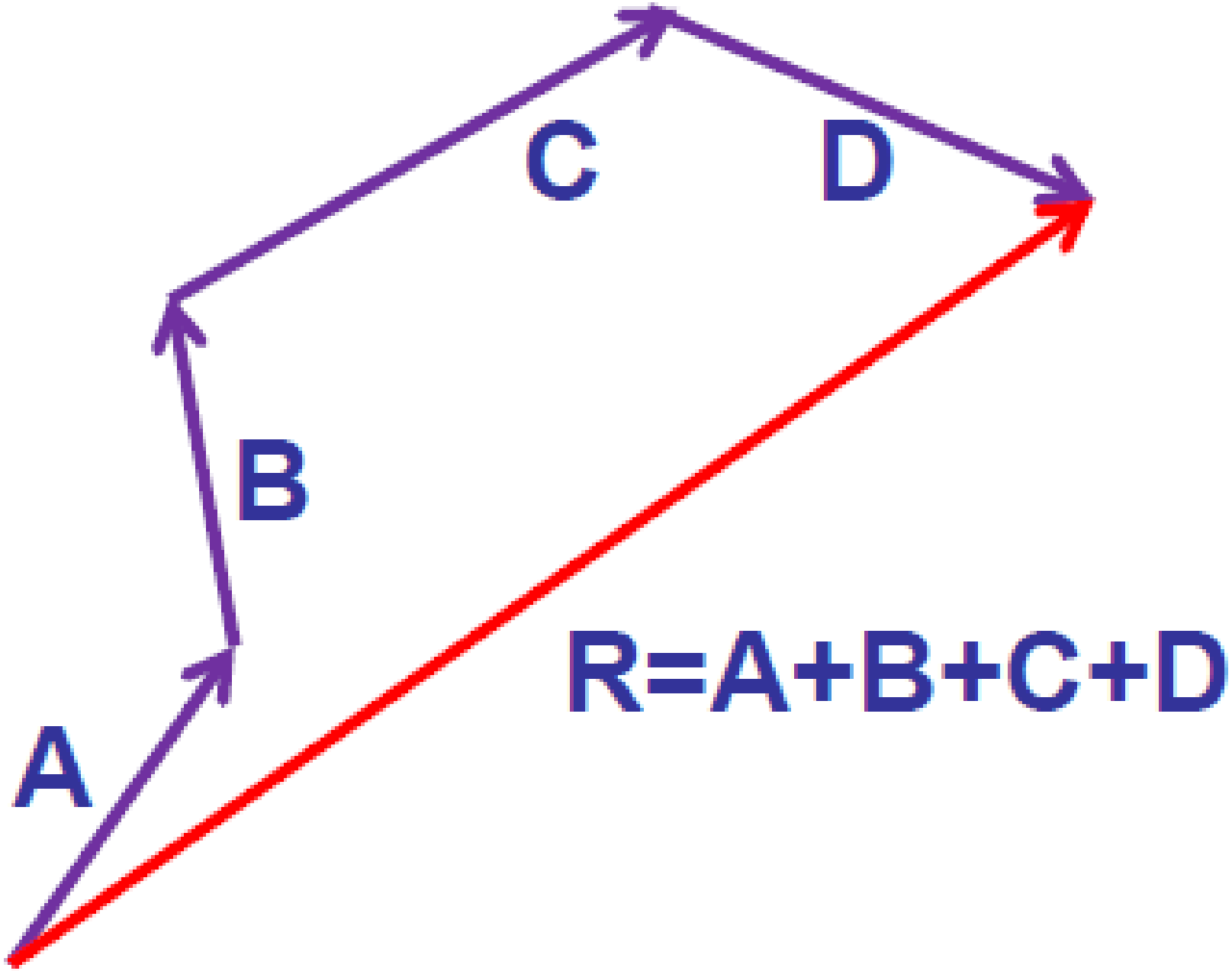


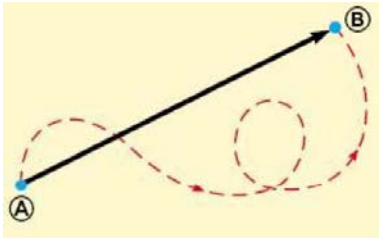
$$\tan\theta = \frac{|B|}{|A|} = \frac{4\ m}{3\ m} = 1.33$$

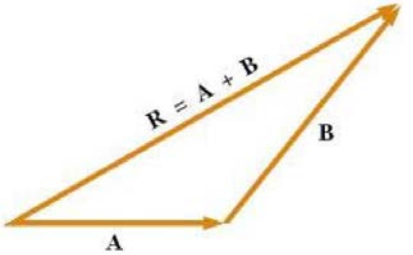
$$\theta = 53°$$

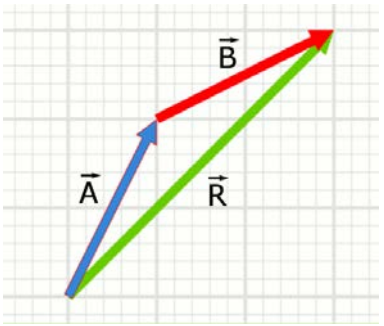





C
D
B
A
R=A+B+C+D


A
B


R = A + B
B
A


B
A
R

Vektörlerin toplanması için özet:

Uygun bir koordinat sistemi seçiniz. Bileşen sayısını azaltarak toplamı kolayca yapılacak hale getiriniz.

Problemdeki tanıma uygun bir şekil çiziniz.

Her vektörün x ve y bileşenlerine ayırınız ve bileşenlerin cebirsel toplamını x ve y eksenleri boyunca yapınız.

Bileşke vektörün büyüklüğünü Pisagor teoremini kullanarak bulunuz ve eksenlerden ne kadar ayrıldığını da trigonometrik fonksiyonları kullanarak hesaplayınız.

Örnek

$\vec{A} = 2\boldsymbol{i} - \boldsymbol{j} + 3\boldsymbol{k}$
$\vec{B} = -4\boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{j} - \boldsymbol{k}$

Vektörlerin toplamını bulunuz.

Çözüm

$A_x = 2 \quad ; A_y = -1 \; ; A_z = 3$

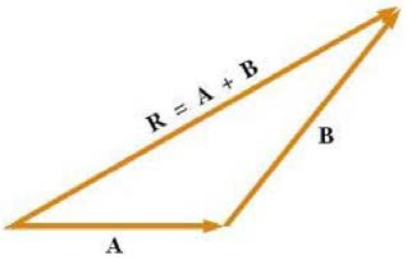
$B_x = -4 \; ; B_y = 2 \quad ; B_z = -1$

$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$

$\vec{R} = (A_x + B_x)\boldsymbol{i} + \left(A_y + B_y\right)\boldsymbol{j} + (A_z + B_z)\boldsymbol{k}$

$\vec{R} = (2 - 4)\boldsymbol{i} + (-1 + 2)\boldsymbol{j} + (3 - 1)\boldsymbol{k}$

$\vec{R} = -2\boldsymbol{i} + \boldsymbol{j} + 2\boldsymbol{k}$



Örnek

$\vec{A} = 2\boldsymbol{i} - \boldsymbol{j} + 3\boldsymbol{k}$
$\vec{B} = -4\boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{j} - \boldsymbol{k}$

Toplam vektörün büyüklüğünü bulunuz.

Çözüm

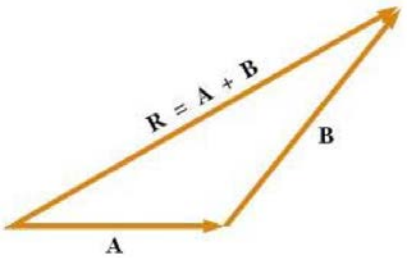
$A_x = 2 \quad ; A_y = -1 \; ; A_z = 3$

$B_x = -4 \; ; B_y = 2 \quad ; B_z = -1$

$\vec{R} = -2\boldsymbol{i} + \boldsymbol{j} + 2\boldsymbol{k}$

$$|\vec{R}| = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2 + {R_z}^2} = \sqrt{(-2)^2 + (1)^2 + (2)^2} = \sqrt{9}$$

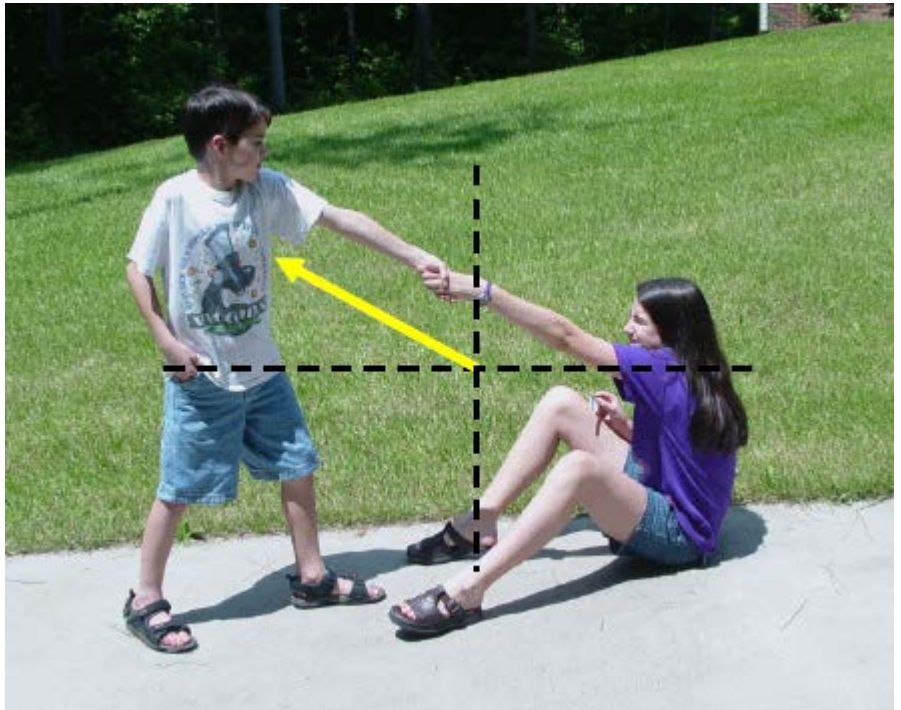
$$|\vec{R}| = 3$$



Örnek

Bir erkek çocuğu bir kıza, şekildeki gibi, 240 N’luk bir kuvvet uygulamaktadır. Kızın kolu yatayla 28° açı yaptığına göre bu kuvvetin bileşenlerini bulunuz.

