TEK BOYUTTA HAREKET

2.1 Konum, hız ve sürat

2.2 Anlık hız ve sürat

2.3 İvme

2.4 Hareket diyagramları

2.5 Tek boyutta sabit ivmeli hareket

2.6 Serbest düşen cisimler

2.7 Kinematik denklemlerin türetilmesi

Kayakçı tepeden aşağı düz bir çizgi üzerinden inerken 100 km/saat hıza ulaşabilir.

Tek boyutta hareket

Klasik mekaniğe girişte cisimlerin hareketinin uzaya ve zamana bağlı olarak incelenir. Klasik mekaniğin bu kısmına *kinematik* denir (*kinematik sinema* ile aynı kökenli kelimelerdir?). Bu bölümde sadece tek boyutta yani doğru bir çizgi üzerindeki hareketle ilgilenilecektir. Önce konum, yerdeğiştirme, hız ve ivme kavramları tanımlanacaktır. Daha sonra bu kavramlar kullanılarak nesnelerin sabit ivme ile hareketleri incelenecektir.

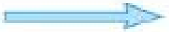
renklerin kullanımı

Yerdeğiştirme ve konum vektörleri 

Çizgisel ($\mathbf{v}$) ve açısal ($\boldsymbol{\omega}$) hız vektörleri 

Hız vektörü bileşenleri 

Kuvvet vektörleri ($\mathbf{F}$) 

Kuvvet bileşen vektörleri 

İvme vektörleri ($\mathbf{a}$) 

İvme bileşen vektörleri 

Çizgisel ($\mathbf{p}$) ve açısal ($\mathbf{L}$) momentum vektörleri 

Tork vektörleri ($\boldsymbol{\tau}$) 

Çizgisel veya dönme hareketi yönleri 

Yaylar 

Makaralar 

Tek boyutta hareket

- Günlük hayattan bir nesnenin hareketini sürekli yer değiştirmesi şeklinde anlarız.Fizikte bu hareketler
- öteleme,
- dönme ve
- titreşim

hareketleri şeklinde sınıflandırabilir.

- Bir parçacığın konumundaki değişiklik onun yerdeğiştirmesi olarak tanımlanır

$$\Delta x \equiv x_s - x_i$$

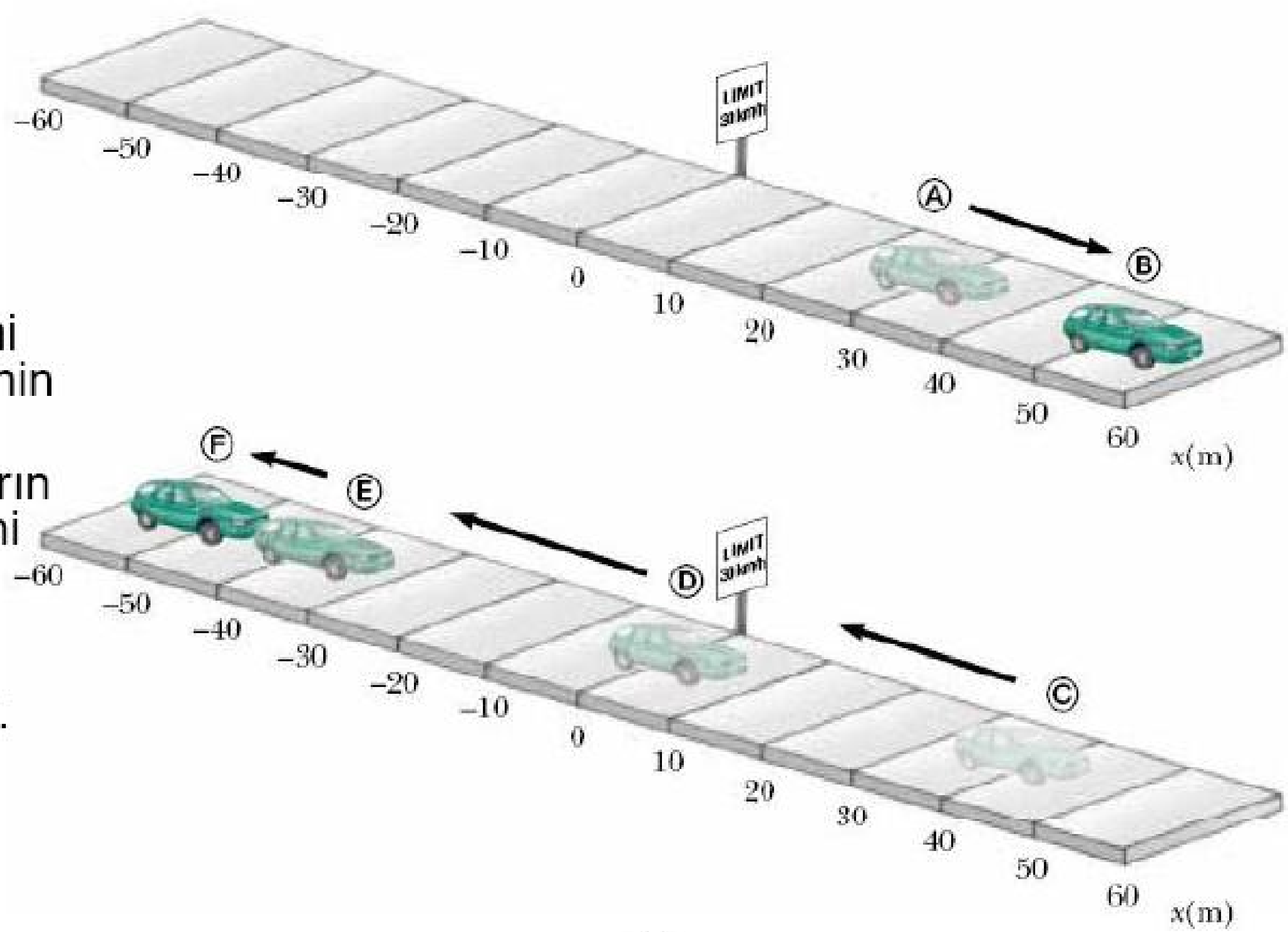
Hareket eden parçacığın aldığı yol ile yerdeğiştirmesi aynı değildir!!!

