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

Ayrıntılı İçerik

Bir boyutta hareket

- Konum

Yer değiştirme

- Yer değiştirme vektörü

Hız

- Konum-zaman Grafiği ve Ortalama Hız
- Ortalama Sürat
- Anlık Hız

İvme

- Ortalama İvme
- Anlık İvme
- Sabit İvmeli Hareket
- Konum $x(t)$, hız $v(t)$ ve ivmenin $a(t)$ zamanla değişimleri
- Sabit İvmeli Hareket Denklemleri

Serbest düşme

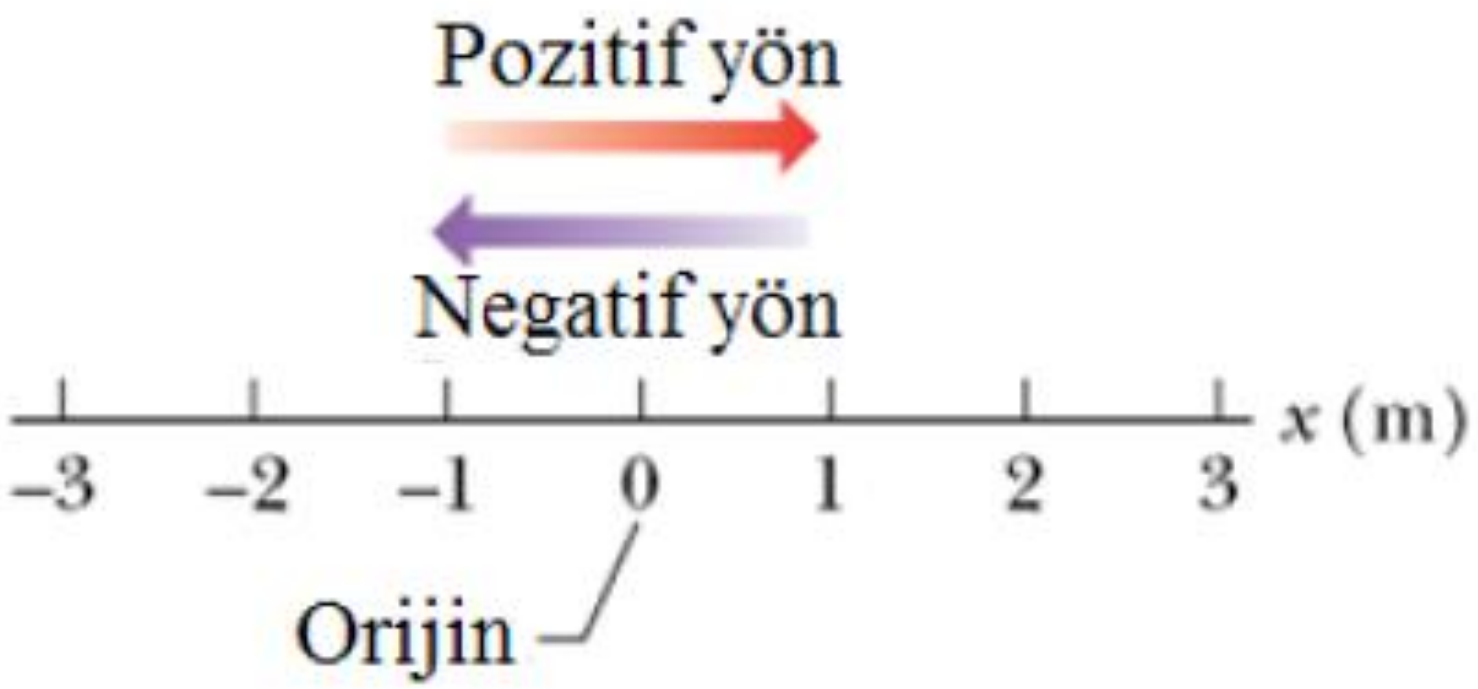
BİR BOYUTTA HAREKET

Bu bölümde cisimlerin bir doğru boyunca hareketi incelenecektir.

Kinematik, cisimlerin hareketini inceleyen mekaniğin bir alt dalıdır. Bir cismin konumu zamanla değişiyorsa o cisim hareketlidir denir.

Hareketli cisimlerin noktasal parçacıklardan oluştuğunu ve hepsinin de aynı şekilde hareket ettiğini kabul edeceğiz.

x-ekseni boyunca hareket eden bir cisim düşünelim. Herhangi bir t anında, orijine göre cismin konumu $x(t)$ ile tanımlanır. x-ekseninin hangi tarafında bulunduğuna göre, cismin koordinatı negatif veya pozitif olabilir.

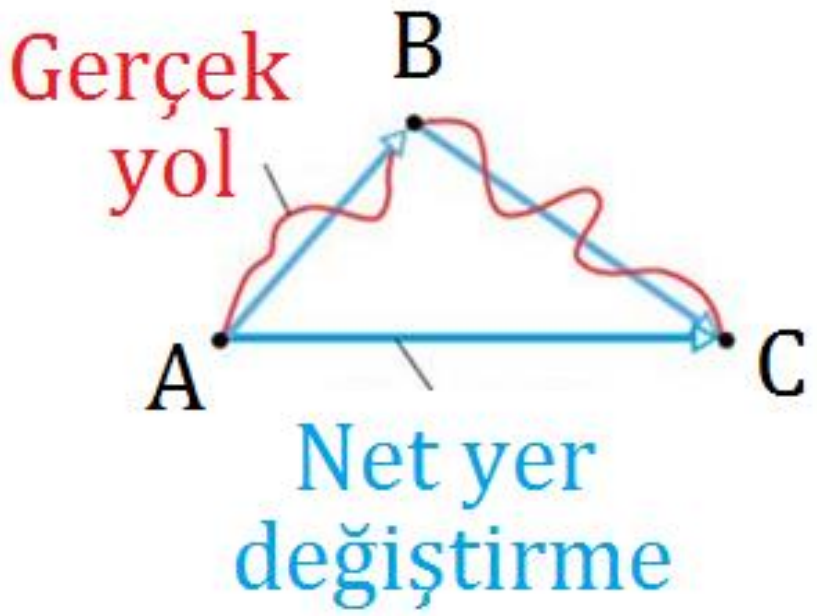


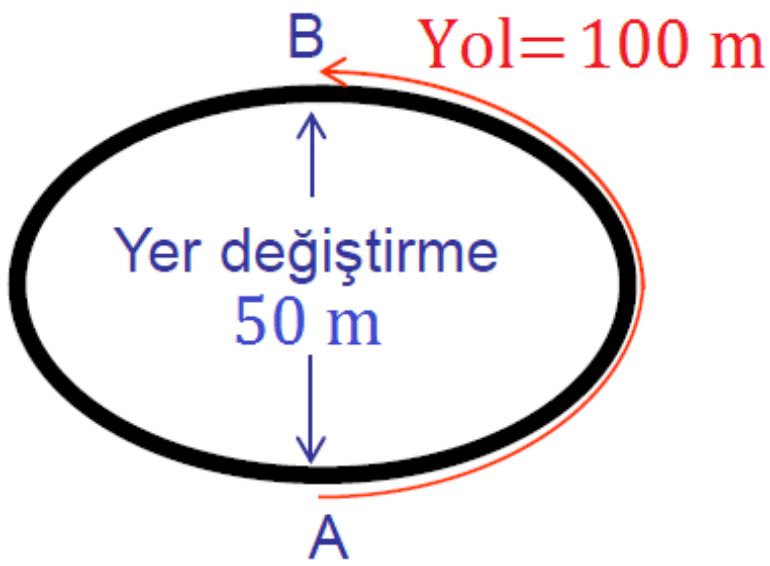
Konum

Bir cismin yerinin bir referansa göre belirlenmesidir.

Bir cismin “konum vektörü”, bulunduğu koordinat sisteminin orijininden cismin bulunduğu noktaya çizilen vektördür.

YER DEĞİŞTİRME





Yer değiştirme ile gidilen toplam yol aynı şey değildir.

Örnek

$x_1 = 5\,m$ konumundan pozitif yönde $x_2 = 200\,m$ konumuna giden ve oradan tekrar başlangıçtaki konumuna dönen bir cismin yer değiştirmesini bulunuz.

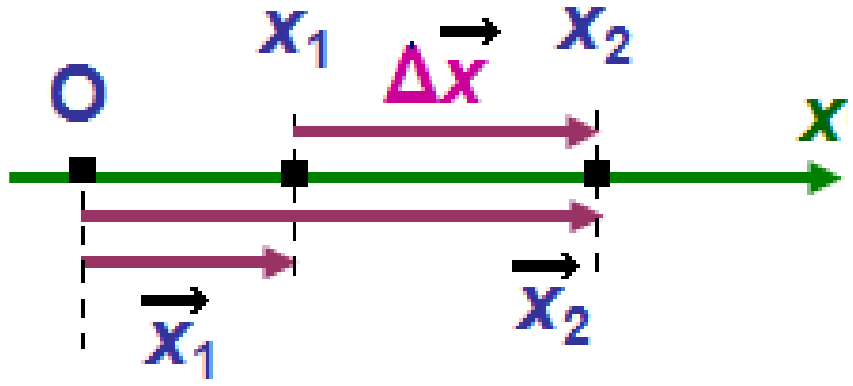
Çözüm:

Cisim toplam olarak 390 m yol aldığı halde, yer değiştirmesi $\Delta x = 0$'dır.

Yer değiştirme vektörü

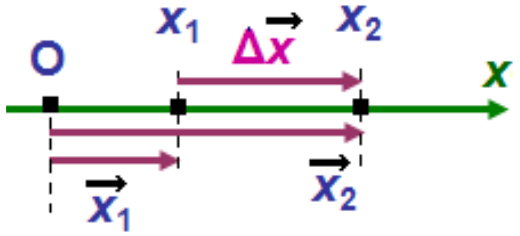
Bir cisim x_1 konumundan x_2 konumuna hareket etmişse, konumundaki değişim yer değiştirme (Δx) ile tanımlanır.

$$\overrightarrow{\Delta x} = \overrightarrow{x_2} - \overrightarrow{x_1}$$



Yer değiştirme, hem büyüklüğü hem de yönü olan vektörel bir niceliktir. Tek boyuttaki harekette yer değiştirme yönü olarak Δx'in işaretini kullanılacak.

Örnek



İlk konumu $x_1 = 5\,m$ ve son konumu $x_2 = 12\,m$ olan bir cismin yer değiştirmesi $\Delta x = 12 - 5 = 7\,m$ olacaktır. Δx 'in pozitif olması, yer değiştirmenin $+x$ yönünde olduğunu gösterir.