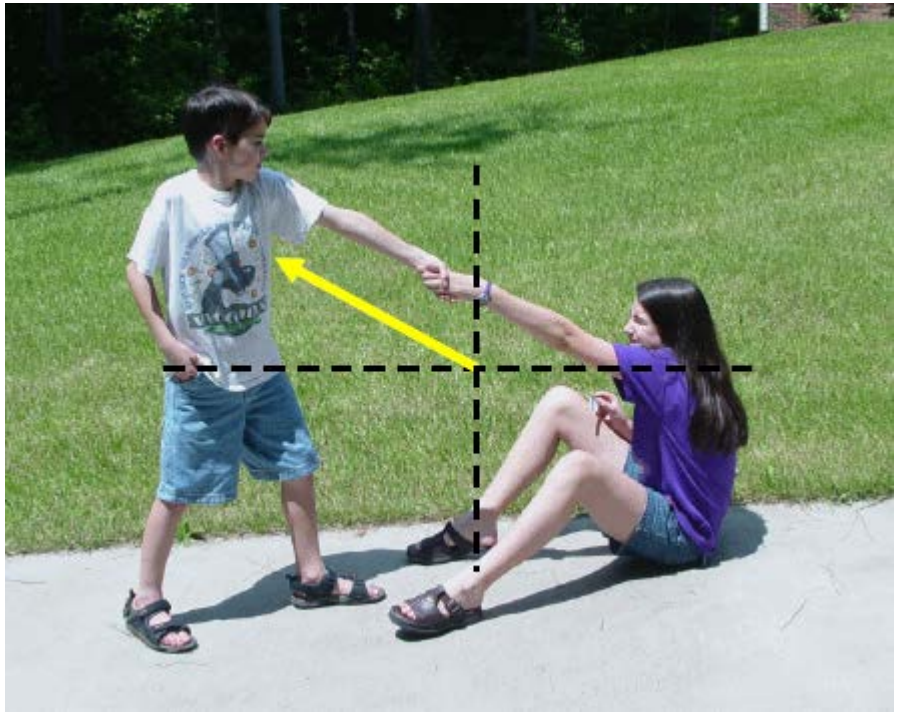


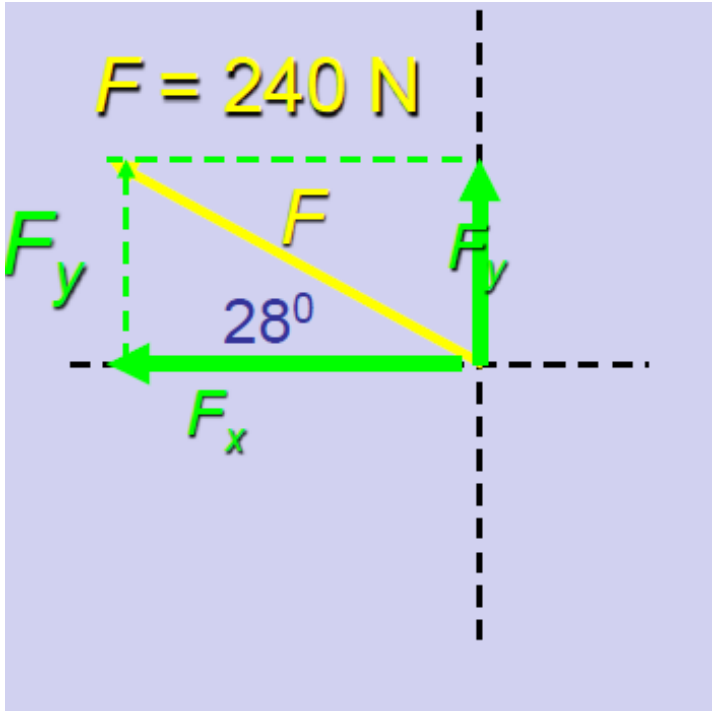


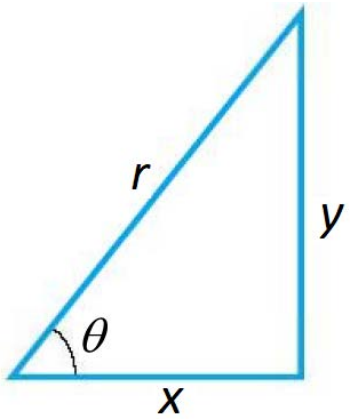
Çözüm

$$F_x = -F\cos\theta = -240\cos 28° = -240 \cdot 0.88 = -212\ N$$
$$F_y = \quad F\sin\theta = \quad 240\sin 28° = \quad 240 \cdot 0.47 = \quad 113\ N$$

Veya birim vertörler cinsinden: $\vec{F} = -(212\ N)\vec{\imath} + (113\ N)\vec{\jmath}$







Örnek

xy düzleminde bulunan **A** ve **B** vektörlerinin toplamını hesaplayınız.

A = (2.0**i** + 2.0**j**) m ve **B** = (2.0**i** - 4.0**j**) m

Çözüm
[**A** = (2.0**i** + 2.0**j**) m ve **B** = (2.0**i** - 4.0**j**) m]

Vektörler bileşenleri cinsinden yazılabilir:

$\vec{A} = A_x\vec{\imath} + A_y\vec{\jmath}$, burada $A_x = 2.0\ m$ ve $A_y = 2.0\ m$

Benzer şekilde, $B_x = 2.0\ m$ ve $B_y = -4.0\ m$

Bileşke vektör **R**,

R = **A** + **B** = (2.0 + 2.0)**i** m + (2.0 - 4.0)**j** m = (4.0**i** - 2.0**j**) m

$R_x = 4.0\ m$ ve $R_y = -2.0\ m$

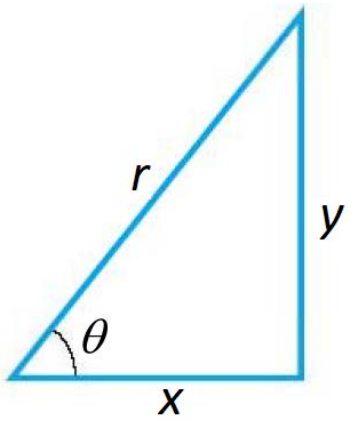
Veya

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2} = \sqrt{(4.0\ m)^2 + (-2.0\ m)^2} = \sqrt{20}\ m$$

$$R = 4.5\ m$$

$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{-2.0\ m}{4.0\ m} = -0.50$$

$$\theta = 333°$$



Örnek

Bir bitki alanı için aşağıdaki yer değiştirmeler yapılmıştır:

$\boldsymbol{d}_1$ = (15**i** + 30**j** + 12**k**) m
$\boldsymbol{d}_2$ = (23**i** - 14**j** - 5.0**k**) m ve
$\boldsymbol{d}_3$ = (-13**i** + 15**j**) m

Bileşke yer değiştirmeyi ve büyüklüğünü bulunuz.

Çözüm

[$\boldsymbol{d}_1$ = (15**i** + 30**j** + 12**k**) m, $\boldsymbol{d}_2$ = (23**i** - 14**j** - 5.0**k**) m ve $\boldsymbol{d}_3$ = (-13**i** + 15**j**) m]

$$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{d}_1 + \boldsymbol{d}_2 + \boldsymbol{d}_3$$

$$= (15 + 23 - 13)\vec{\imath}\, m + (30 - 14 + 15)\vec{\jmath}\, m + (12 - 5.0 + 0)\vec{k}\, m$$

$$= \left(25\vec{\imath} + 31\vec{\jmath} + 7.0\vec{k}\right) m$$ (bileşke yer değiştirme)

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2 + {R_z}^2} = \sqrt{(25\ m)^2 + (31\ m)^2 + (7.0\ m)^2}$$

$$R = 40.4\ m$$ (bileşke büyüklüğü)

Örnek

A ormanı B ormanının 46 km batı ($-\vec{A}$) ve 35 km güneyinde ($-\vec{B}$) yer almaktadır. Bu iki orman arasındaki en kısa mesafenin büyüklüğünü ($R = ?$) ve yönünü ($\theta = ?$) bulunuz.

Çözüm

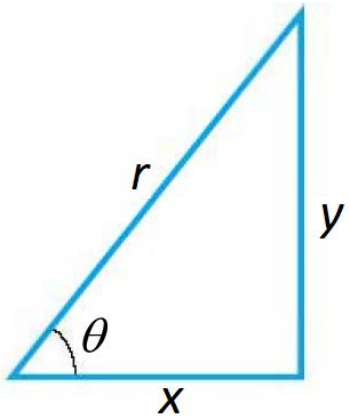
$(\vec{R} = -46\vec{\imath} - 35\vec{\jmath})$

$$R = \sqrt{(46\ km)^2 + (35\ km)^2} = \sqrt{3341}\ km$$

$$R = 57.8\ m$$

$$\tan\theta = \frac{-35\ km}{-46\ km} = 0.76$$

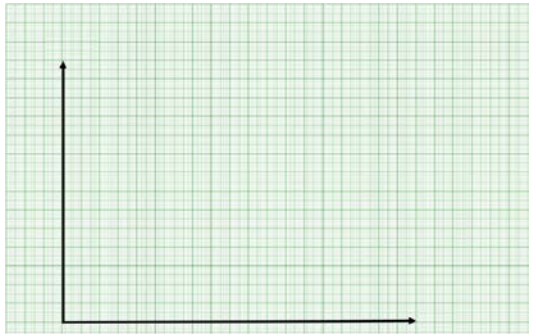
$$\theta = 37.3°$$

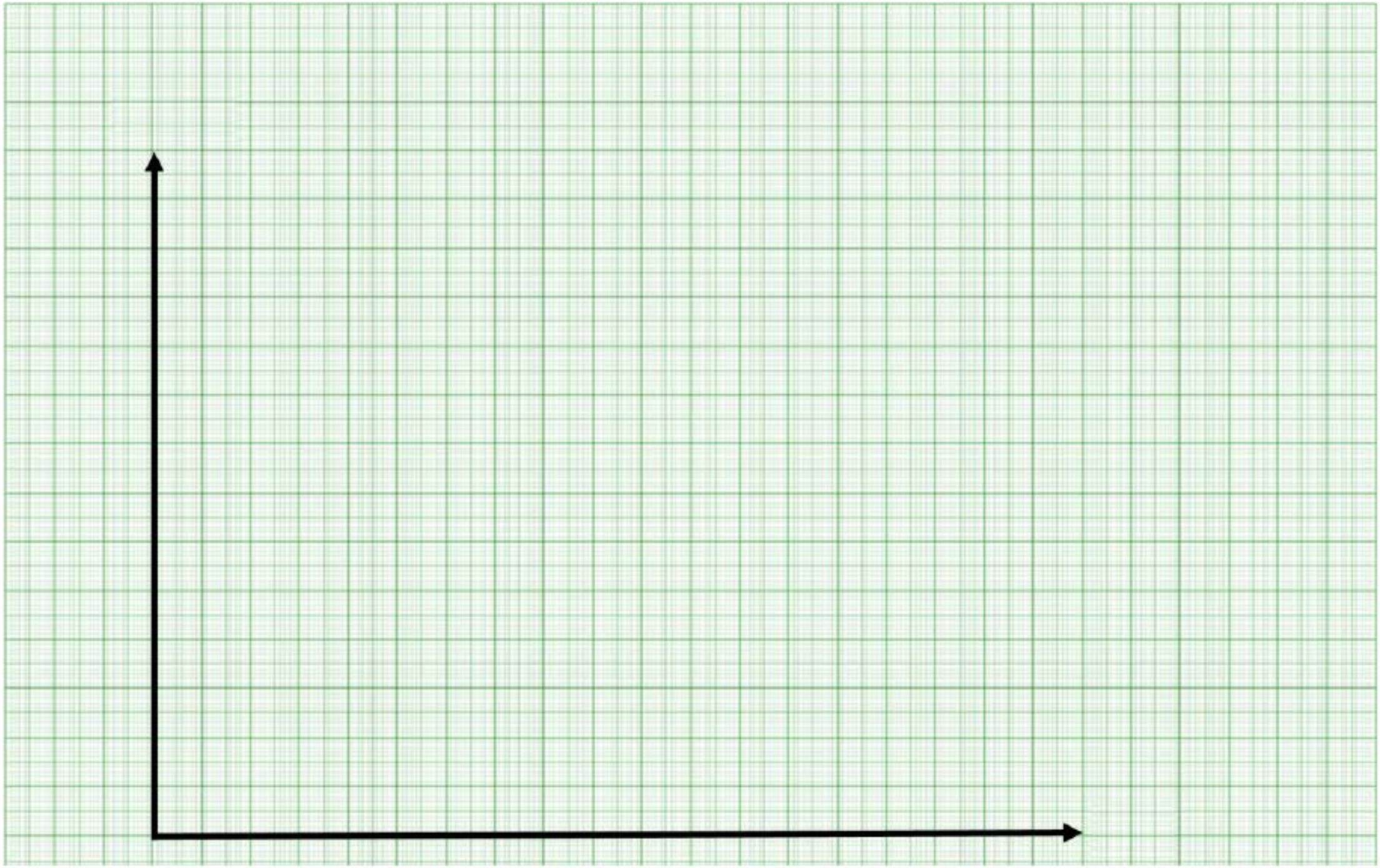


Ödev

A ve **B** vektörleri A = 12 birim ve B = 8 birim şeklinde verilmektedir. Bileşke vektör **R = A + B** şeklinde ise vektörlerle yapılan işlemlere göre en büyük ve en küçük değer aşağıdakilerden hangisidir?