<u>Yerdeğiştirme vektörel bir niceliktir</u>

1.1 Konum, hız ve sürat

- Bir parçacığın konumu seçilen koordinat sistemi referansına yerinin belirlenmesidir.

(a) Şekilde arabaların konumu x-ekseni boyunca bir başlangıç veya orijine göre belirlenmektedir.



(a)

- Bir parçacığın ortalama hızı, parçacığın yerdeğiştirmesinin, bu yerdeğiştirme süresine oranı olarak tanımlanır

$$\overline{v}_x \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- Ortalama sürat hareket boyunca alınan toplam yolun geçen toplam zamana oranıdır

$$ortalama\ s\ddot{u}rat \equiv \frac{toplam\ \ yol}{toplam\ zaman}$$

- Ani hız, Δx/Δt oranının Δt sıfıra giderken aldığı değerdir;

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

- Bir parçacığın ani sürati, onun hızının büyüklüğü olarak tanımlanır ve konum zaman grafiğinin herhangi bir noktasındaki eğimine eşittir.

Konum, hız ve sürat

(b) Parçacığın konum-zaman grafiği

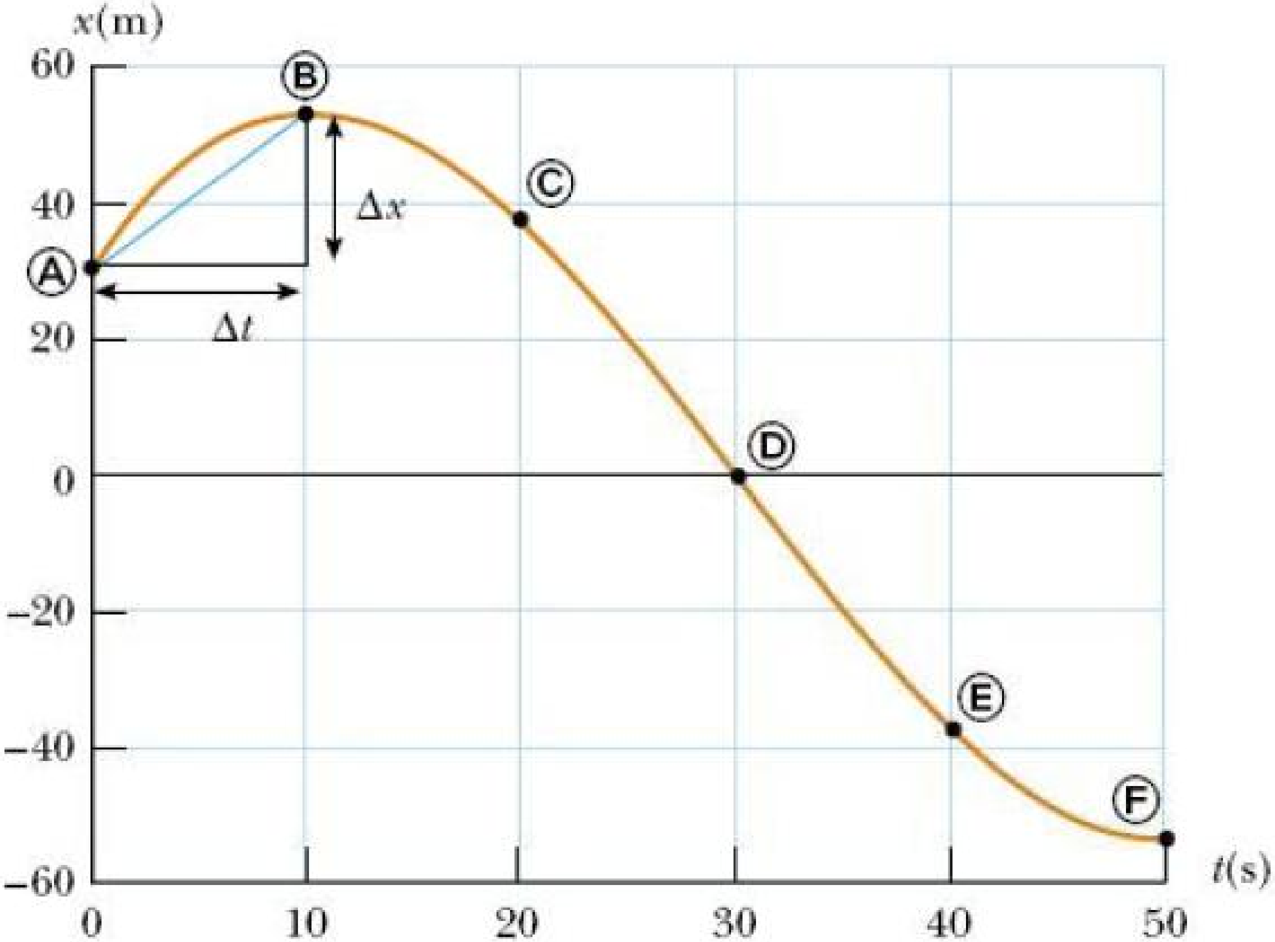
Parçacığın yerdeğiştirmesi

$\Delta x = x_f - x_i$

Δ- yerdeğiştirme

x_f - son konum

x_i - ilk konum



(b)

Ortalama hız

Parçacığın yerdeğiştirmesinin bu yerdeğiştirme için geçen süreye oranını ortalama hız olarak tanımlayabiliriz.

$$\bar{v}_x \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Birimi metre / zaman şeklindedir.

Önceki şekildeki ilk konum A-noktasındaki konum 30 m, son konumu 52 m dir. Yerdeğiştirme 52 – 30 = 22 m dir. Bu yerdeğiştirme için geçen süre ise 10 saniyedir. Bu durumda ortalama hız 22/10 = 2.2 m/s dir.

Ortalama sürat

- Alınan yolların toplamının toplam süreye oranıdır.