Cisim $x_1 = 5\,m$ konumundan $x_2 = 1\,m$ konumuna hareket etseydi, yer değiştirme $\Delta x = 1 - 5 = -4\,m$ olurdu. Δx 'in negatif olması, yer değiştirmenin $-x$ yönünde olduğunu gösterir.

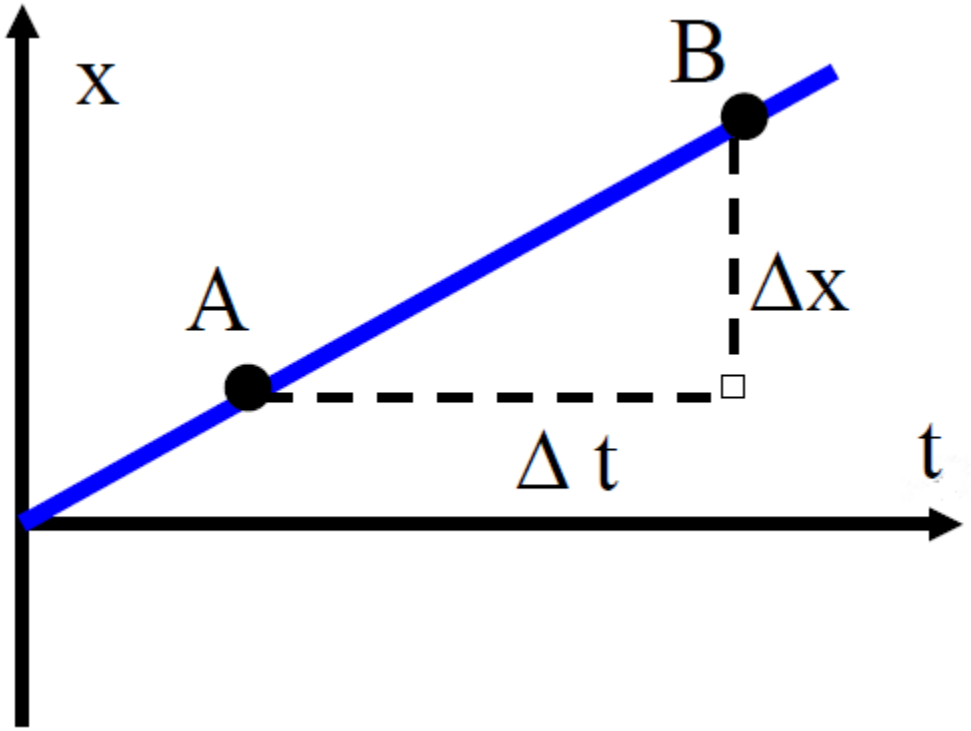
HIZ:
Konum-zaman Grafiği ve Ortalama Hız

Bir cismin hareketini tanımlamanın bir yolu, cismin konumunu zamana bağlı olarak çizmektir.

Herhangi bir t_1 anı ile t_2 anı arasında, nesnenin x_1 konumundan x_2 konumuna ne kadar hızlı gittiği konusunda ortalama hız ($\vec{v}_{ort}$) bize bir fikir verecektir.

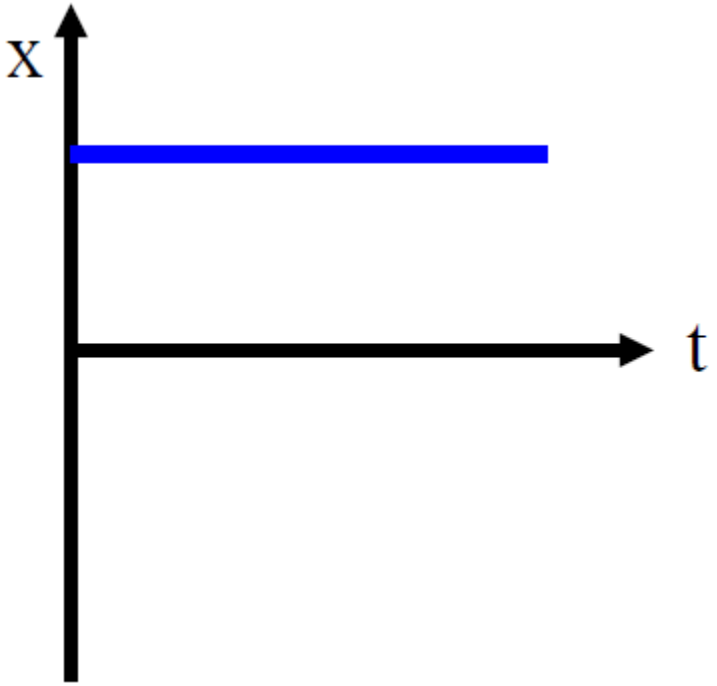
Konum-zaman grafiğinde (t_1, x_1) noktasından (t_2, x_2) noktasına çizilen doğrunun eğimi, cismin t_1 ve t_2 aralığındaki $\vec{v}_{ort}$ hızına eşittir:

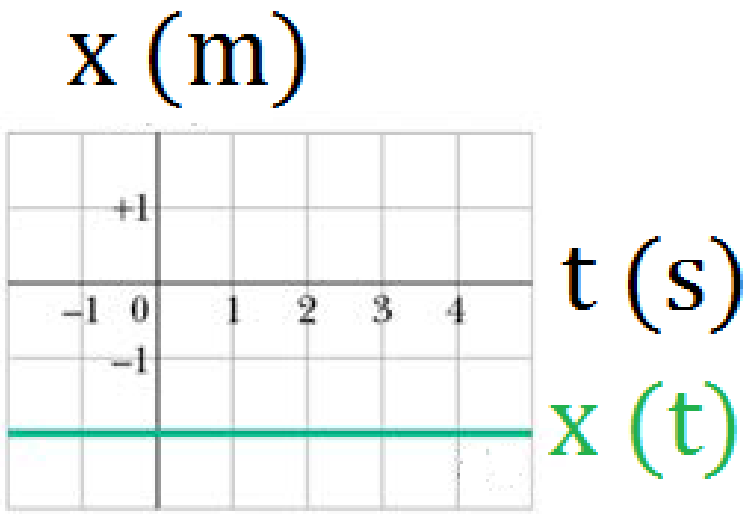
$$\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$



Örnek

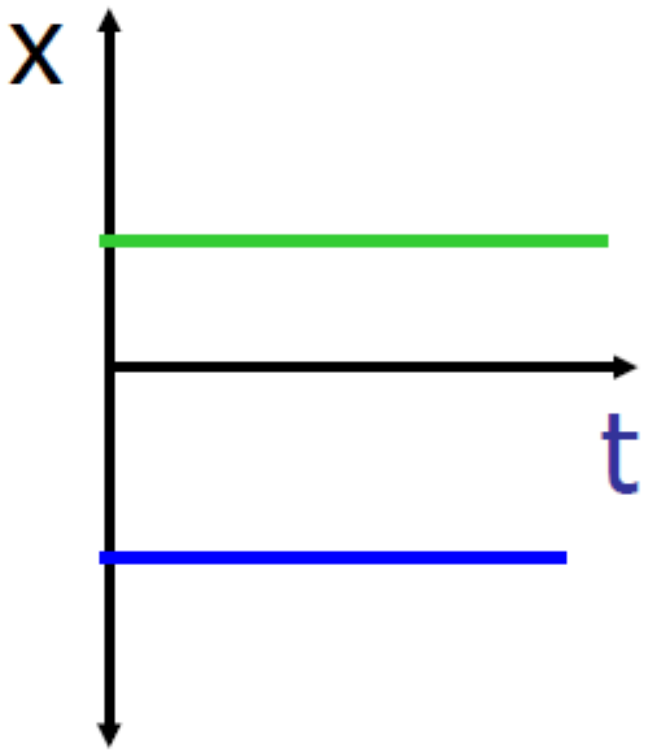
Cismin hareketini tanımlayınız.



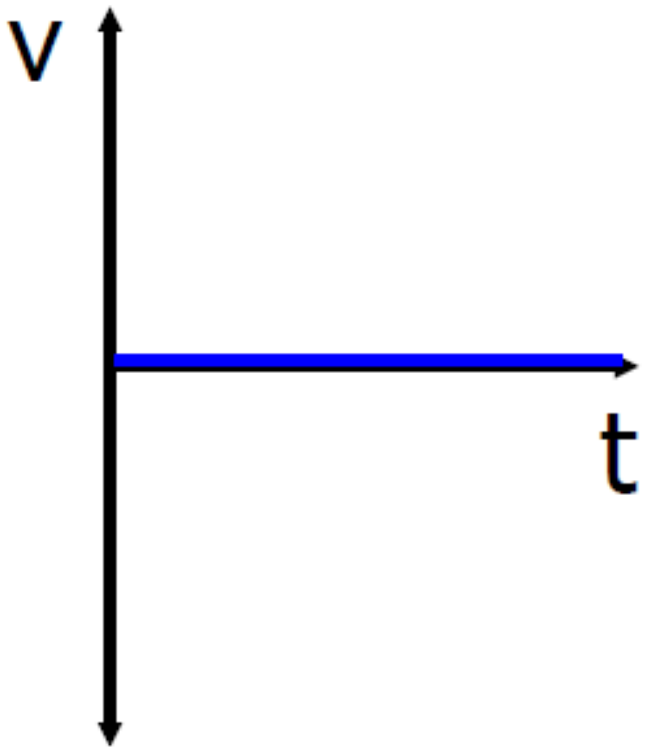


Çözüm: Cisim duruyor. Duran cismin konum-zaman grafiği.