(a) 14.4 birim, 4 birim
(b) 12 birim, 8 birim
(c) 20 birim, 4 birim
(d) Yukarıdakilerden hiçbirisi

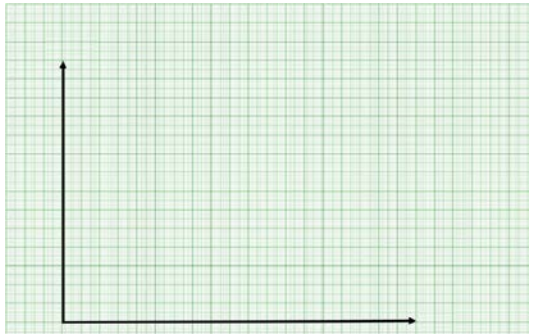


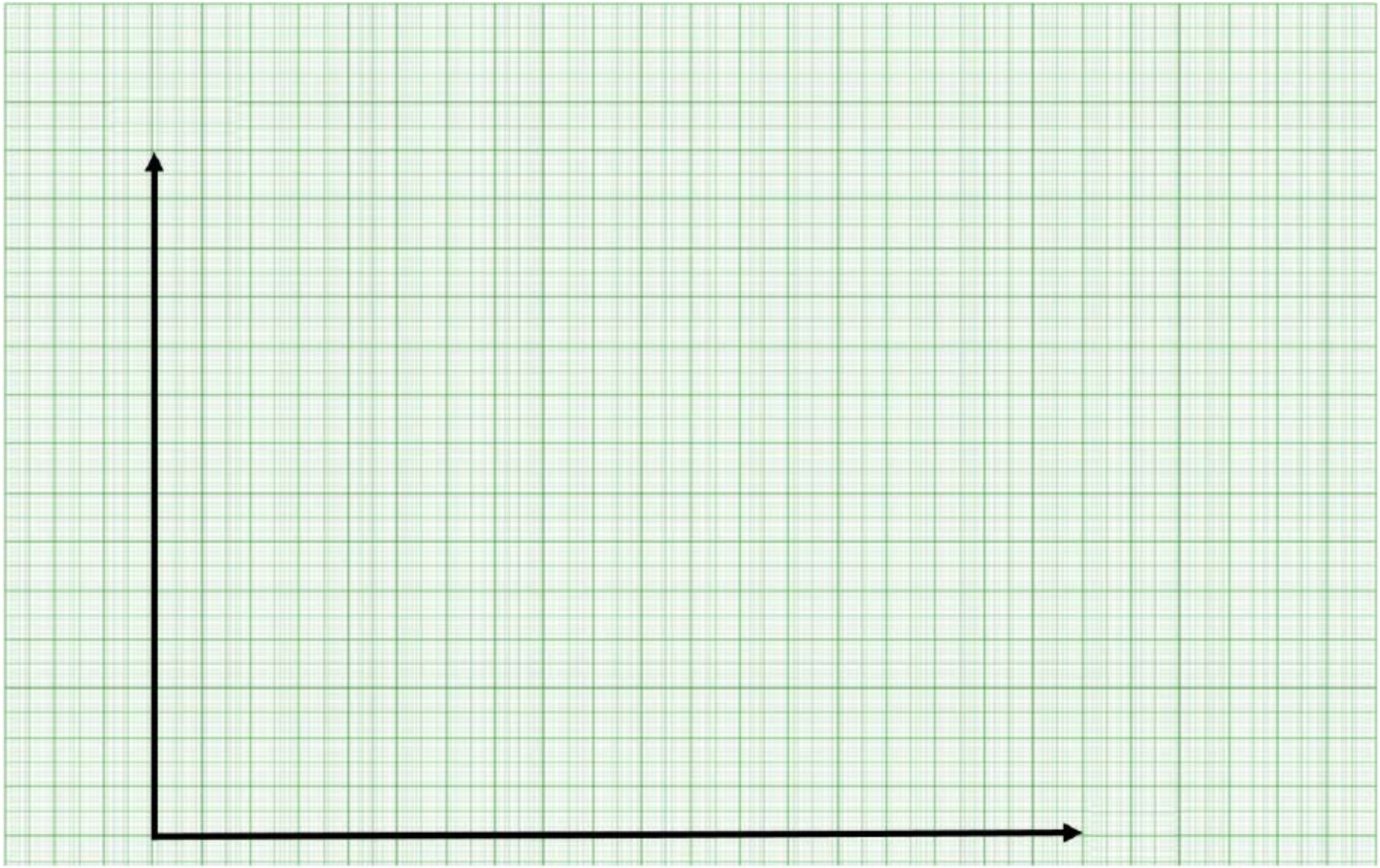


Ödev

B vektörü A vektörüne eklenirse, hangi durumda bileşke vektör **A** + **B** nin değeri *A + B ye eşittir?*

(a) *A* ve *B* paralel ve aynı doğrultularda olunca
(b) A ve B paralel ve zıt yönlerde olunca
(c) A ve B birbirine dik olunca

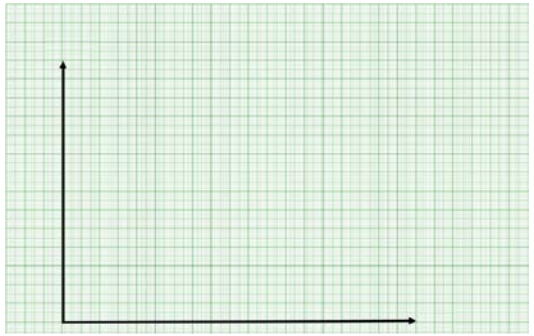


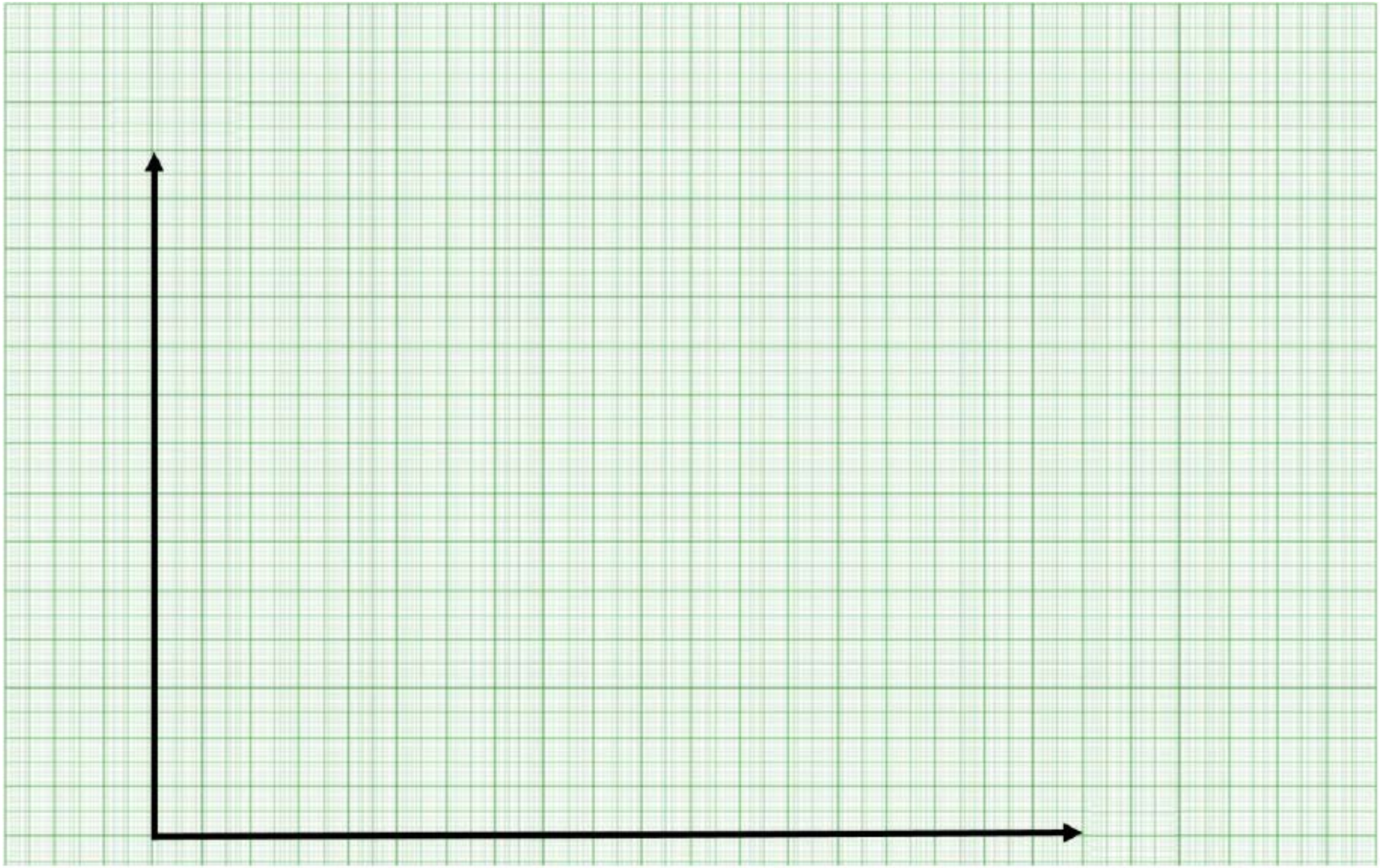


Ödev

B vektörü **A** vektörüne eklenirse hangi koşulda bileşke vektörü sıfır olabilir?

(a) A ve B birbirine paralel ve aynı yönlerde olunca
(b) A ve B paralel ve zıt yönlerde olunca
(c) A ve B aynı büyüklükte olunca
(d) A ve B birbirlerine dik olunca

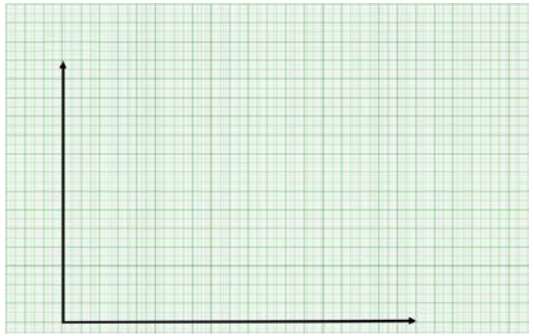




Ödev

Bir vektörün bileşenlerinden biri pozitif değere sahipse, bu vektör için aşağıdaki koşullardan hangisi doğrudur?

(a) Bileşenlerinden biri negatif işaretli olamaz
(b) Sıfır olamaz
(c) Üç boyutlu olamaz



Ödev

Aşağıdakilerden hangisinde bir vektör bileşenlerinden birine eşittir?

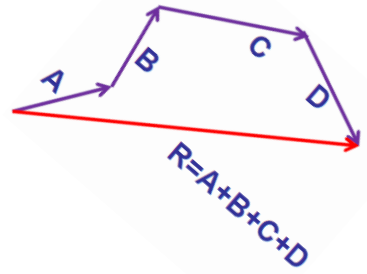
(a) $\mathbf{A} = 2\mathbf{i} + 5\mathbf{j}$
(b) $\mathbf{B} = -3\mathbf{j}$
(c) $\mathbf{C} = +5\mathbf{k}$

Ödev

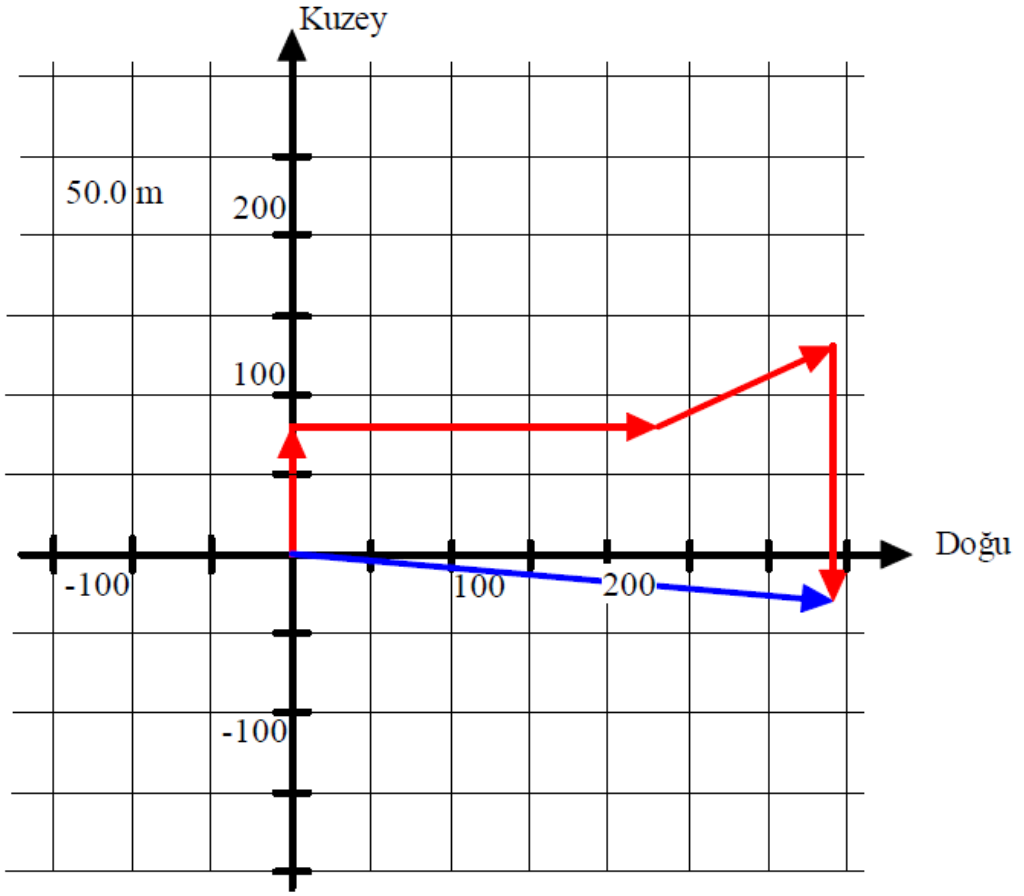
A + **B** = 0 olabilmesi için **A** ve **B**'nin nasıl olması gerekir?