$$\text{Ortalama sürat} = \frac{\text{Toplam yol}}{\text{Toplam süre}}$$

A-F noktaları arasındaki ortalama hız ve sürat

yerdeğiştirme

$\Delta x = x_F - x_A$

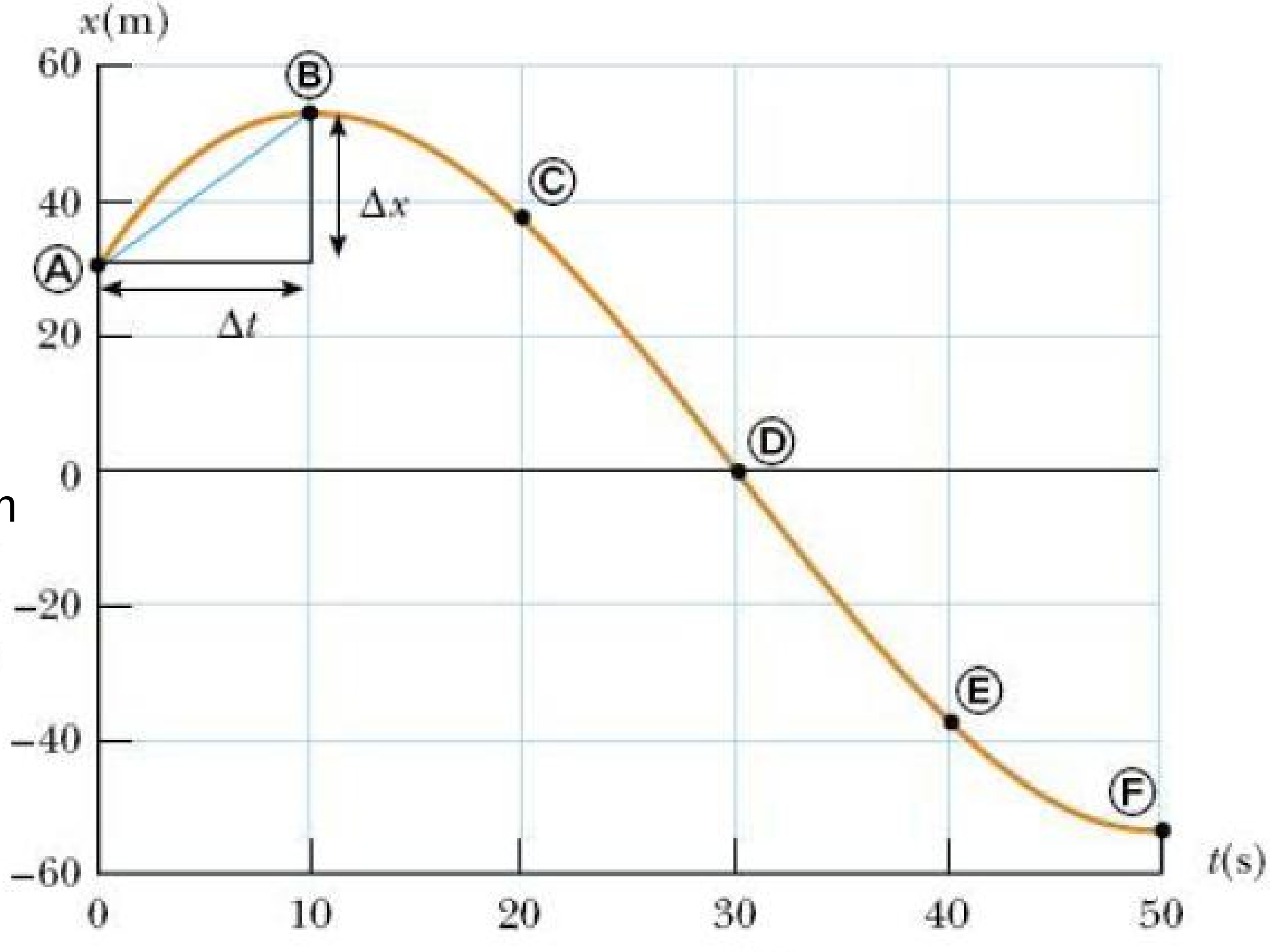
$= -53 - 30 = -83$ m

$$\text{Ortalama hız} = \frac{-83 \text{ m}}{50 \text{ s}}$$

$= -1.7$ m/s

$$\text{Ortalama sürat} = \frac{127 \text{ m}}{50 \text{ s}}$$

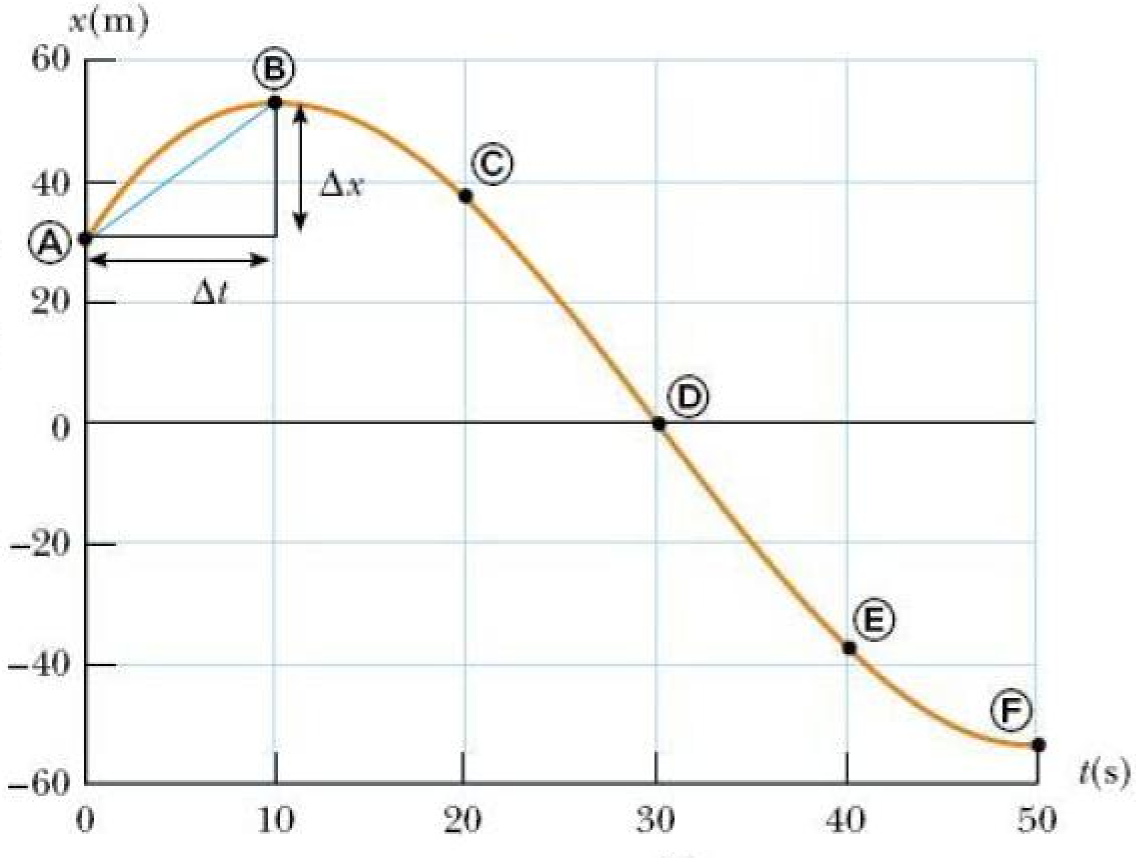
$= 2.5$ m/s



(b)