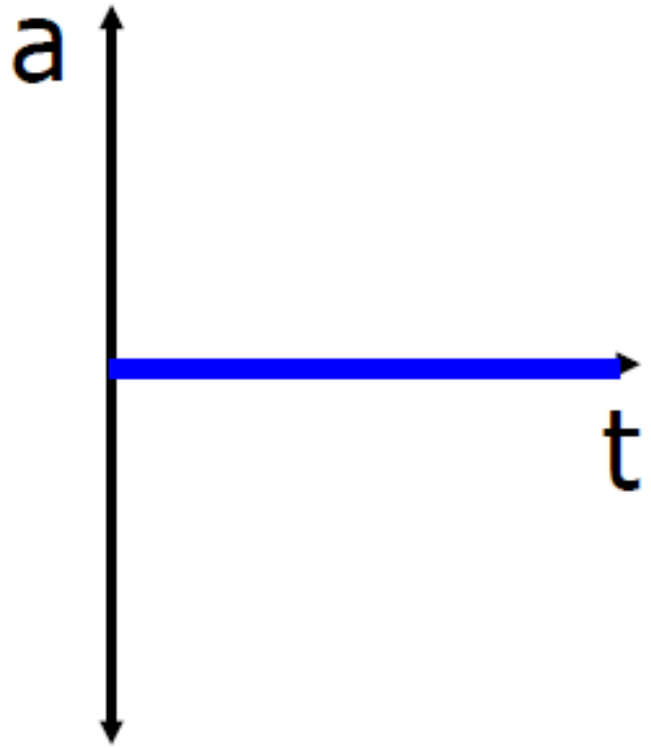
Duran bir cismin zamana göre konum, hız ve ivme grafikleri



Konum - zaman



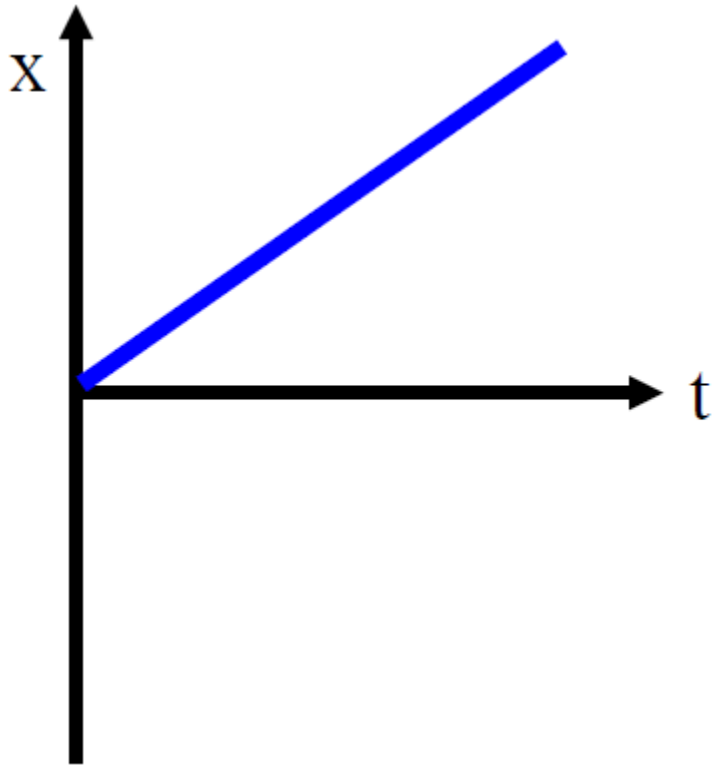
Hız - zaman



İvme - zaman

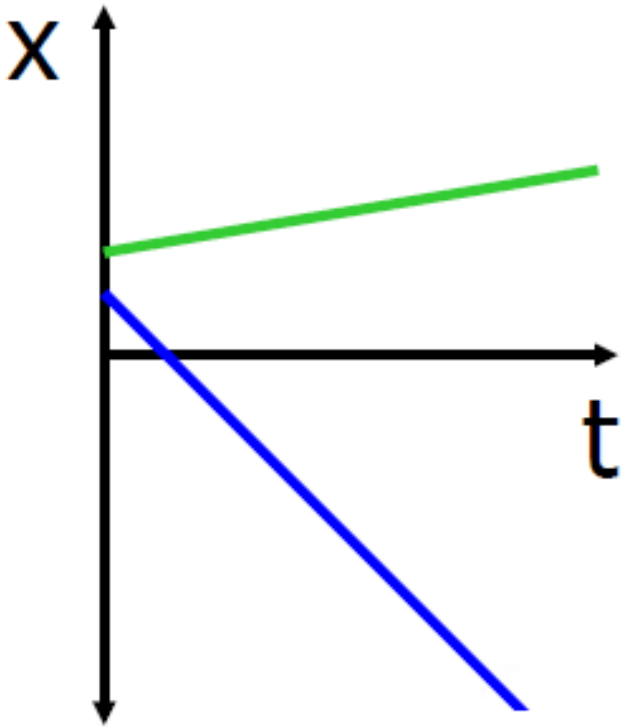
Örnek

Cismin hareketini tanımlayınız.

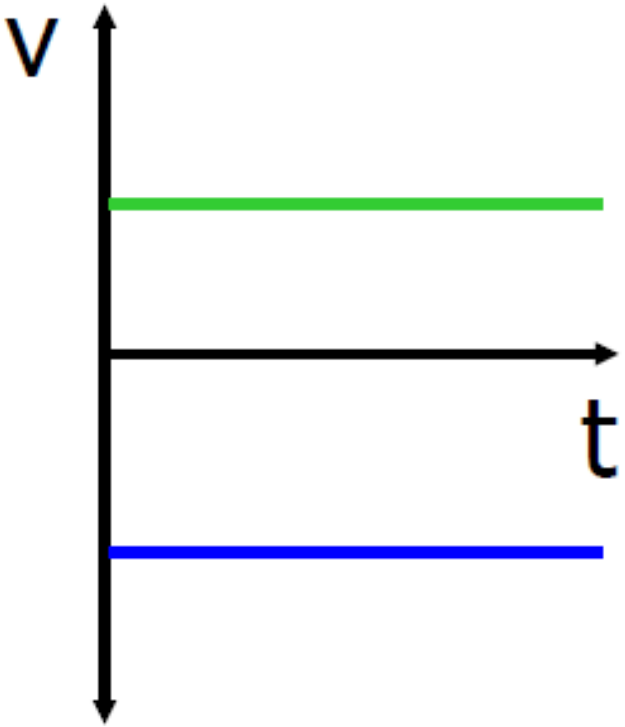


Çözüm: Cisim $+x$ yönünde sabit hızla gidiyor.

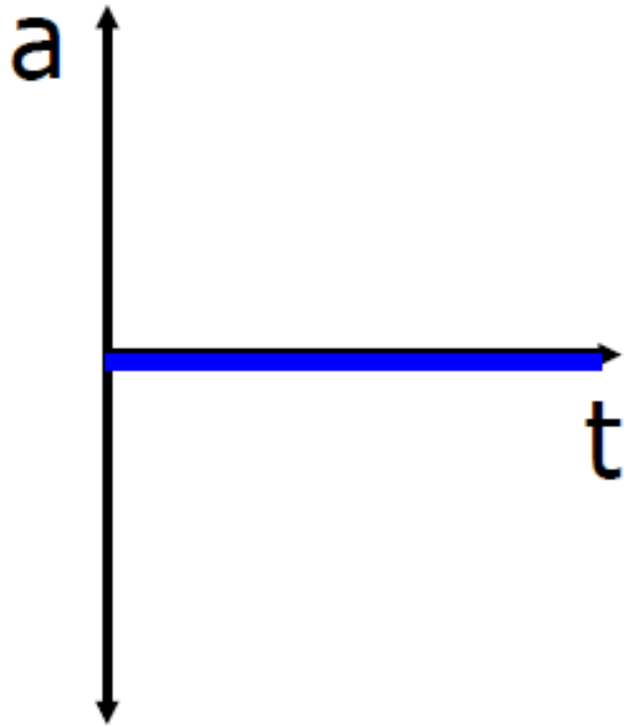
Sabit hızla hareket eden bir cismin zamana göre konum, hız ve ivme grafikleri



Kanum - zaman

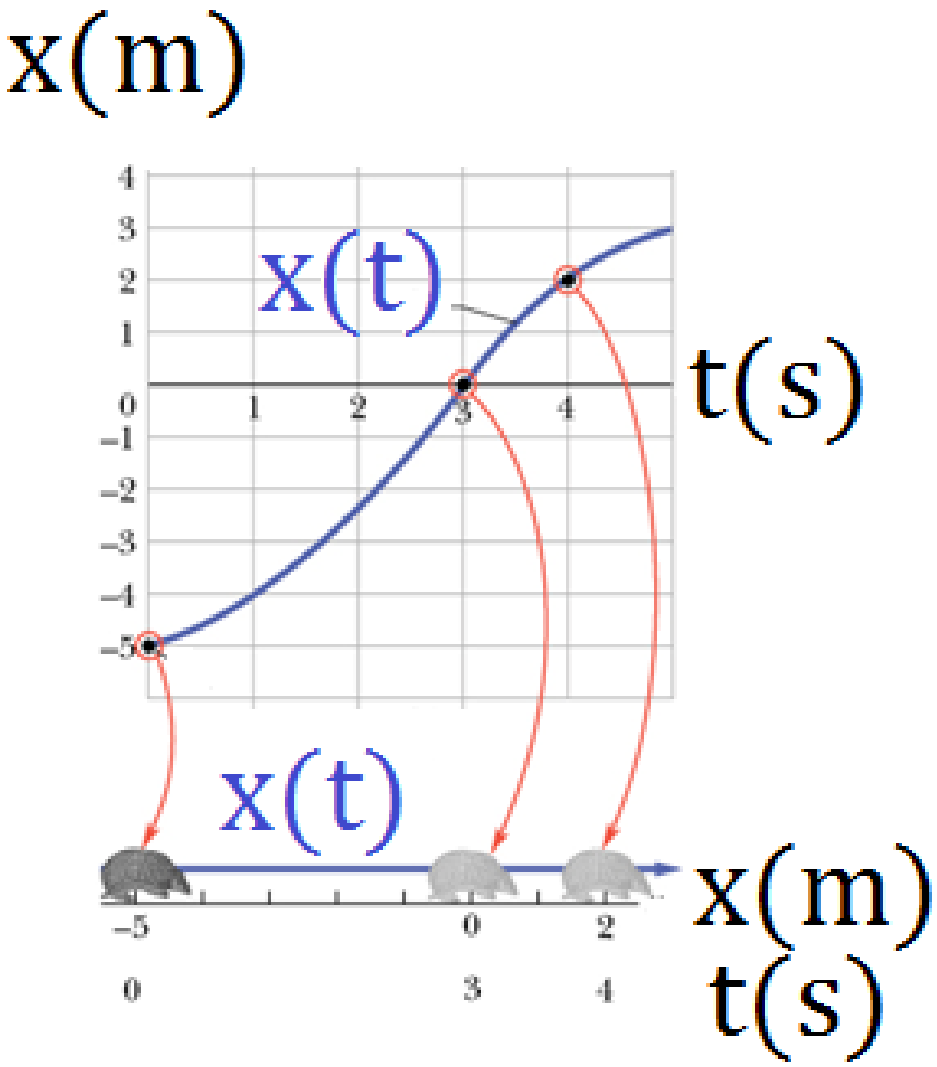


Hız - zaman



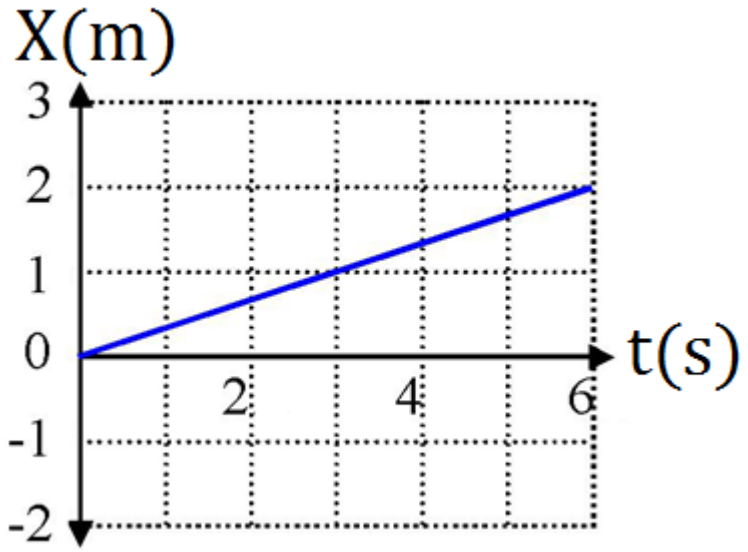
İvme - zaman

Değişen hızla hareket eden farenin konum-zaman grafiği

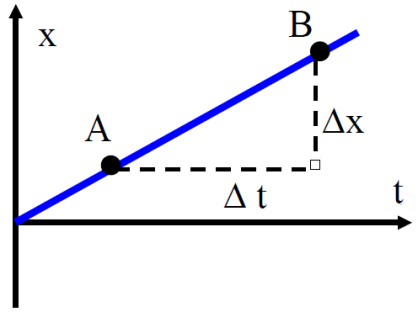


Örnek

Bir cismin konum-zaman grafiği aşağıda verilmiştir. Bu cismin ortalama hızını (v_{ort}) hesaplayınız.