(a) eşit
(b) pozitif
(c) negatif
(d) zıt işaretli

Ödev



Bir ormancı ormanın girişinden itibaren orman içinde önce 75.0 m kuzeye, 250 m doğuya, 125 m kuzey-doğuya (doğudan 30 0° yukarı doğrultuda) ve son olarak 150 m güneye doğru hareket ediyor. Ormancının ormanın girişine göre yer değiştirmesini hesaplayınız ($R_x = 358.3\ m$, $R_y = -12.5\ m$, $R = 358.5\ m$).

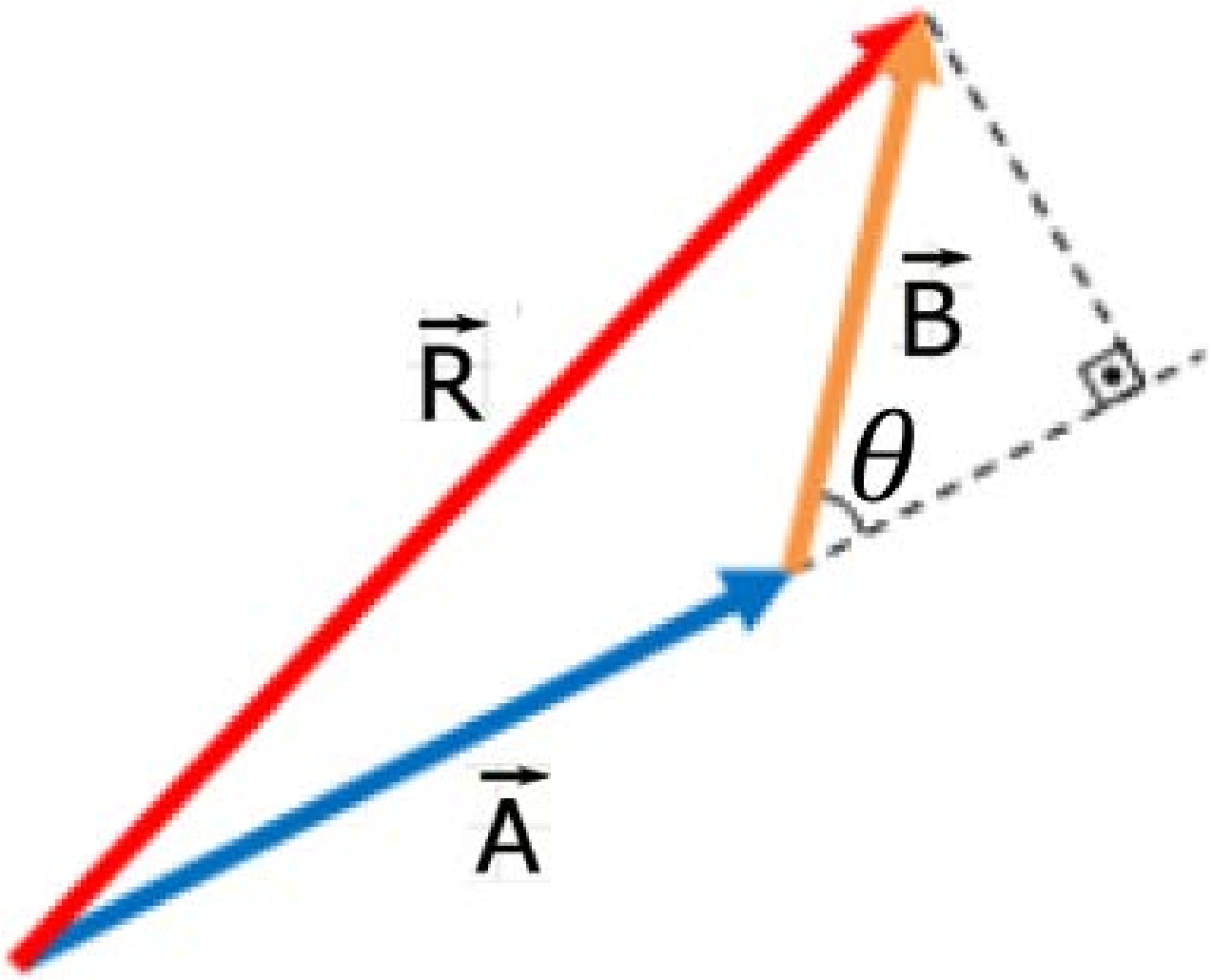


Kosinüs teoremi

$$R^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta$$

Veya

$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$$



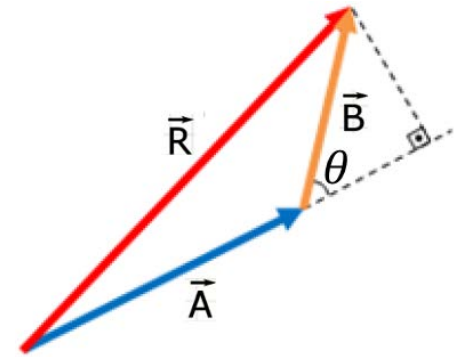
Örnek

Kuzeye doğru yönelmiş 20 km'lik bir vektör ($\vec{A}$) ile 60° kuzey-batıya doğru yönelmiş (θ) 35 km'lik vektörün ($\vec{B}$) bileşkesini bulunuz (R =?).

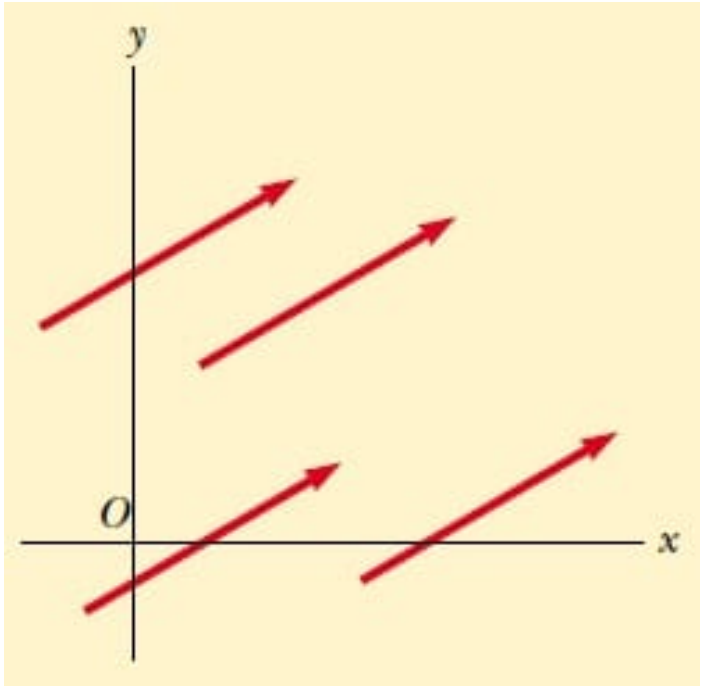
$$R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$$

$$R = \sqrt{20^2 + 35^2 + 2 \cdot 20 \cdot 35 \cdot \cos 60°}$$

$$R = 48.2\ km$$



Vektörlerin öteleme hareketi

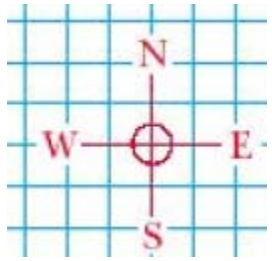


Birçok amaç için, A ve B gibi iki vektör aynı büyüklüğe ve aynı yöne sahipse eşit alınabilir. Yani, A = B ise ve paralel doğrular boyunca aynı yönü gösteriyorlarsa A = B ’dir.

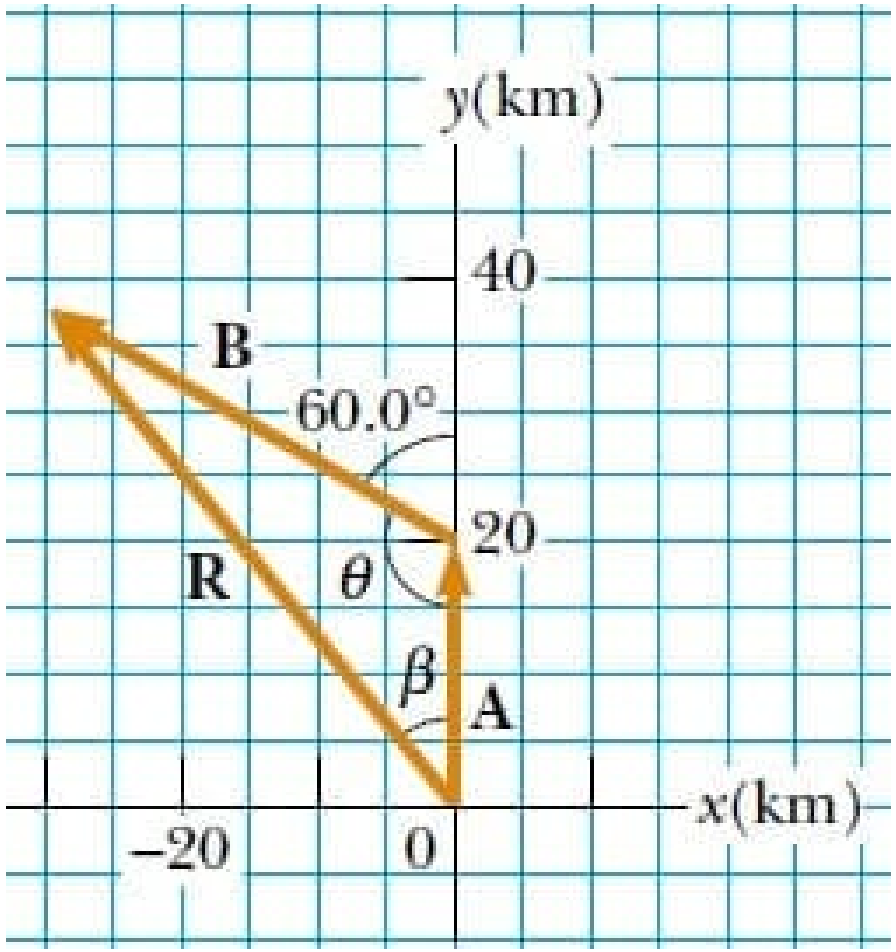
Örneğin, şekildeki bütün vektörlerin başlangıç noktalan farklı olmasına rağmen eşittirler. Bu özellik, vektörü etkilemeden, bir vektörü kendisine paralel olarak öteleme hareketi yaptırmamıza izin verir.