2.2 Anlık hız ve sürat

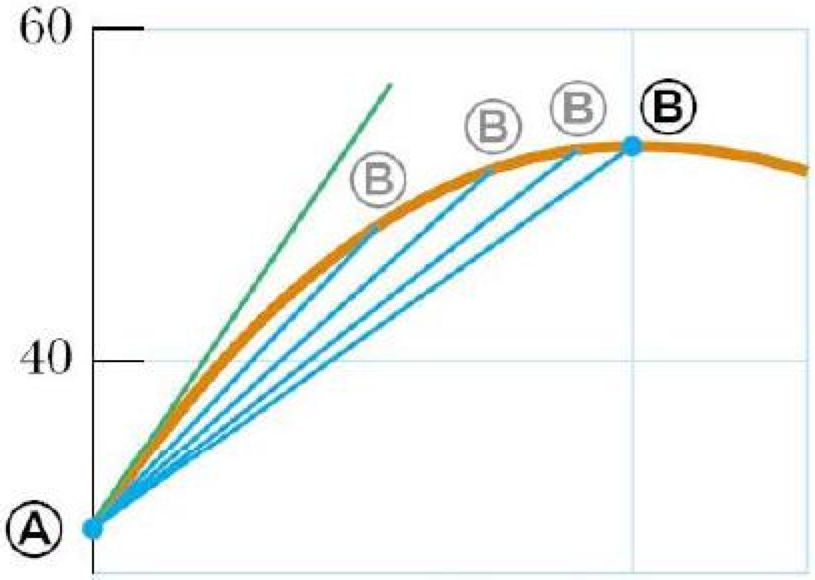
Bazen ortalama hız veya sürat yerine daha küçük zaman dilimlerindeki anlık hız ve sürat değerlerinin bilinmesi daha yararlı olur. Yani A noktasında, B noktasında vb.



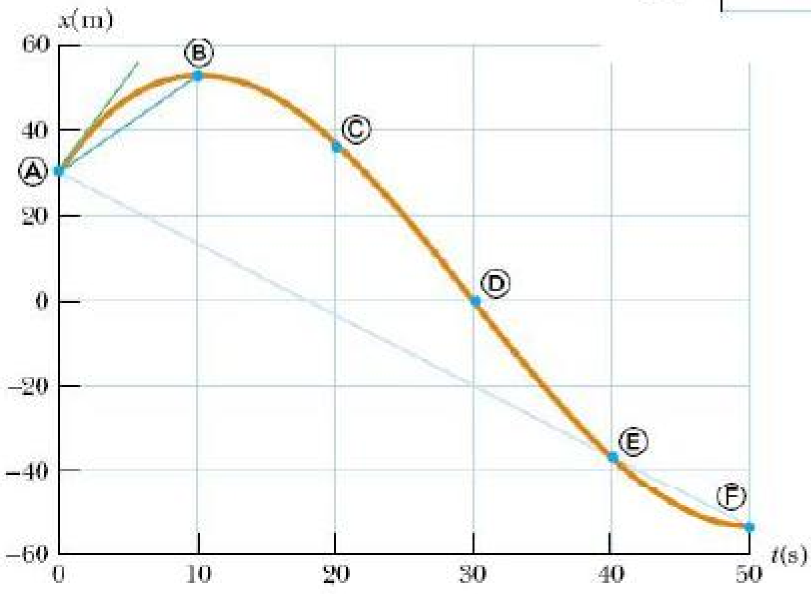
(b)

Anlık hız ve sürat

(a) Arabanın hareketi (b) B noktasındaki konum daha ayrıntılı olarak verilmiştir.



(b)



(a)