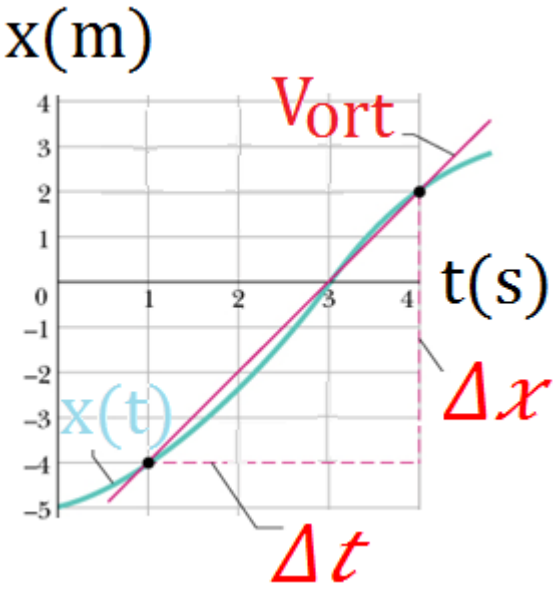
$$\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$



Çözüm: $\vec{v}_{ort} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \frac{2}{6} = 0.3\ \frac{m}{s}$

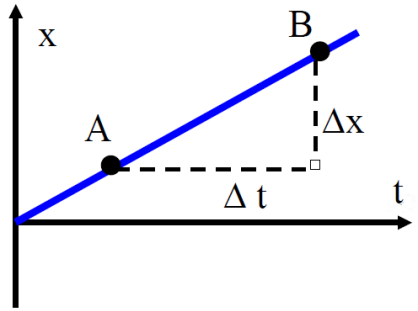
Örnek

Şekildeki cismin $t_1 = 1\ s$ ve $t_2 = 4\ s$ anlarındaki konumları $x_1 = -4\ m$ ve $x_2 = 2\ m$'dir. Cismin ortalama hızını (v_{ort}) hesaplayınız.



$$\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$

Çözüm: $\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{2-(-4)}{4-1} = \frac{6}{3} = 2\ \frac{m}{s}$



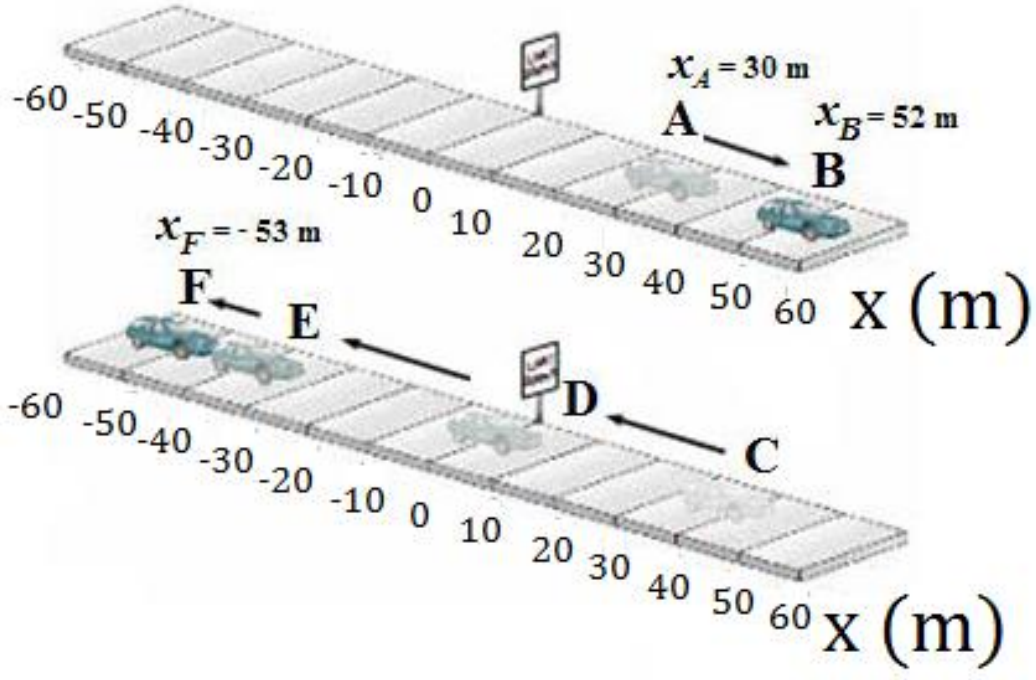
Ortalama Sürat

Ortalama sürat ($v_{sürat,ort}$), Δt zaman aralığında alınan "toplam yol" cinsinden tanımlanır. Ortalama sürat ortalama hızın büyüklüğü demek değildir.

$$v_{sürat,ort} = \frac{\text{toplam yol}}{\Delta t}$$

Örnek

Şekildeki otomobilin, A ve B noktaları arasındaki, ortalama hızını (v_{ort}) ve süratini ($v_{sürat,ort}$) hesaplayınız ($t_a = 0$ ve $x_a = 30\,m$; $t_f = 50\,s$ ve $x_f = -53\,m$).

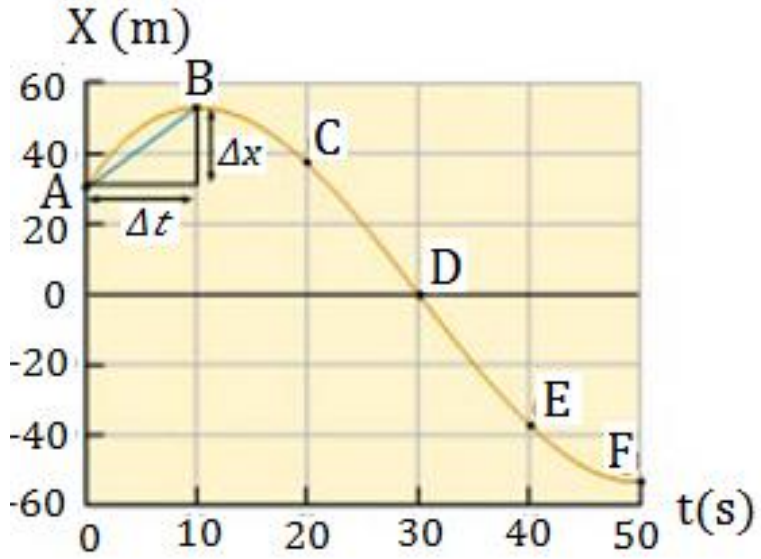


Çözüm

$(t_a = 0$ ve $x_a = 30\ m; t_f = 50\ s$ ve $x_f = -53\ m)$

$$v_{ort} = \frac{x_F - x_A}{t_F - t_A} = \frac{-53 - 30}{50 - 0} = -\frac{83}{50}$$

$$v_{ort} = -1.66\frac{m}{s}$$

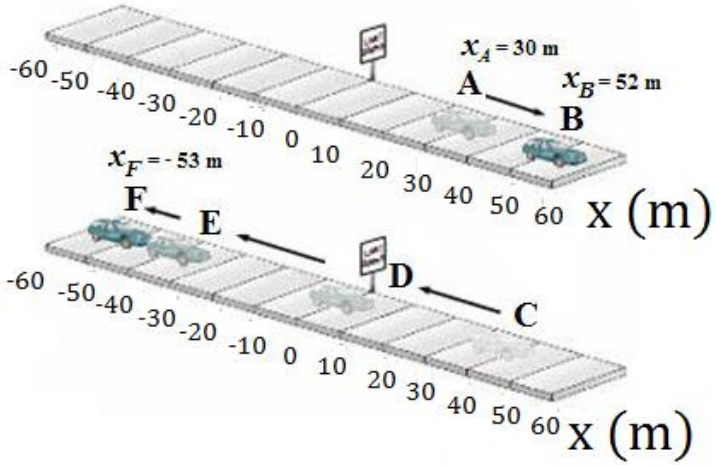


$$\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$

Çözüm

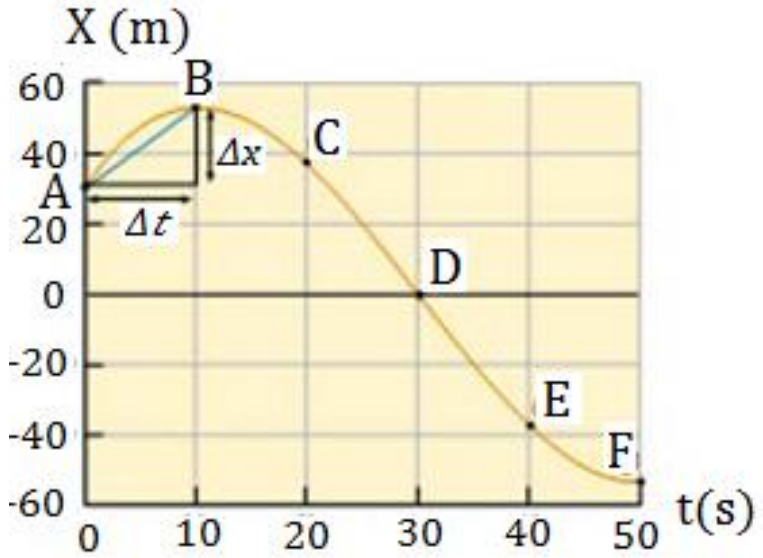
$(t_a = 0$ ve $x_a = 30\ m; t_f = 50\ s$ ve $x_f = -53\ m)$