Örnek (öteleme)

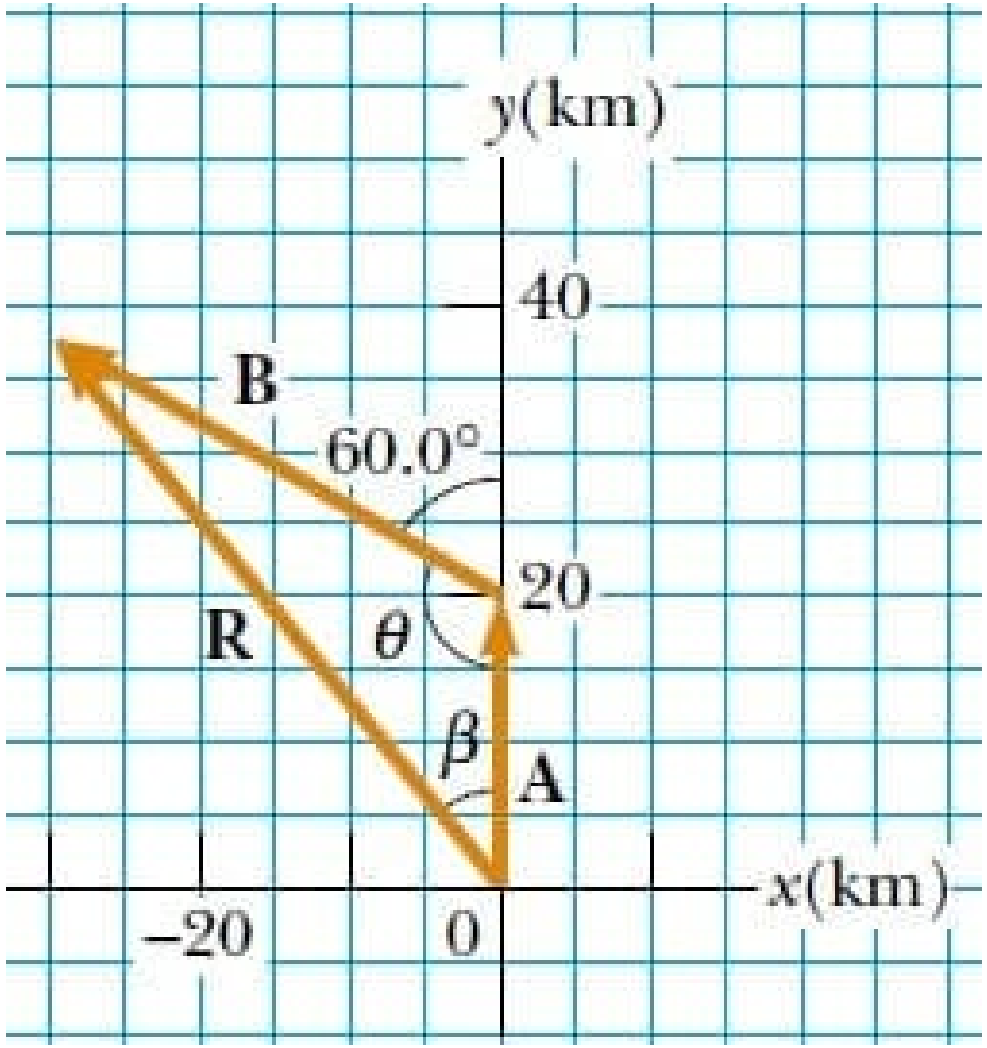
Bir otomobil, şekildeki gibi kuzeye doğru 20,0 km ve sonra 60.0° kuzey-batı yönünde

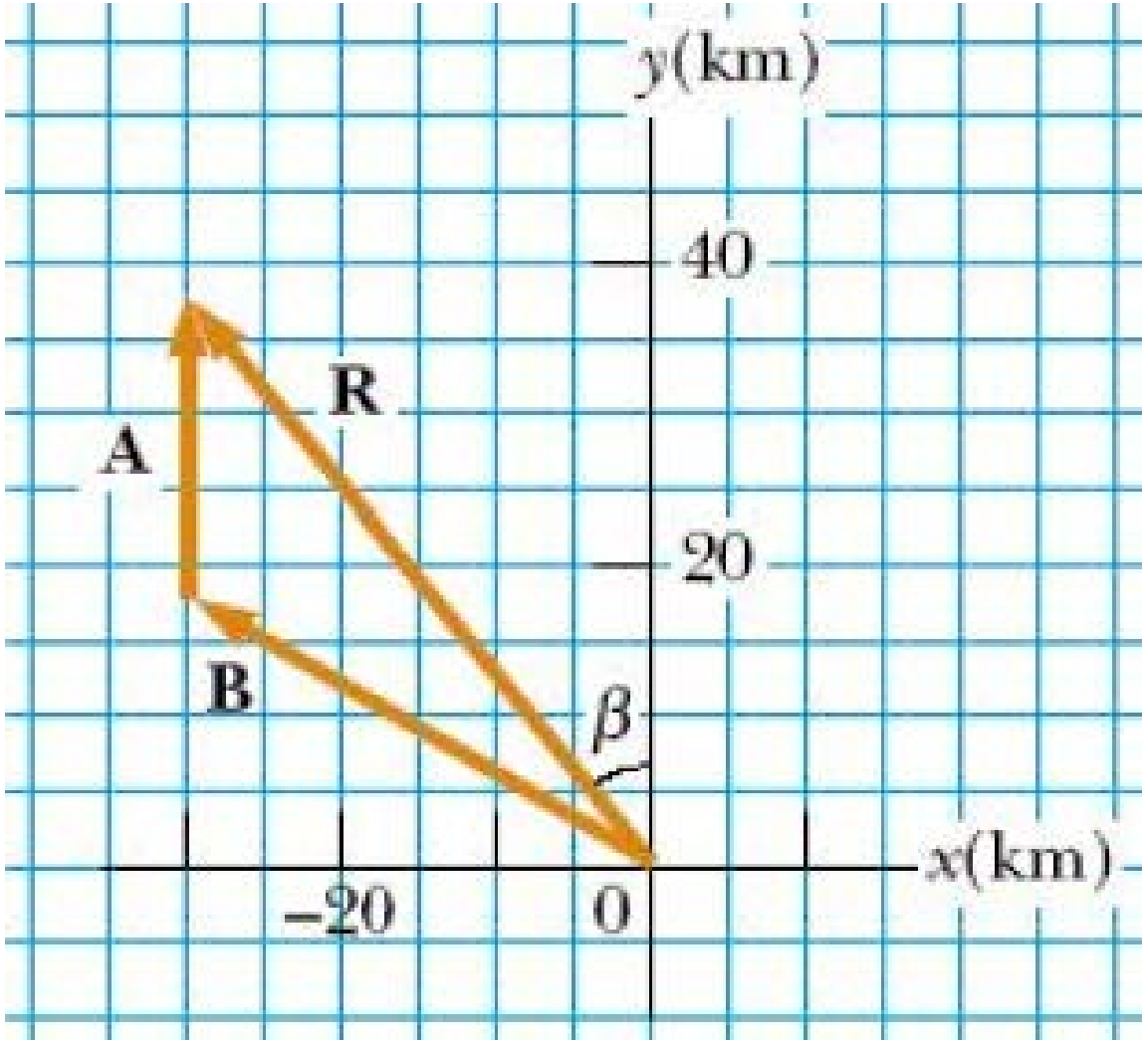


35,0 km yol almaktadır. Otomobilin bileşke yer değiştirmesinin büyüklük (R) ve yönünü (β) bulunuz.