$$v_x \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

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

Örnek 1.1 Ortalama ve anlık hız

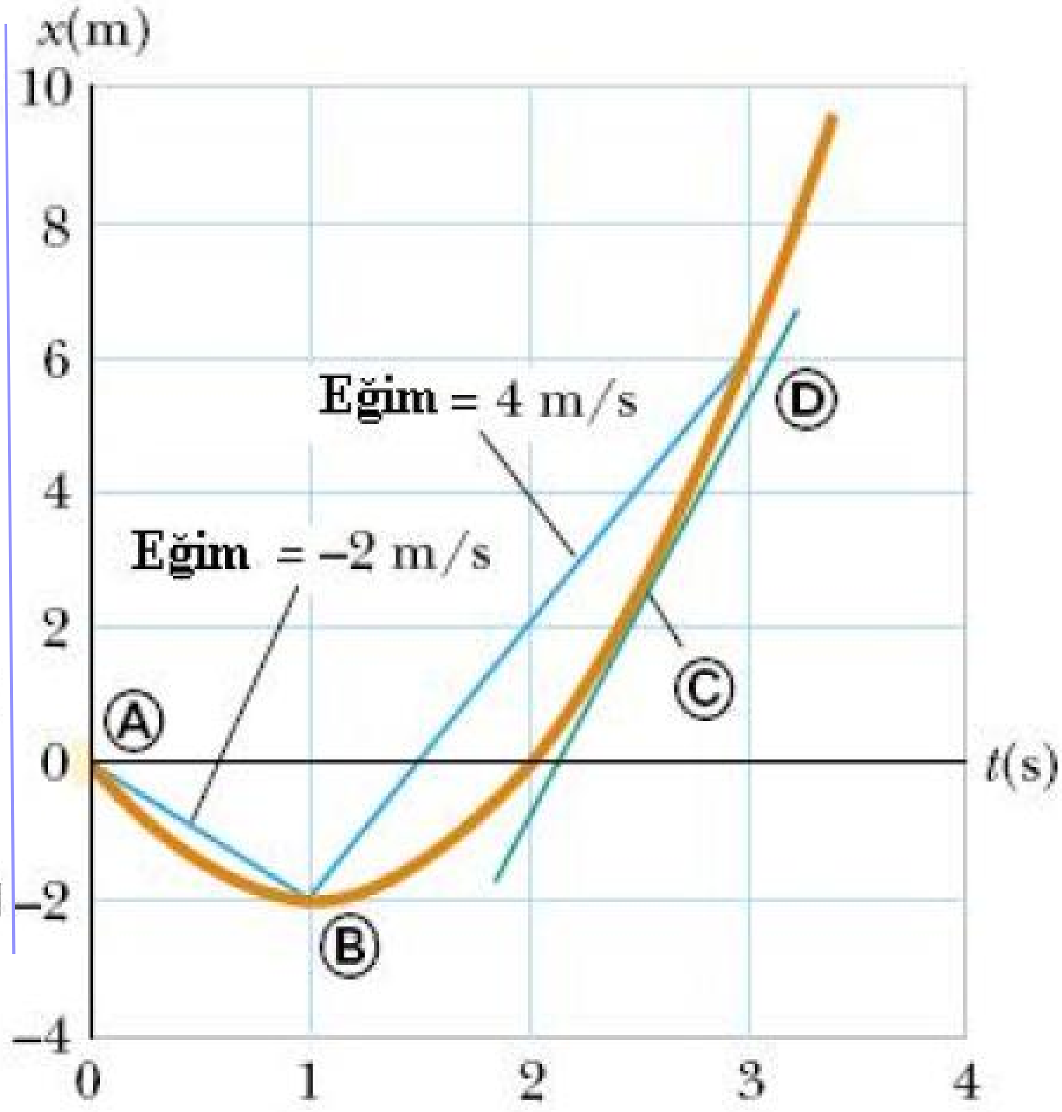
Bir cismin konum-zaman grafiği $x(t) = -4t+2t^2$ fonksiyonu ile verilmektedir. T-saniye cinsindendir.

a) $0 \le t \le 1$ ve $1 \le t \le 3$ zaman aralıklarındaki yerdeğiştirmeyi hesaplayınız.

b) $0 \le t \le 1$ ve $1 \le t \le 3$ zaman aralıklarındaki ortalama hızı hesaplayınız.

$$\Delta x_{A\rightarrow B} = x_f - x_i = x_B - x_A$$
$$= [-4(1) + 2(1)^2] - [-4(0) + 2(0)^2]$$
$$= \boxed{-2\ \mathrm{m}}$$

$$\Delta x_{B\rightarrow D} = x_f - x_i = x_D - x_B$$
$$= [-4(3) + 2(3)^2] - [-4(1) + 2(1)^2]$$
$$= \boxed{+8\ \mathrm{m}}$$