$$v_{sürat,ort} = \frac{\text{toplam yol}}{\Delta t}$$



$$= \frac{x_{AB}+x_{BD}+x_{DF}}{\Delta t}$$

$$= \frac{22+52+53}{50} = \frac{127}{50}$$

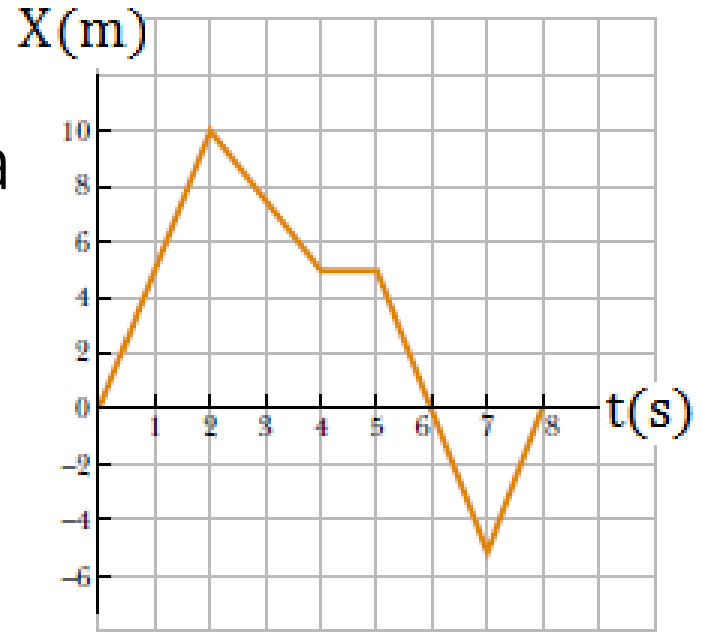


$$v_{sürat,ort} = 2.54\ \frac{m}{s}\left(\sim 9\frac{km}{saat}\right)$$

Örnek

$x -$ ekseni boyunca hareket eden bir cismin konum-zaman grafiği aşağıda verilmiştir.

1) Cismin 0-2 s ; 0-4 s ; 0-7 s ; 0-8 s aralıklarında ortalama hızını (v_{ort}) bulunuz.
2) 0-8 s aralığında cismin hız-zaman grafiğini çiziniz.



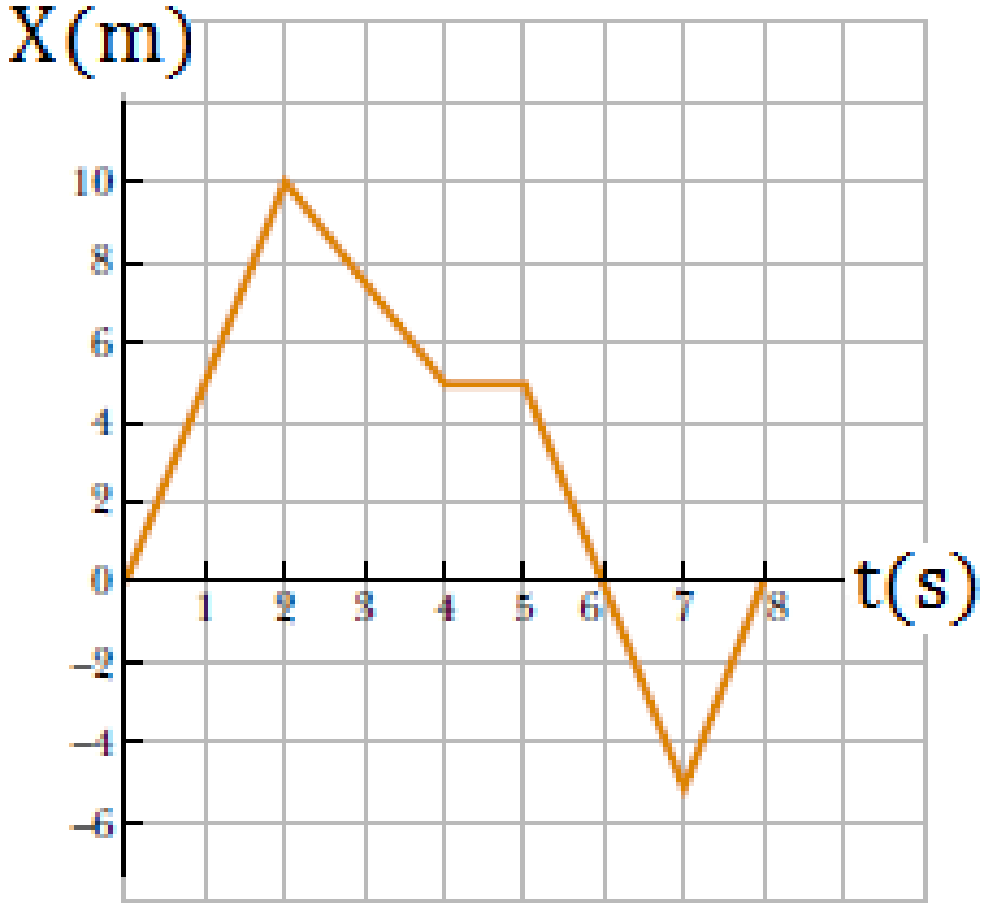
Çözüm (1)

$$v_{ort(0-2)} = \frac{10-0}{2-0} = 5\frac{m}{s}$$

$$v_{ort(0-4)} = \frac{5-0}{4-0} = 1.25\frac{m}{s}$$

$$v_{ort(0-7)} = \frac{-5-0}{7-0} = -0.714\frac{m}{s}$$

$$v_{ort(0-8)} = \frac{0-0}{8-0} = 0$$



$$\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$

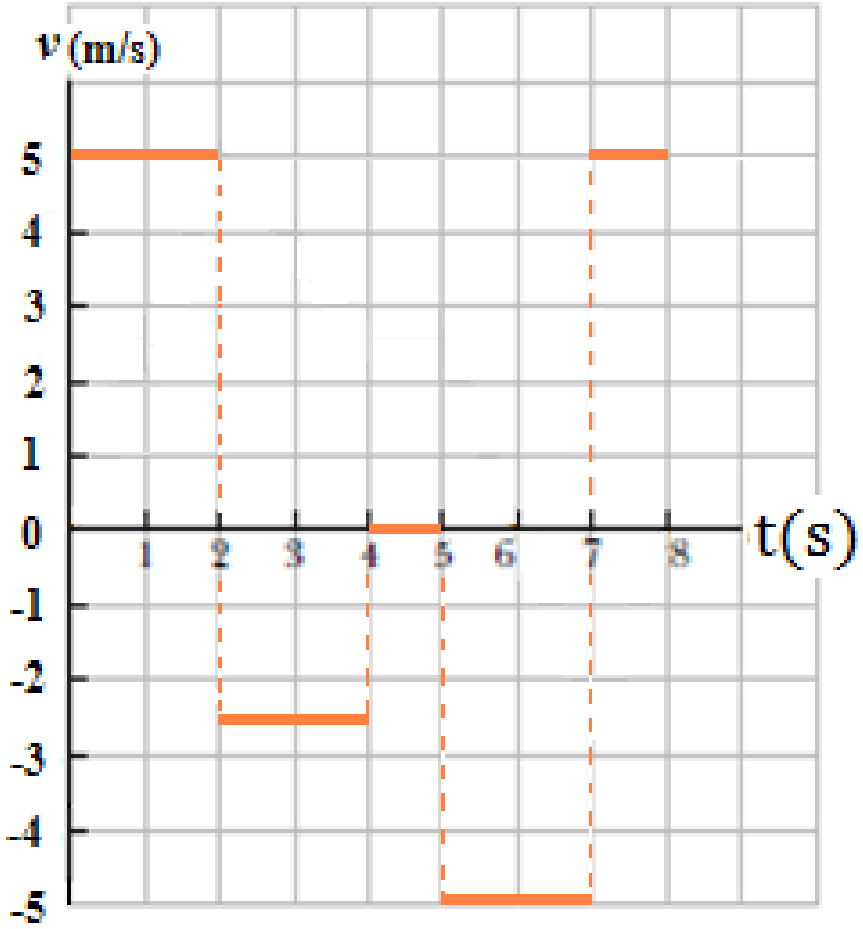
Çözüm (2)

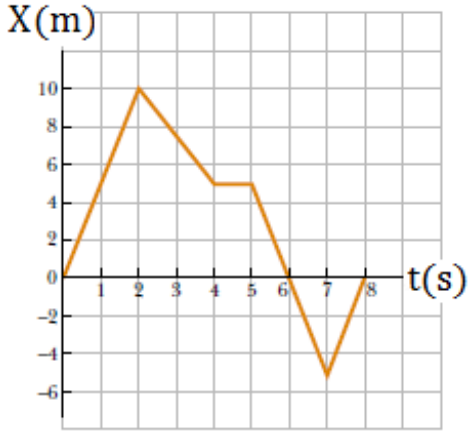
$$v_{ort(0-2)} = 5\frac{m}{s}$$

$$v_{ort(2-4)} = \frac{5-10}{4-2} = -2.5\frac{m}{s}$$

$$v_{ort(4-5)} = \frac{5-5}{5-4} = 0$$

$$v_{ort(5-7)} = \frac{-5-5}{7-5} = -5\frac{m}{s}\,;\; v_{ort(7-8)} = \frac{0-(-5)}{8-7} = 5\frac{m}{s}$$





Anlık Hız

Ortalama hız (v_{ort}), bir cismin t_1 ve t_2 zaman aralığında ne kadar hızlı olduğu bilgisini içerir. Her hangi bir t anında cismin ne kadar hızlı olduğu bilgisi anlık hız (v) tanımıyla verilir.

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

Bu tanımdan anlık hız, cismin x konumunun zamana göre birinci türevidir. Yani, konum-zaman grafiğinin her hangi bir andaki eğimidir. Anlık sürat anlık hızın büyüklüğüdür.

Örnek

x −ekseni boyunca hareket eden bir cismin konumu

$$x(t) = -4t + 2t^2$$

ifadesine göre değişmektedir (t saniye, x metre cinsindendir).

a) 0-1 s ve 1-3 s aralıklarında cismin ortalama hızını (v_{ort}) bulunuz.
b) $t = 2.5\ s$ anındaki hızını (v) bulunuz.