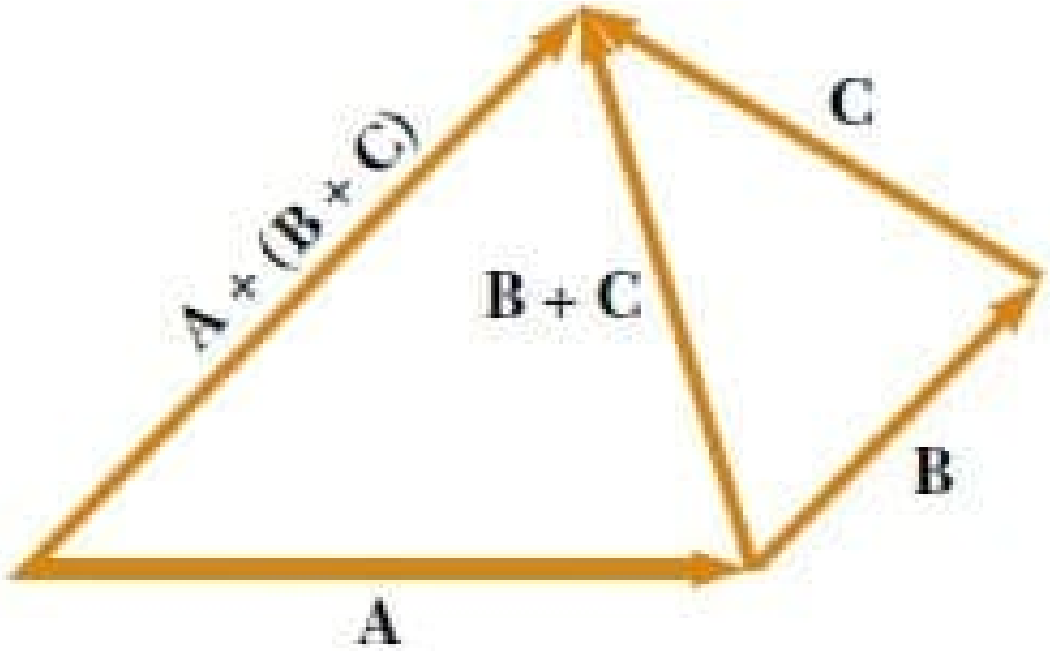


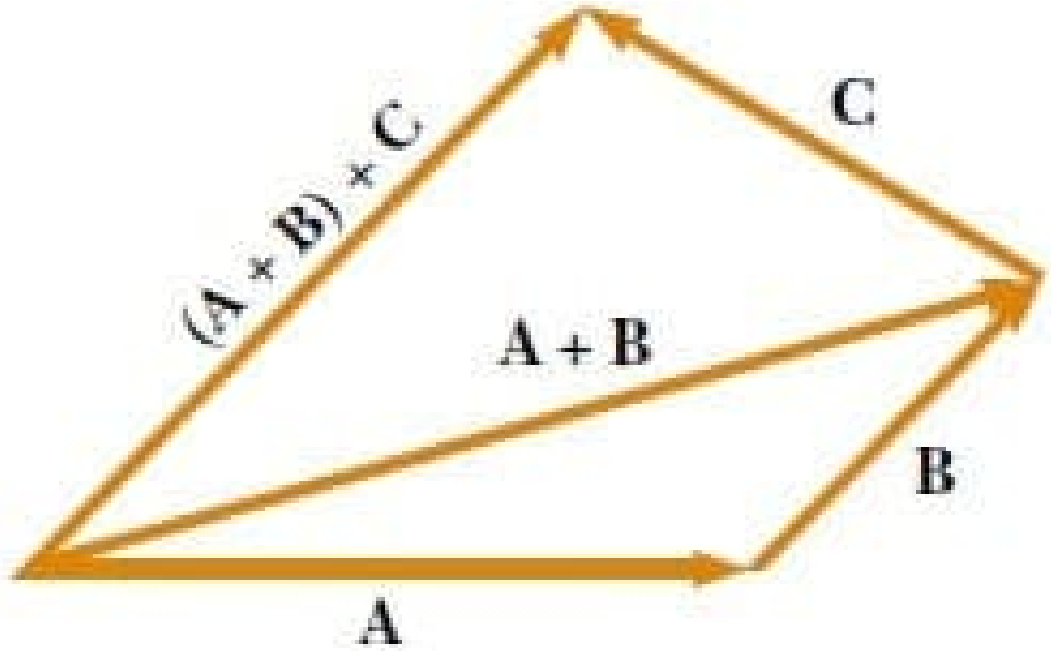
$R = 48.2\ km$ ve $\beta = 39°$


y(km)
40
B
60.0°
20
R
θ
β
A
x(km)
−20
0


y(km)
40
A
R
20
B
β
x(km)
−20
0

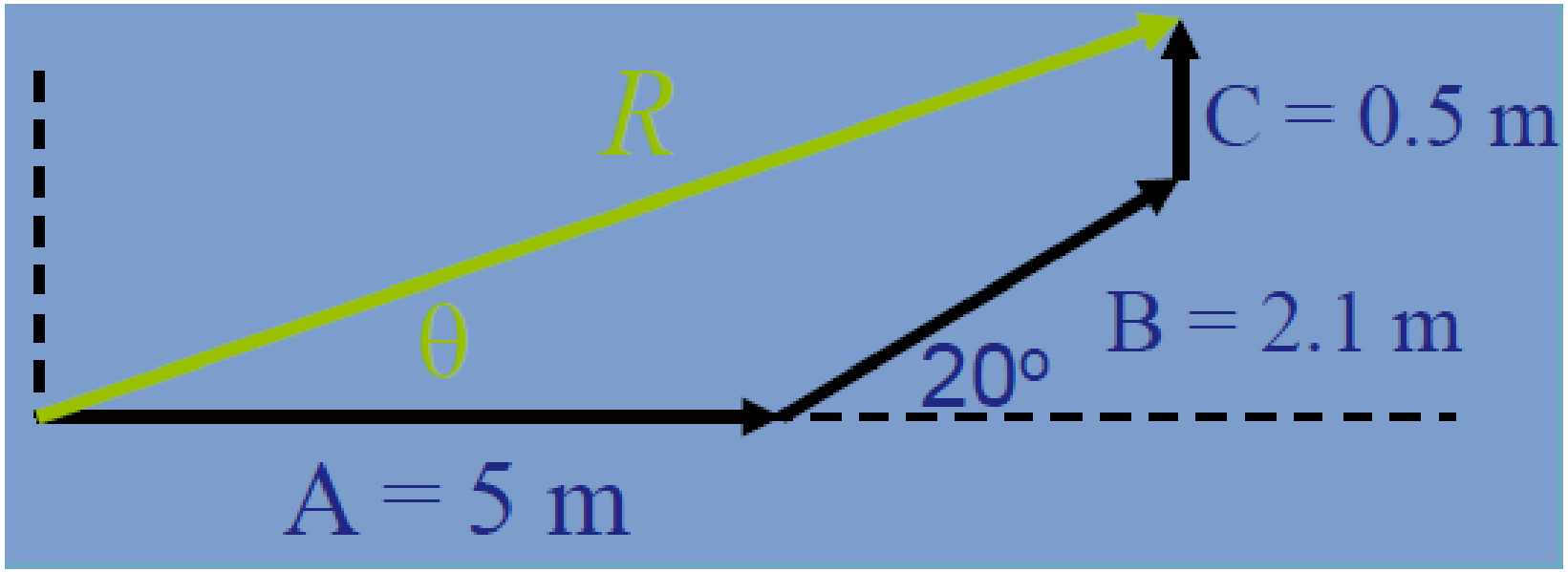
Birleşme özelliği





Örnek

Bir kaplumbağa aşağıda verilen ardışık üç yer değiştirme ve bu yer değiştirmelerin yatayla yaptığı açı verilmiştir. Kaplumbağanın toplam yer değiştirme vektörü R 'nin büyüklüğünü ve yönünü (θ) bulunuz.



A = 5 m, 0°

B = 2.1 m, 20°

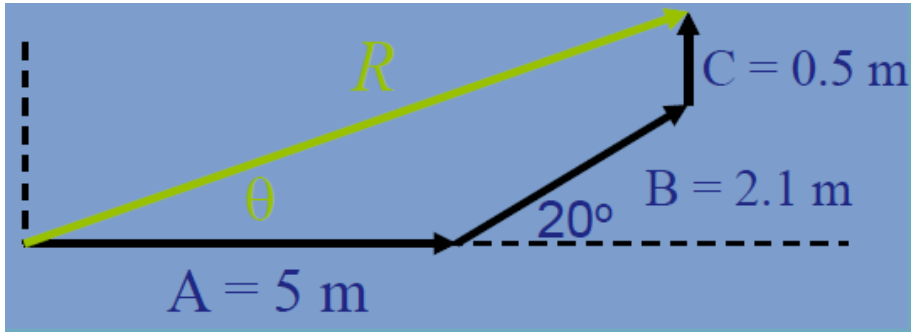
C = 0.5 m, 90°

Çözüm

$\cos 20° = 0.94\,, \sin 20° = 0.34$

Vektör	Açı	X-bileşeni (i)	Y-bileşeni (j)
A=5 m	0^0	+ 5 m	0
B=2.1m	20^0	+(2.1 m) cos 20°	+(2.1 m) sin 20°
C=0.5 m	90^0	0	+ 0.5 m
Bileşke		$R_x = A_x+B_x+C_x$	$R_y = A_y+B_y+C_y$

x-bileşeni (i)	y-bileşeni (j)
$A_x = + 5.00$ m	$A_y = 0$
$B_x = +1.97$ m	$B_y = +0.718$ m
$C_x = 0$	$C_y = + 0.50$ m



Toplam yer değiştirme:

x-bileşeni (i)	y-bileşeni (j)
$A_x = +5.00$ m	$A_y = 0$
$B_x = +1.97$ m	$B_y = +0.718$ m
$C_x = 0$	$C_y = +0.50$ m

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$$

$$\vec{R} = (A_x + B_x + C_x)\boldsymbol{i} + (A_y + B_y + C_y)\boldsymbol{j}$$

$$\vec{R} = (5 + 1.97 + 0)\boldsymbol{i} + (0 + 0.718 + 0.5)\boldsymbol{j}$$

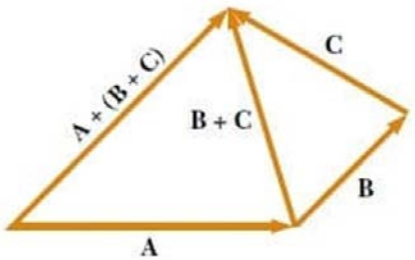
$$\vec{R} = 6.97\boldsymbol{i} + 1.22\boldsymbol{j}$$

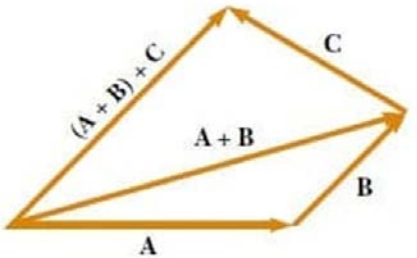
A = 5.00 i + 0 j

B = 1.97 i + 0.718 j

C = 0 i + 0.50 j

R = 6.97 i + 1.22 j





Toplam yer değiştirme vektörü R'nin büyüklüğü:

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2} = \sqrt{(6.97\ m)^2 + (1.22\ m)^2} = \sqrt{50.07}\ m$$

$$R = 7.1\ m$$

A = 5.00 i + 0 j

B = 1.97 i + 0.718 j

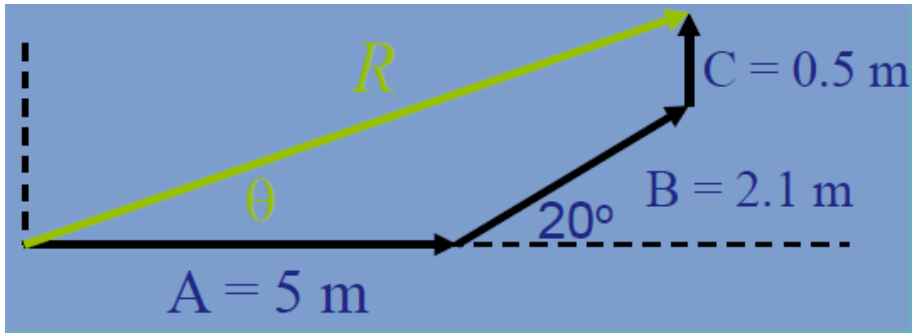
C = 0 i + 0.50 j

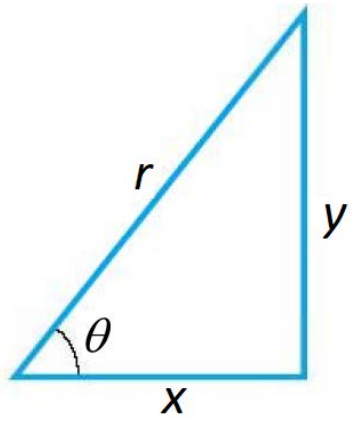
R = 6.97 i + 1.22 j

Toplam yer değiştirme vektörü R'nin yönü:

$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{1.22\ m}{6.97\ m} = 0.175$$