Örnek 1.1 Ortalama ve anlık hız

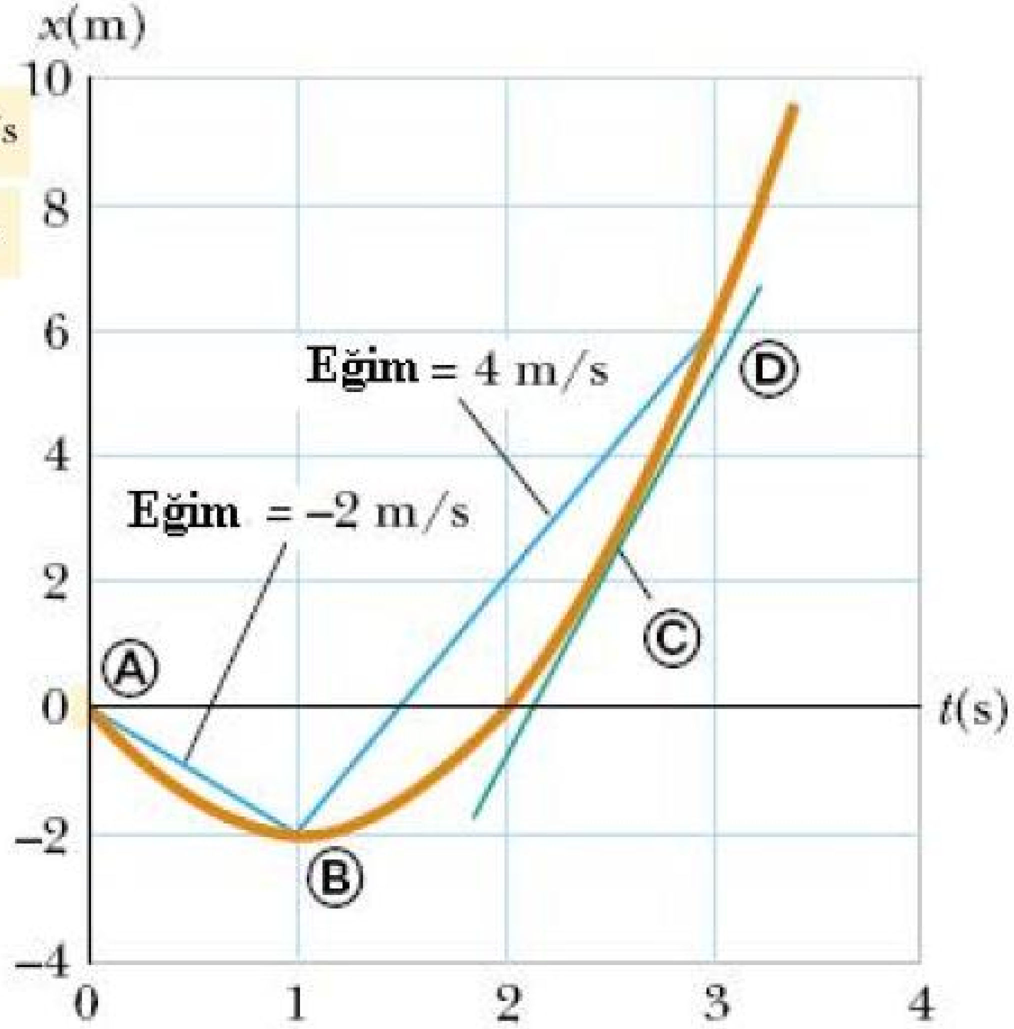
$$\bar{v}_{x(A \to B)} = \frac{\Delta x_{A \to B}}{\Delta t} = \frac{-2\text{ m}}{1\text{ s}} = -2\text{ m/s}$$

$$\bar{v}_{x(B \to D)} = \frac{\Delta x_{B \to D}}{\Delta t} = \frac{8\text{ m}}{2\text{ s}} = +4\text{ m/s}$$

t = 2.5 saniyedeki anlık hız ise

v_x = + 6 m/s dir.