Çözüm (a)

$[x(t) = -4t + 2t^2]$

$$v_{ort(0-1)} = \frac{(-4+2)-(0)}{1-0} = \frac{-2}{1} = -2\frac{m}{s}$$

$$v_{ort(1-3)} = \frac{(-12+18)-(-4+2)}{3-1} = \frac{8}{2} = 4\frac{m}{s}$$

$$\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$

Çözüm (b)

$[x(t) = -4t + 2t^2]$

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(-4t + 2t^2) = -4 + 4t \ \frac{m}{s}$$

$$v(2.5) = -4 + 4 \cdot 2.5 = 6\frac{m}{s}$$

$$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

İVME:
Ortalama İvme

t_1 ve t_2 anları arasındaki ortalama ivme (a_{ort}):

$$a_{ort} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \frac{m}{s^2}$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

İVME:
Anlık İvme

Anlık ivme (a), ortalama ivmenin (a_{ort}) $\Delta t \to 0$ durumundaki limitidir ve herhangi bir t anında hızın ne kadar hızlı değiştiğini gösterir.

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d^2x}{dt^2}$$

Bu tanımdan anlık ivme, cismin hızının zamana göre birinci türevidir. Yani, hız-zaman grafiğinin her hangi bir andaki eğimidir.

$a = \frac{dv}{dt}$

İVME:
Sabit İvmeli Hareket

$t = 0$'da cismin hızı v_0 ve konumu x_0 olsun.

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow dv = adt$$

$$\rightarrow \int_{v_0}^{v} dv = \int_{0}^{t} adt = a\int_{0}^{t} dt \rightarrow v(t) - v_0(t) = at$$

$$\rightarrow v(t) = v_0(t) + at$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

$$v(t) = v_0(t) + at$$

$$v = \frac{dx}{dt} \rightarrow dx = vdt = (v_0 + at\,)dt$$

$$\rightarrow \int_{x_0}^{x} dx = \int_{0}^{t} (v_0 + at\,)dt = \int_{0}^{t} v_0 dt + \int_{0}^{t} atdt$$

$$= \int_{0}^{t} v_0 dt + a\int_{0}^{t} tdt \rightarrow x(t) - x_0(t) = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$\rightarrow x(t) = x_0(t) + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$v(t)=v_0(t)+at$

$$v(t)=v_0(t)+at \rightarrow t=\frac{v(t)}{a}-\frac{v_0(t)}{a}$$

$x(t)=x_0(t)+v_0t+\frac{1}{2}at^2$

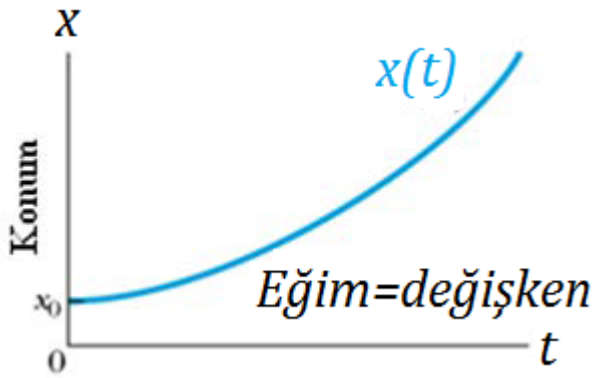
ve

$$x(t)=x_0(t)+v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

eşitliklerinden t yok edilirse:

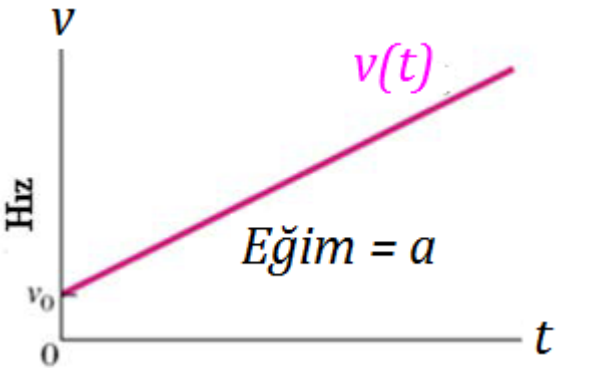
$$v^2=v_0{}^2+2a(x-x_0)$$

Konum $x(t)$, hız $v(t)$ ve ivmenin $a(t)$ zamanla değişimleri



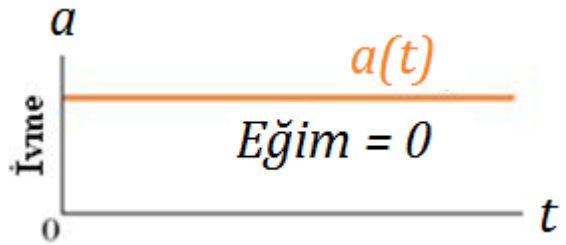
Konum-zaman grafiği, düşeyi $x = x_0$'da kesen bir paraboldür.

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$



Hız-zaman grafiği, düşeyi $x = x_0$'da kesen ve eğimi ivmeye (a) eşit bir doğrudur.

$$v = v_0 + at$$



Burada ivme (a) sabittir.

Sabit İvmeli Hareket Denklemleri

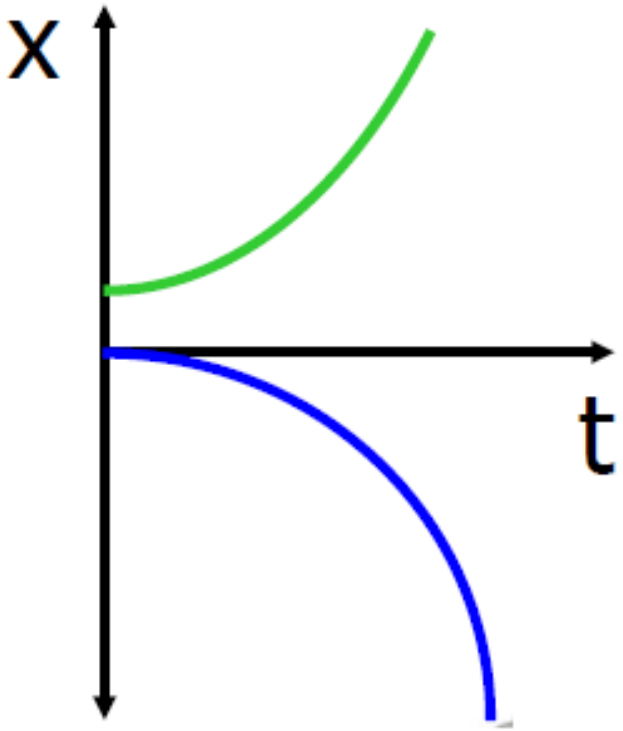
1. $v=v_0+at \rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow\rightarrow a=\frac{v-v_0}{t}$

2. $x-x_0=v_0t+\frac{1}{2}at^2 \leftarrow\leftarrow\leftarrow\leftarrow\leftarrow\leftarrow a=\frac{v-v_0}{t}$

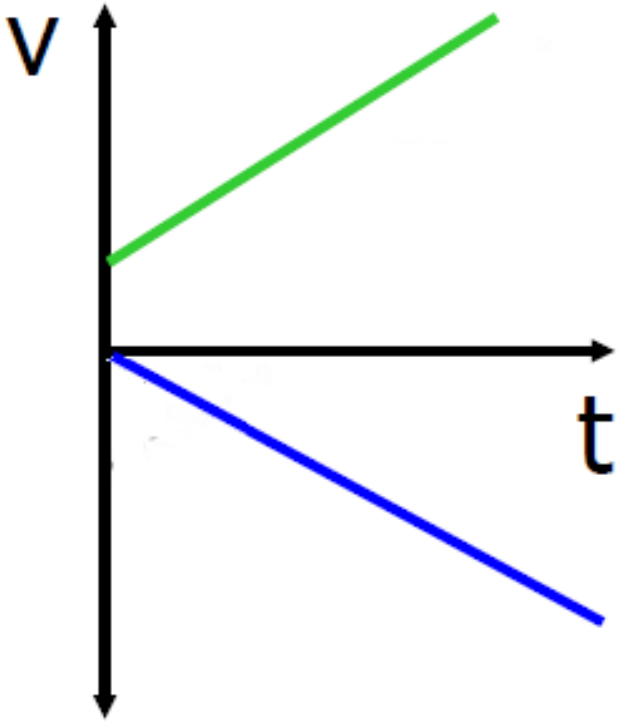
   $[x-x_0=v_0t+\frac{1}{2}(v-v_0)\mathrm{t}]$

3. $v^2=v_0{}^2+2a(x-x_0)$

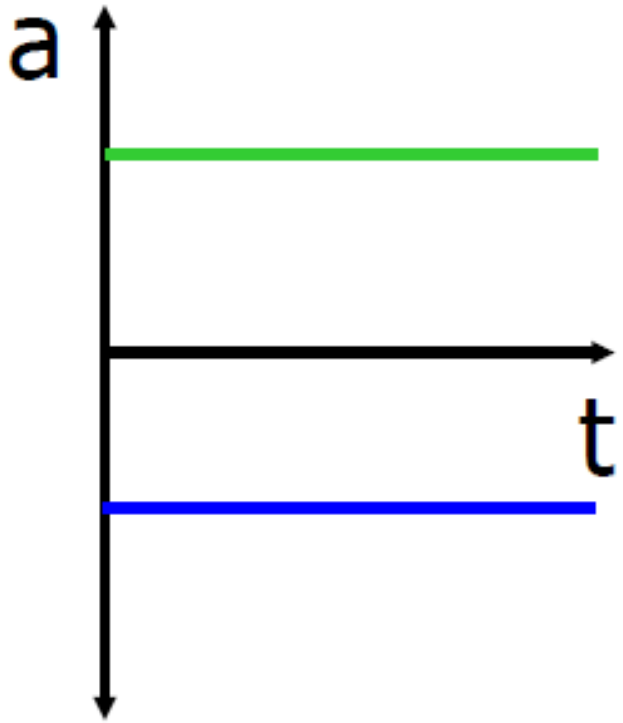
Sabit ivme ile hareket eden bir cismin zamana göre konum, hız ve ivme grafikleri



Konum - zaman



Hız - zaman



İvme - zaman

Örnek

x −ekseni boyunca ilerleyen bir sürücü, $t = 10\ s$ içinde hızını düzgün olarak 10 m/s' den 30 m/s' ye çıkarıyor.

a) Sürücünün ivmesini (a_{ort}) bulunuz.
b) Bu ivmelenme sürecinin ilk yarısında otomobil ne yol alır?
c) Bu ivmelenme sürecinde otomobil ne kadar yol alır?