$$\theta = 10°$$



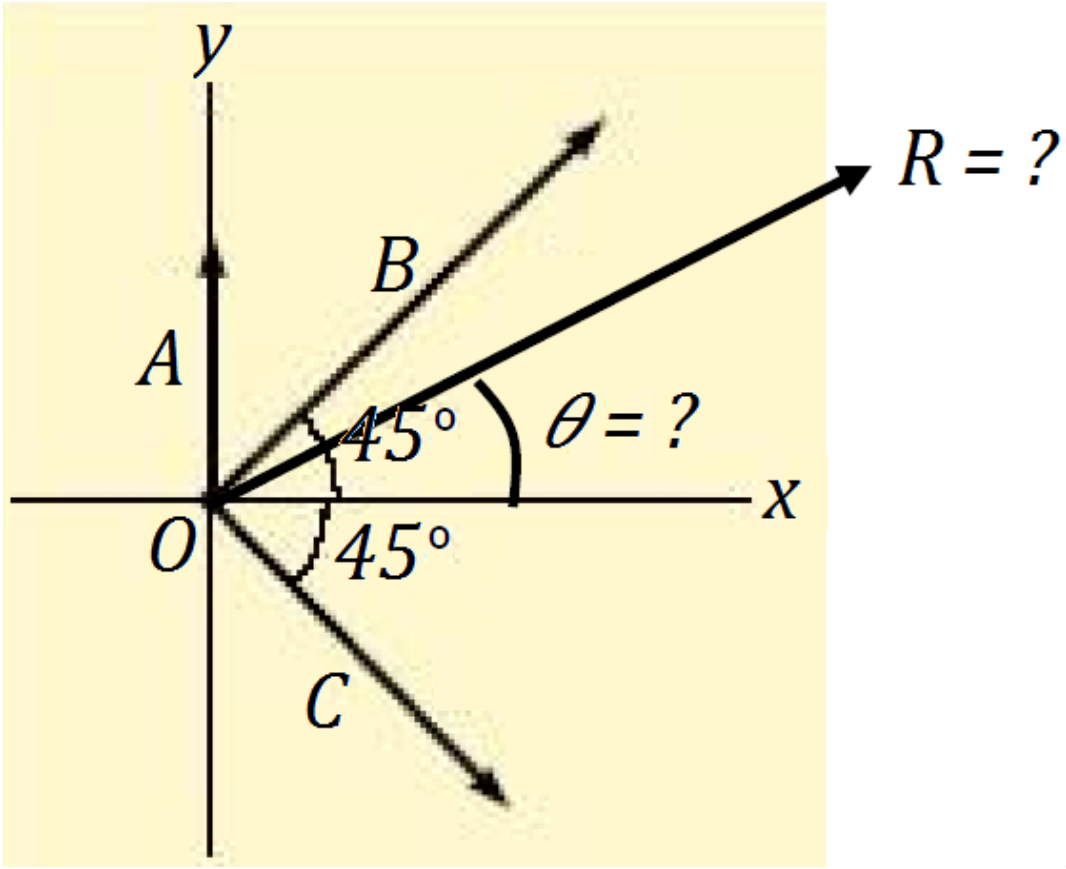


Ödev

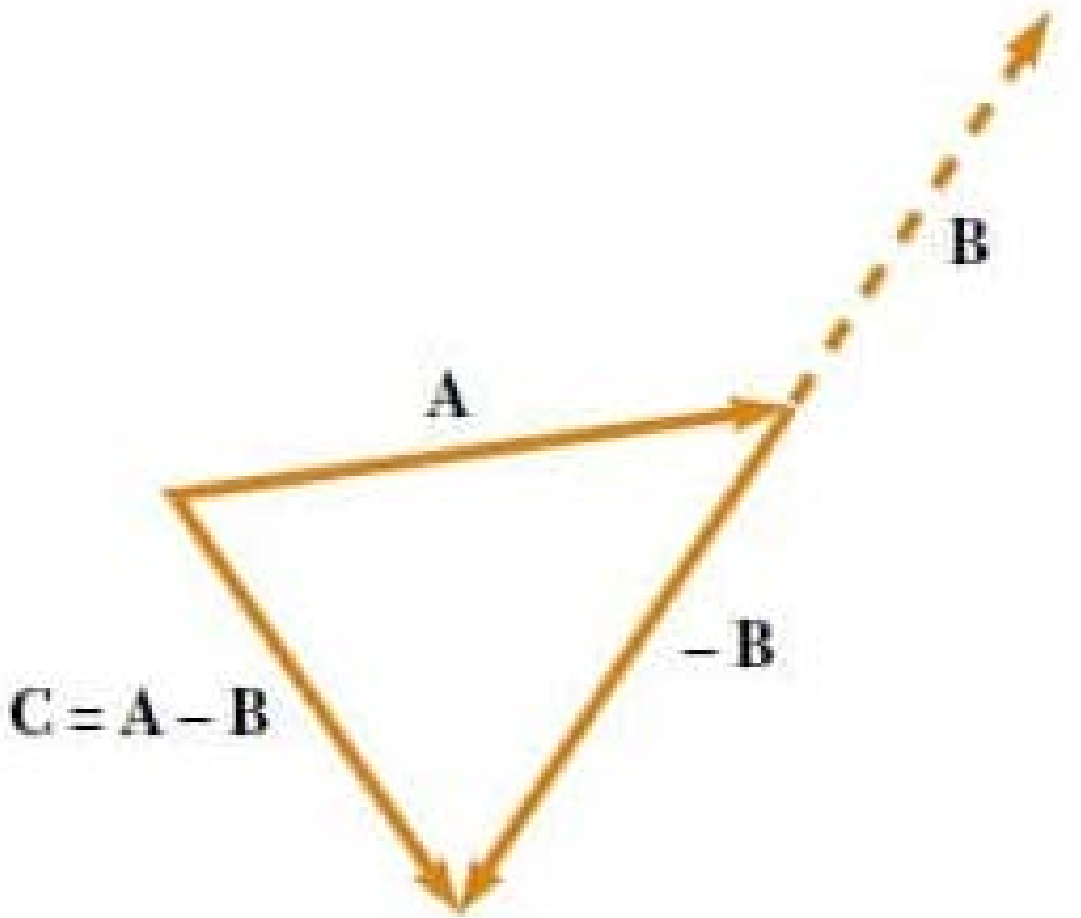
A, B ve C vektörlerinin büyüklükleri sırasıyla 20, 40 ve 30 birim ise;

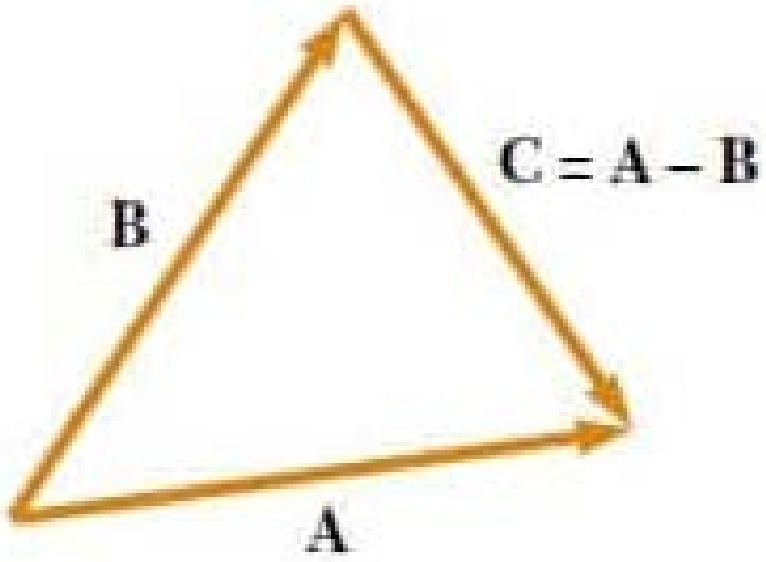
a) R bileşke vektör? (56 birim)
b) R bileşke vektörün yönü? (29°)

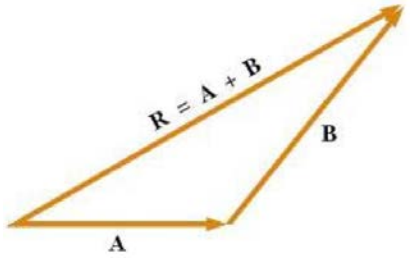
cos45° = sin45° = 0.71



Vektörlerin Çıkarılması





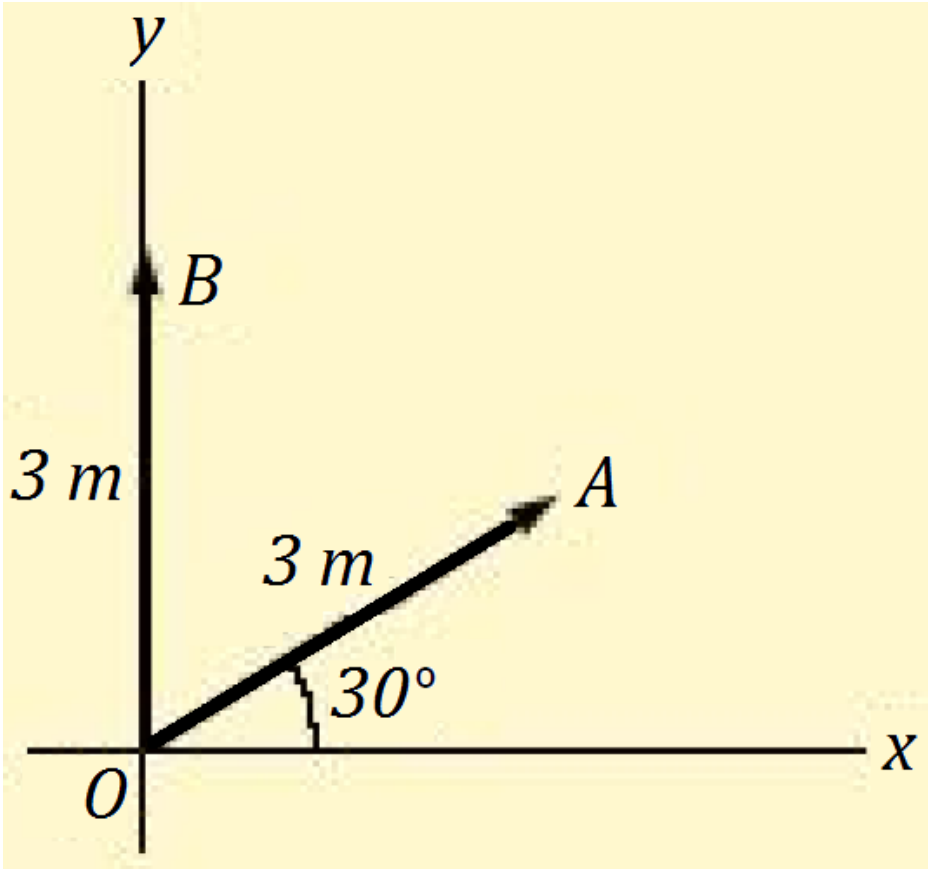


Ödev

Şekilde verilenlere göre aşağıdakilerini hesaplayınız.

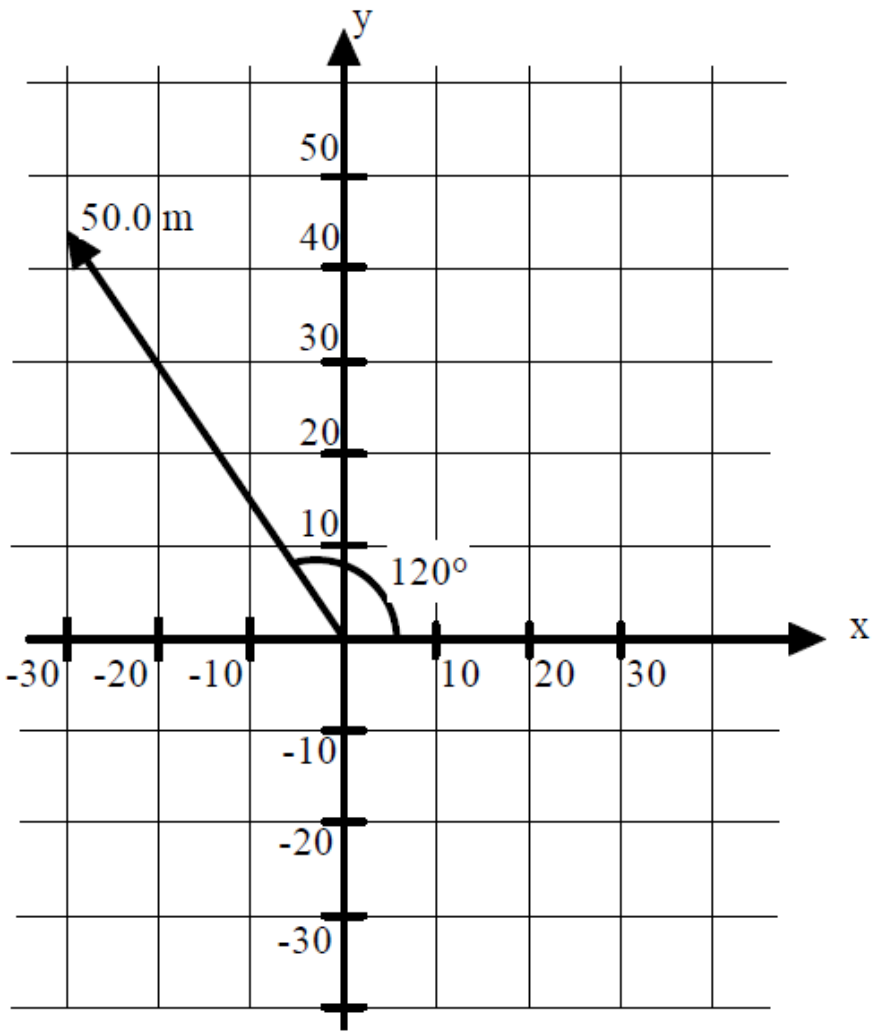
a) $A + B = ?$
b) $A - B = ?$
c) $B - A = ?$
d) $A - 2B = ?$

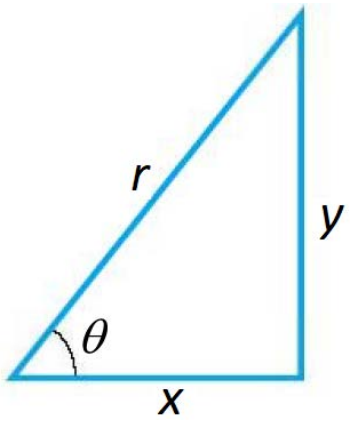
Cos30° = 0.87
Sin30° = 0.5



Ödev

xy düzlemindeki bir yer değiştirme vektörünün büyüklüğü 50.0 m ve pozitif x-ekseni ile yaptığı açı 120° olarak verilmektedir. Bu vektörün dik bileşenini bulunuz ($R_y = 43.3\ m$).