(fonksiyon türevinden elde edilir)



1.3 İvme

- Eğer cismin hızı da zamana bağlı olarak değişiyorsa bu yeni duruma *ivme* ismi verilir. Aşağıdaki gibi gösterilebilir. Birimi metre / s² dir

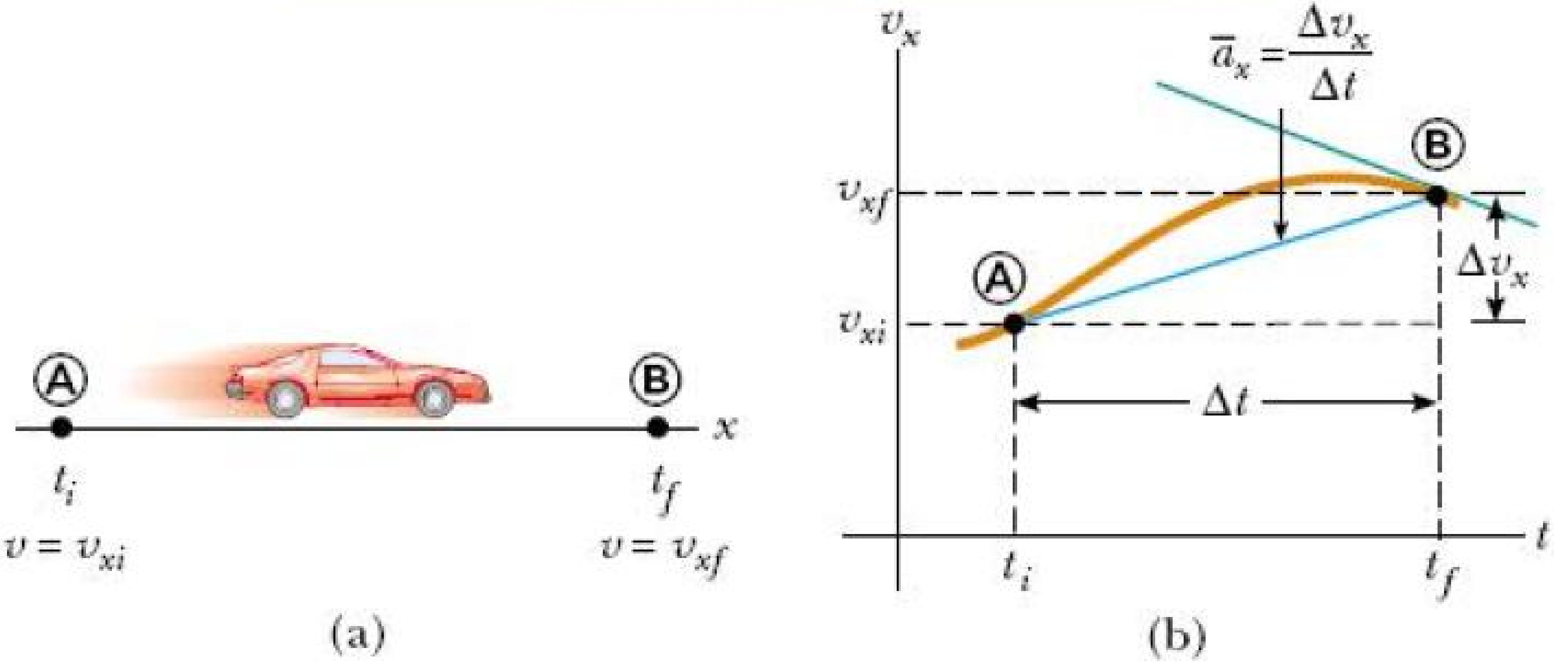
$$\overline{a_x} \equiv \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xs} - v_{xi}}{t_s - t_i}$$