Çözüm

$$a_{ort} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$(t = 10\ s;\ v_i = 10\ \frac{m}{s}\ ;\ v_s = 30\ \frac{m}{s})$$

(a)

$$a_{ort} = \frac{30 - 10}{10 - 0} = \frac{20}{10} = 2\ \frac{m}{s}$$

(b) $\Delta x = x_s - x_i = v_i t + \frac{1}{2} a t^2 = 10 \times 5 + \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2$

$$\Delta x = 75\ m$$

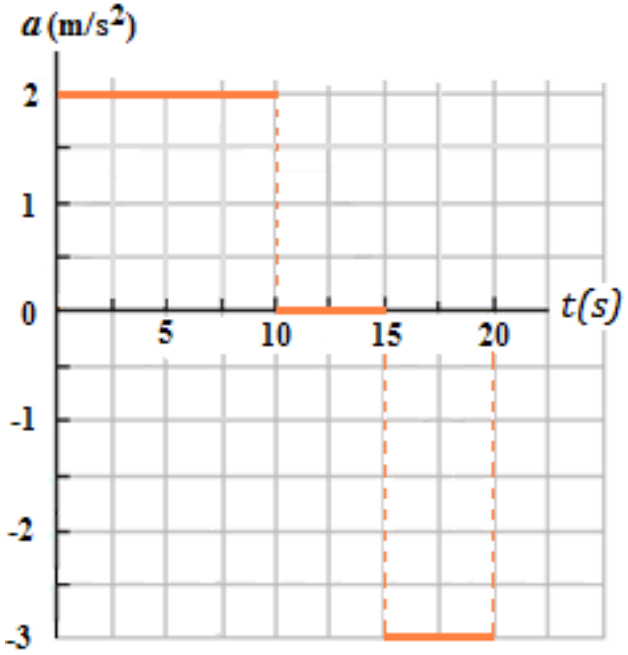
(c) $\Delta x = v_i t + \frac{1}{2} a t^2 = 10 \times 10 + \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2$

$$\Delta x = 200\ m$$

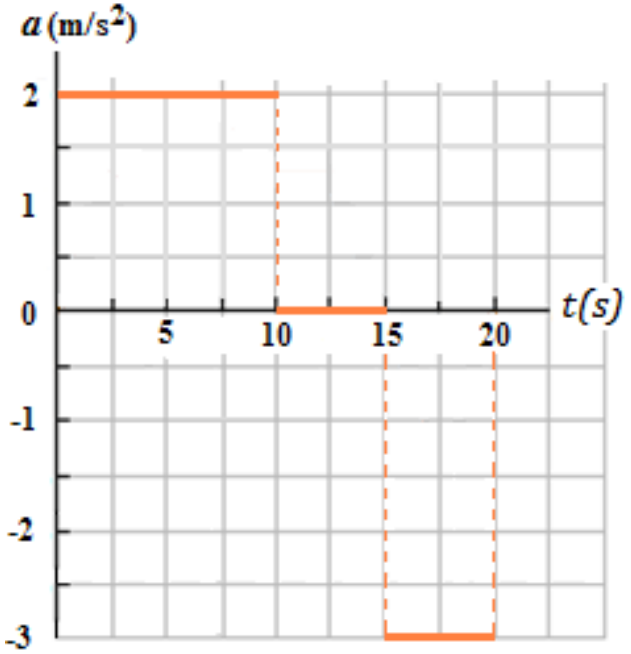
Örnek

Durgun halden harekete başlayan bir cismin ivme-zaman grafiği aşağıda verilmiştir.

a) $t = 20$ s anlarında cismin hızı (v) nedir?
b) İlk 20 s içinde cisim ne kadar yol (Δx) almıştır?



Çözüm (a)



$t = 0 - 10\ s \rightarrow a = 2\dfrac{m}{s^2}$

$v = v_0 + at = 0 + 2 \times 10 \rightarrow v = 20\dfrac{m}{s}$

$t = 10 - 15\ s \rightarrow a = 0$ olduğundan hız sabittir $\rightarrow v = 20\dfrac{m}{s}$

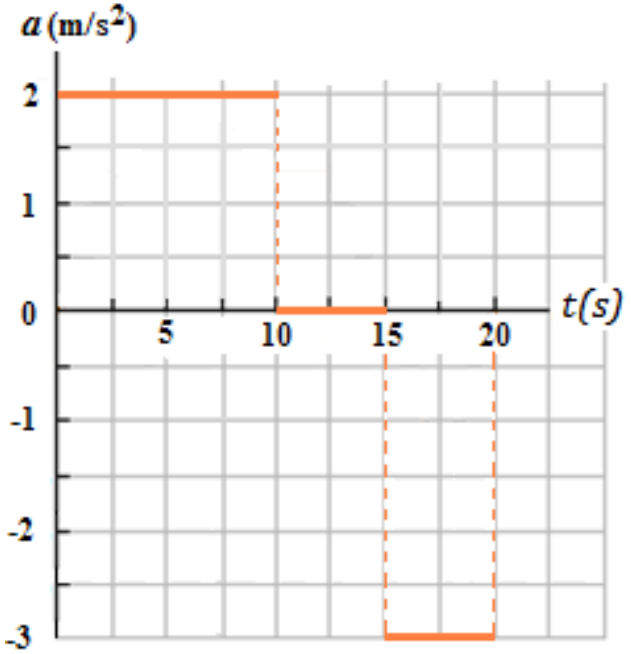
$t = 15 - 20\ s \rightarrow a = -3\dfrac{m}{s^2}$ ve ilk hız $v_0 = 20\dfrac{m}{s}$

$v = v_0 + at = 20 - 3 \times 5 \rightarrow v = 5\dfrac{m}{s}$

$v = v_0 + at$

$v^2 - {v_0}^2 = 2a(x - x_0)$ $v = v_0 + at$ $\vec{v}_{ort} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$

Çözüm (b)



$t = 0 - 10\ s\ ;\ a = 2\frac{m}{s^2}\ ;\ v = 20\frac{m}{s}$

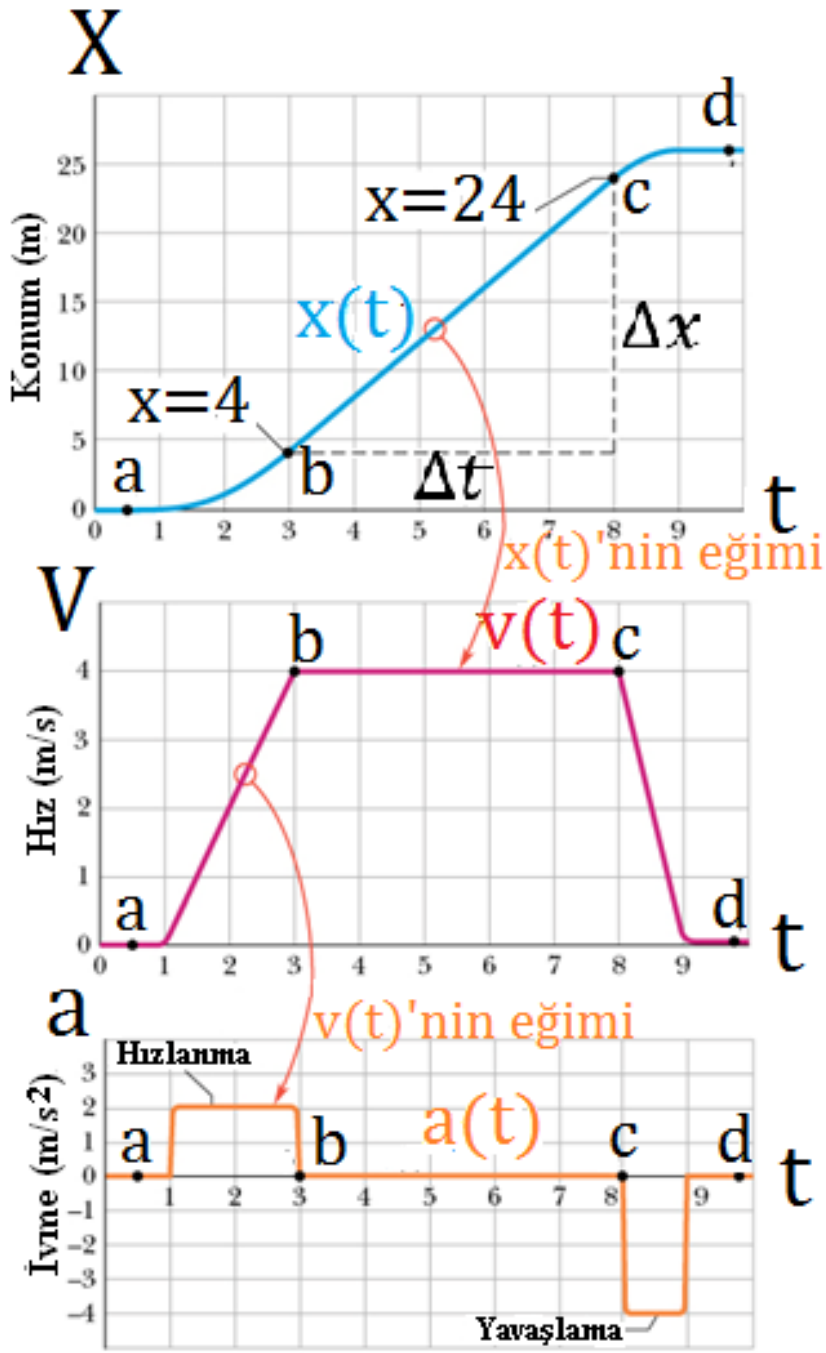
$v^2 - {v_0}^2 = 2a(x - x_0) \rightarrow \Delta x_1 = \frac{v^2 - {v_0}^2}{2a}$

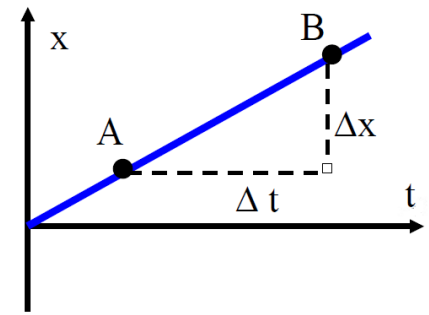
$\Delta x_1 = \frac{20^2 - 0^2}{2 \times 2} = 100\ m$

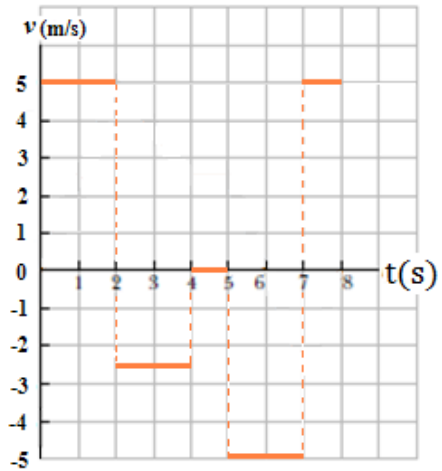
$t = 10 - 15\ s;\ a = 0\ ;\ v = 20\frac{m}{s} \rightarrow \Delta x_2 = 20 \times 5 = 100\ m$