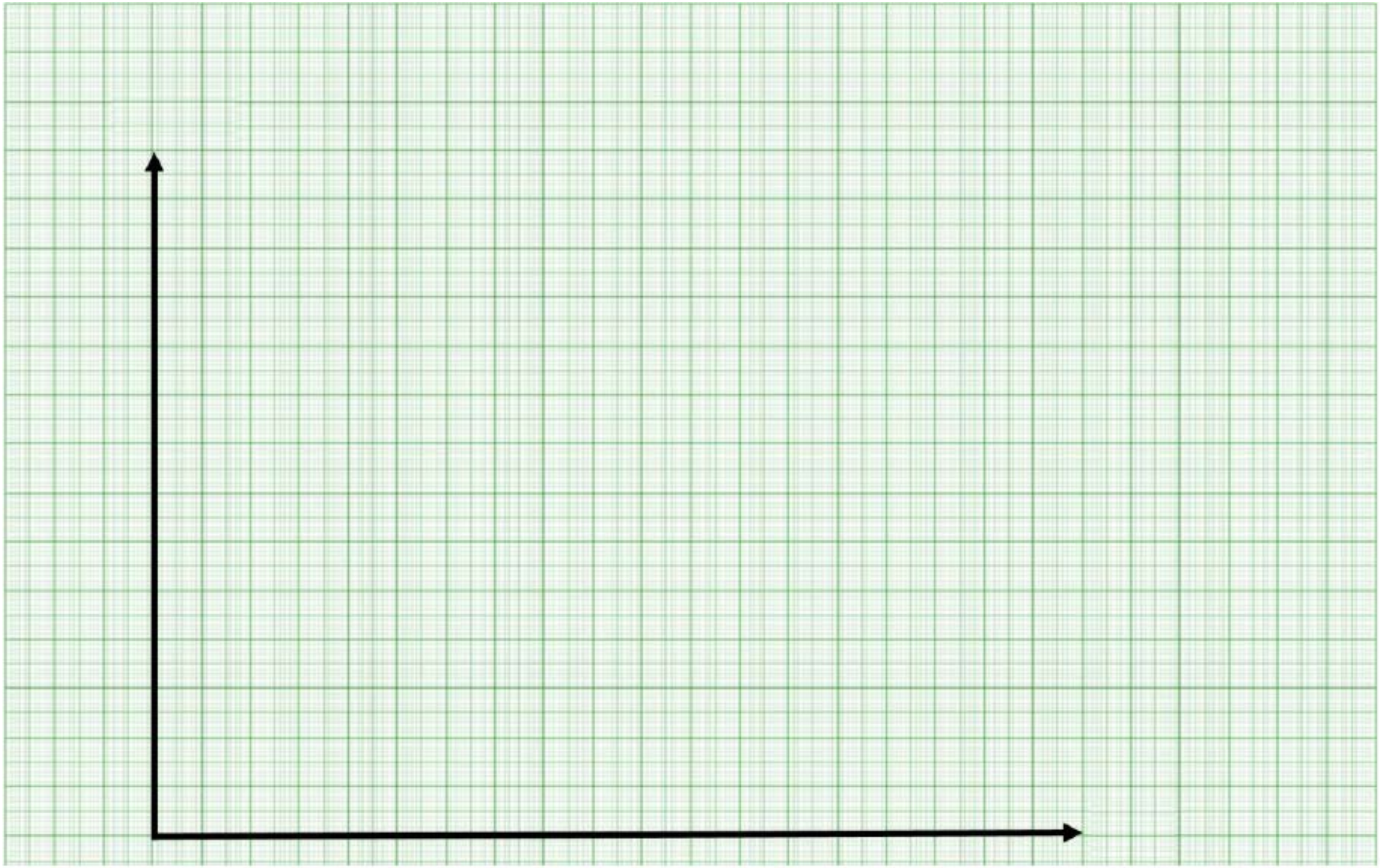


Örnek

Bir hava kontrolörü iki uçağı radar ekranında görür. Birinci uçak yerden 800 m yükseklikte, yatay olarak 19.2 km ve 25.0° güney-batıda bulunmaktadır. İkinci uçak ise yerden 1100 m yükseklikte, kuleden 17.6 km yatay doğrultuda 20.0° güney-batıda bulunmaktadır.

İki uçak arasındaki uzaklığı hesaplayınız (*x-eksenini batı, y-eksenini güney ve z-eksenini düşey doğrultu olarak alınız*).





Çözüm

Uçak$_1$ için:

$x_1 = 19200 \sin 25° = 8114.2\ m$

$y_1 = 19200 \cos 25° = 17401.1\ m$

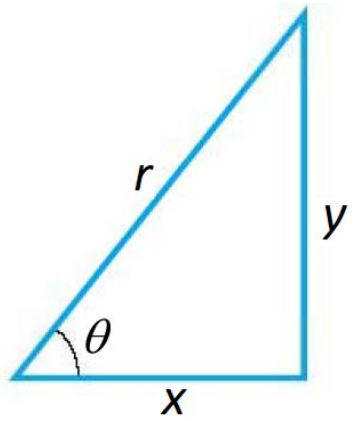
$z_1 = 800\ m$

Uçak$_2$ için:

$x_2 = 17600 \sin 20° = 6019.3\ m$

$y_2 = 17600 \cos 20° = 16538.6\ m$

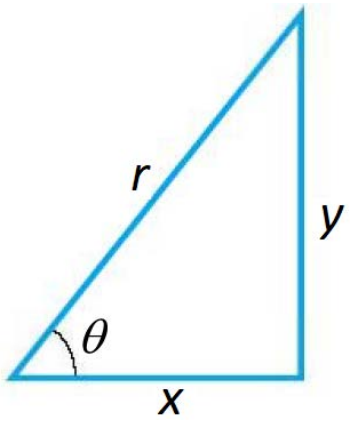
$z_2 = 1100\ m$



$$r = \sqrt{(8114.2 - 6019.3)^2 + (17401.1 - 16538.6)^2 + (800 - 1100)^2}$$

$$= \sqrt{(2094.9)^2 + (862.2)^2 + (300)^2}$$

$$= 2285.3\ m$$



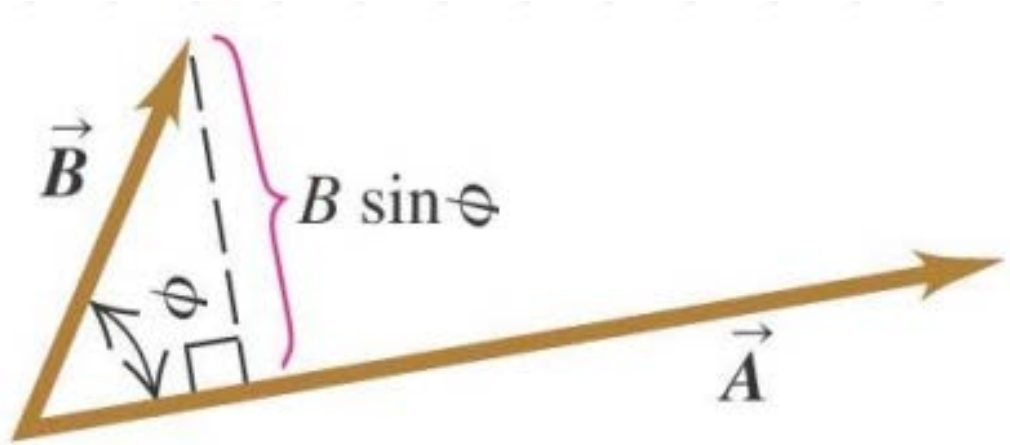
Pilot uçağın kokpitinden hava alanını nasıl bulduğunu anladık mı?



Vektörlerin Çarpılması

Birbiri ile toplanan ya da çıkarılan vektörler aynı cinsten vektörlerdir.

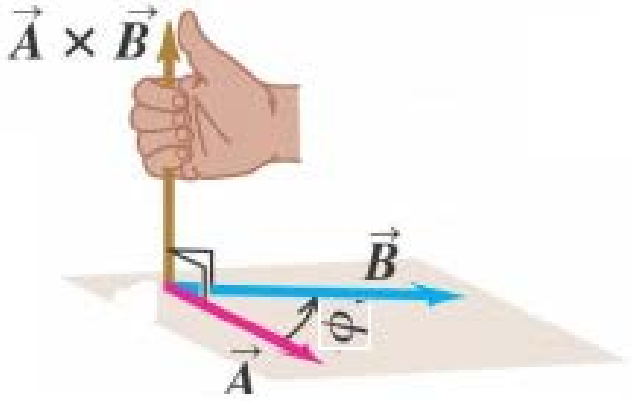
Değişik cinsten vektörler birbirleriyle çarpılabilir ve sonuçta değişik boyutlu fiziksel büyüklükler meydana gelir.



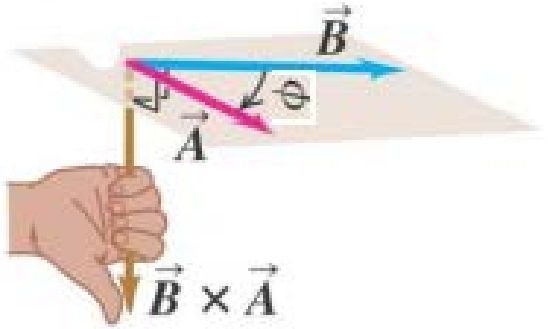
$$\left|\vec{A} \times \vec{B}\right| = A(B \sin\theta)$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A(B \cos\theta)$$

$$\left|\vec{A} \times \vec{B}\right| = A(B \sin\theta)$$

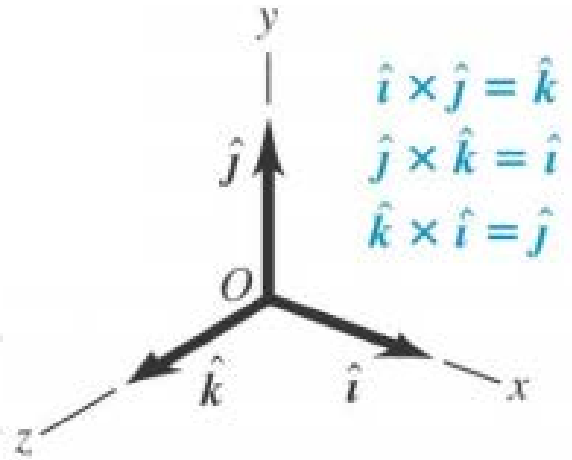


$\vec{A} \times \vec{B}$ vektörü **A** ve **B** vektörlerinin oluşturduğu düzleme diktir.



➔ Vektörel çarpım sıra değiştirmez.

$$\vec{B} \times \vec{A} = -\vec{A} \times \vec{B}$$



$$\hat{i} \times \hat{i} = \hat{j} \times \hat{j} = \hat{k} \times \hat{k} = 0$$

$$\hat{i} \times \hat{j} = \hat{k} \; ; \; \hat{j} \times \hat{i} = -\hat{k}$$

$$\hat{k} \times \hat{i} = \hat{j} \; ; \; \hat{i} \times \hat{k} = -\hat{j}$$

$$\hat{j} \times \hat{k} = \hat{i} \; ; \; \hat{k} \times \hat{j} = -\hat{i}$$

Örnek

$$\vec{A} = 2\boldsymbol{i} - \boldsymbol{j} + 2\boldsymbol{k}$$

$$\vec{B} = 3\boldsymbol{i} + 4\boldsymbol{j} - \boldsymbol{k}$$

ise

a) $\vec{\boldsymbol{A}} \cdot \vec{\boldsymbol{B}} = ?$

b) $\cos\boldsymbol{\theta} = ?$ ise $\boldsymbol{\theta} = ?$

Çözüm

$$\vec{A} = 2\boldsymbol{i} - \boldsymbol{j} + 2\boldsymbol{k}$$
$$\vec{B} = 3\boldsymbol{i} + 4\boldsymbol{j} - \boldsymbol{k}$$
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A(B\cos\theta)$$

a) $\vec{\boldsymbol{A}} \cdot \vec{\boldsymbol{B}} = 2 \cdot 3 + (-1) \cdot 4 + 2 \cdot (-1)$

$= 6 - 4 - 2$

$= 0$

b) $|\vec{A}| = \sqrt{{A_x}^2 + {A_y}^2 + {A_z}^2} = \sqrt{(2)^2 + (-1)^2 + (2)^2} = 3$

$|\vec{B}| = \sqrt{{B_x}^2 + {B_y}^2 + {B_z}^2} = \sqrt{(3)^2 + (4)^2 + (-1)^2} = \sqrt{26}$

$$\cos\boldsymbol{\theta} = ? \; \boldsymbol{ve} \; \boldsymbol{\theta} = ?$$

$$\cos\theta = \frac{\vec{\boldsymbol{A}} \cdot \vec{\boldsymbol{B}}}{A\,B} = \frac{0}{3\sqrt{26}} = 0$$

Öyleyse

$$\theta = 90°$$

$$\vec{\boldsymbol{A}} \cdot \vec{\boldsymbol{B}} = \mathbf{0}$$

$$A \cdot B = 3 \cdot \sqrt{26}$$

$$\left|\vec{A} \times \vec{B}\right| = A(B \sin\theta)$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A(B \cos\theta)$$