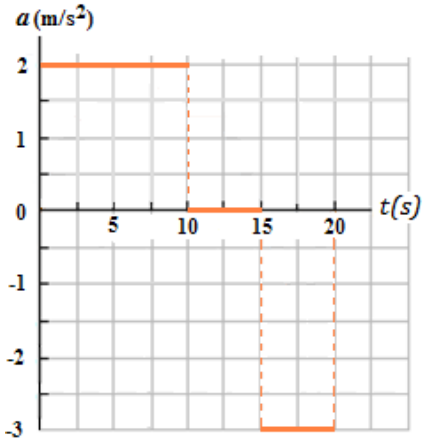
$t = 15 - 20\ s\ ;\ a = -3\frac{m}{s^2}\ ;\ v_0 = 20\frac{m}{s}\ ;\ v = 5\frac{m}{s}$

$\Delta x_3 = \frac{5^2 - 20^2}{2 \times (-3)} = 62.5\ m \rightarrow \Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_1 = 262.5\ m$

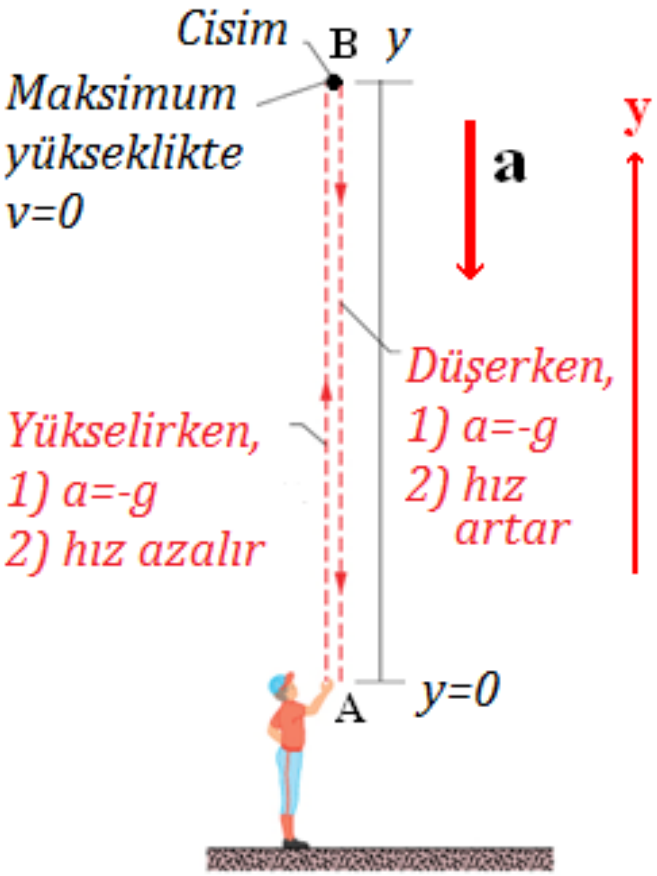

X
Konum (m)
d
x=24
c
x(t)
Δx
x=4
a
b
Δt
t
x(t)'nin eğimi
V
Hız (m/s)
b
v(t)
c
a
d
t
v(t)'nin eğimi
a
İvme (m/s²)
Hızlanma
a
b
a(t)
c
d
t
Yavaşlama


x
B
A
Δx
Δ t
t


v (m/s)
t(s)


a (m/s²)
t(s)

SERBEST DÜŞME



Dünya yüzeyinin yakınlarında tüm cisimler büyüklüğü 9.8 $\frac{m}{s^2}$ ve yönü dünyanın merkezine doğru olan bir ivmenin etkisinde hareket ederler. Serbest düşmede cisimlerin ivmesi sembolik olarak g ile gösterilir.

y –ekseni düşeyde ve yukarı yönde alınırsa, serbest düşmede cismin ivmesi $a = -g$ olur.

$$v = v_0 - gt$$

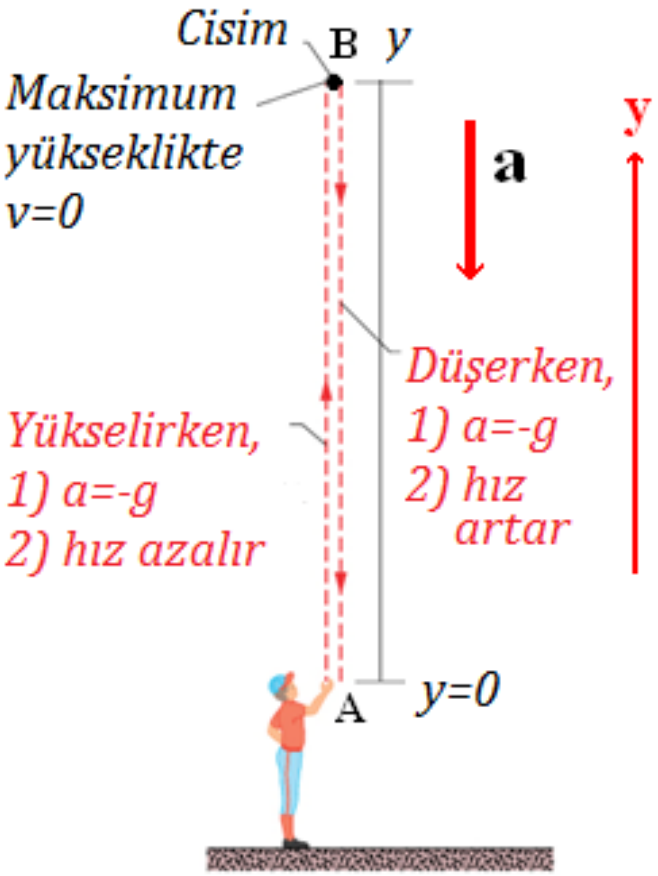
$v = v_0 + at$

$$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

$$v^2 = {v_0}^2 - 2g(y - y_0)$$

${v^2} - {v_0}^2 = 2a(x - x_0)$

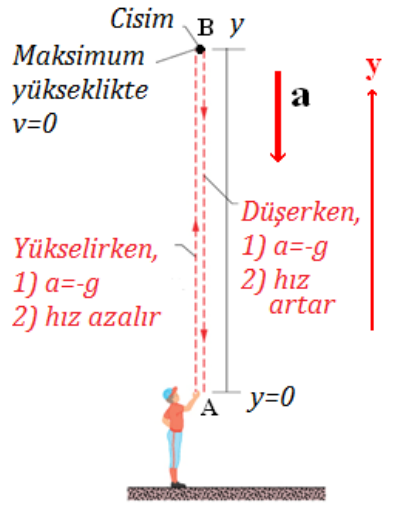


Örnek

50 m yüksekliğinde bir binanın tepesinden bir taş düşey doğrultuda yukarı doğru 20 m/s hızla fırlatılıyor (g=10 $\frac{m}{s^2}$).

a) Taş maksimum yüksekliğe ne kadar zamanda (t) çıkar?
b) Bu nokta yerden ne kadar yüksektedir?
c) Taş fırlatıldığı seviyeye ne kadar zamanda gelir? Bu noktada hızı ne olur?
d) $t = 5\ s$ anında taşın hızı ve konumu nedir?

Çözüm



(a) Maksimum yükseklikte $v = 0; v_0 = 20\,\frac{m}{s};\ v = v_0 - gt$

$\rightarrow 0 = 20 - 10t \rightarrow t = 2\ s$

(b) $v^2 = {v_0}^2 - 2g(y - y_0) \rightarrow (y - y_0) = \frac{v^2 - {v_0}^2}{2g} = \frac{0 - 20^2}{2\times 10} = 20\ m$

$\rightarrow h = 50m + 20m = 70\ m$

(c) $y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow 0 = 20t - \frac{1}{2} 10 t^2$

$\rightarrow t(20 - 5t) = 0 \rightarrow t = 4\ s$

$v = v_0 - gt$

$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

$v^2 = {v_0}^2 - 2g(y - y_0)$

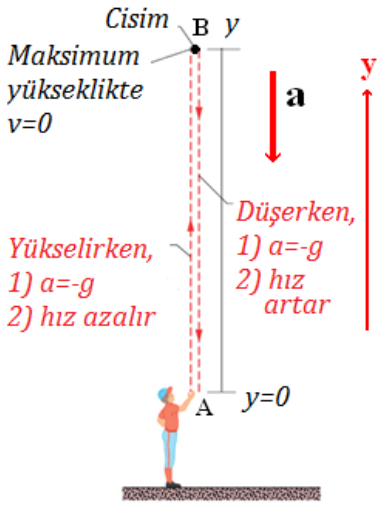
$$v = v_0 - gt = 20 - 10 \times 4 = -20\,\frac{m}{s}$$

d) $$v = v_0 - gt = 20 - 10 \times 5 = -30\,\frac{m}{s}$$

$$v^2 = {v_0}^2 - 2g(y - y_0) \rightarrow y - y_0 = \frac{v^2 - {v_0}^2}{-2g}$$

$$\rightarrow y - 50 = \frac{(-30)^2 - (20)^2}{-2 \times 10} = \frac{900 - 400}{-20} = -25$$

$$\rightarrow y = -25\,m$$



$$v = v_0 - gt$$

$$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v^2 = {v_0}^2 - 2g(y - y_0)$$

Örnek

Bir helikopterin yerden yüksekliği $y = 3t^2$ ile veriliyor. Burada t saniye ve y metre cinsindendir. $t = 2\,s$ anında helikopterden bir paket serbest bırakılıyor.

a) Paket ne kadar zamanda yere ulaşır? (g=10 $\frac{m}{s^2}$)
b) Paket yere ulaştığı anda hızının büyüklüğü kaç m/s'dir?
c) Paketin ivmesi için ne söyleyebilirsiniz?

Çözüm

$(y = 3t^2\ ;\ t = 2\ s)$

(a) $v = \frac{dy}{dt} = 6t \rightarrow$ paket serbest bırakıldığı andaki hızı $v_0 = 12\frac{m}{s}$

Yerden yüksekliği $y_0 = 12\ m$'dir.

$$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow 0 - 12 = 12t - 5t^2$$

$$\rightarrow -12 = t(12 - 5t) \rightarrow t = \frac{12 + \sqrt{384}}{10}$$

$$\rightarrow t = 3.6\ s$$

$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

(b) Paketin hızı zamanın fonksiyonu olarak $v = \frac{dy}{dt} = 6t \rightarrow$ paket serbest bırakıldığı andaki hızı $v_0 = 12\,\frac{m}{s}$

Yerden yüksekliği $y_0 = 12\ m$'dir.

$$v(t) = 12 - gt \rightarrow v = 12 - 10 \cdot 3.6$$

$$\rightarrow v = -19.6\,\frac{m}{s}$$

(c) Paketin ivmesi $a = \frac{dv}{dt} = -g$

$\rightarrow a = -10\,\frac{m}{s^2}$ 'dir ve sabittir.

$v(t) = \frac{dx}{dt}$

$v = v_0 - gt$