Bir parçacığın hızı zamana göre değişiyorsa parçacık ivmeli hareket ediyor demektir

Anlık ivme

- Daha küçük zaman aralıklarındaki hız değişimlerini bilmek önemli ise bu aşağıdaki gibi formül ile elde edilebilir:

$$a_x \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{dv_x}{dt}$$



Anlık ivme

Bir nesne bir çizgi boyunca hareket ediyorsa bu cismin hızının ve ivmesinin yönleri hakkında şunlar söylenebilir:

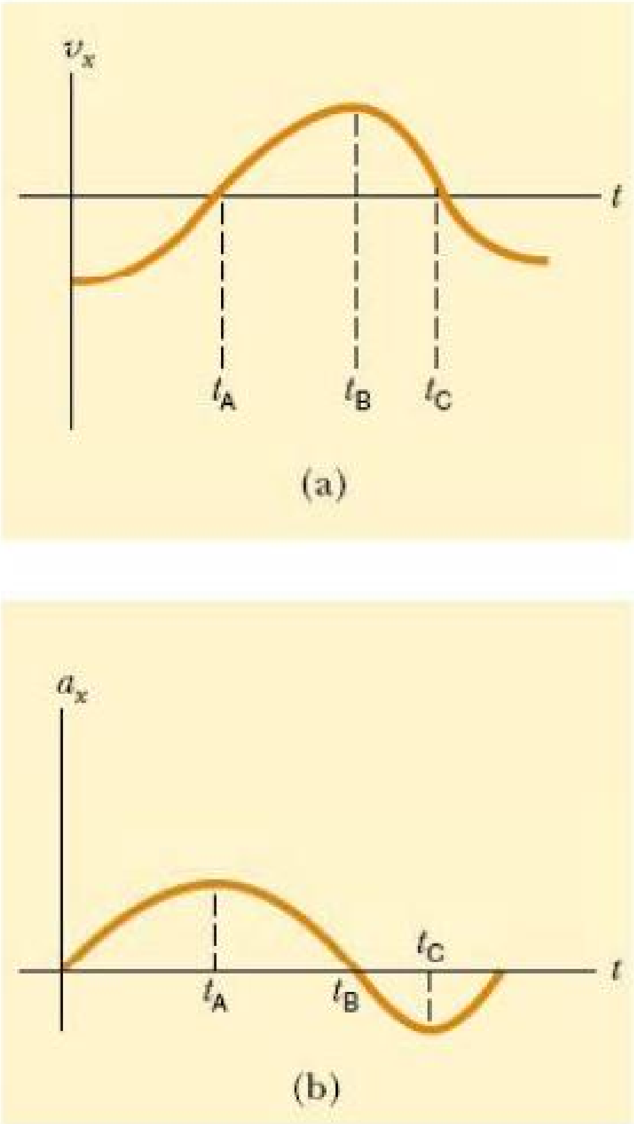
- Eğer hız ile ivme aynı yönlerde ise cismin sürati artıyordur,
- Cismin hızı ile ivmesi farklı yönlerde ise sürati azalıyordur.

Anlık ivme

Ani ivme hız-zaman grafiğinden elde edilebilir.

(a) Her anlık değer a_x ivmesinin t zamanına göre grafiğinden bulur.

(b) v_x in t ye göre grafiğinin eğiminden yani (a) daki iki noktayı birleştiren çizginin tanjant değerinden hesaplanır.



x, v_x , ve a_x

Anlık hız x -t grafiğinin tanjant değerlerinden hesaplanır.

t = 0 ve t = t_A, aralığında x -t grafiğinin eğimi artmaktadır. Yani hız da artmaktadır.

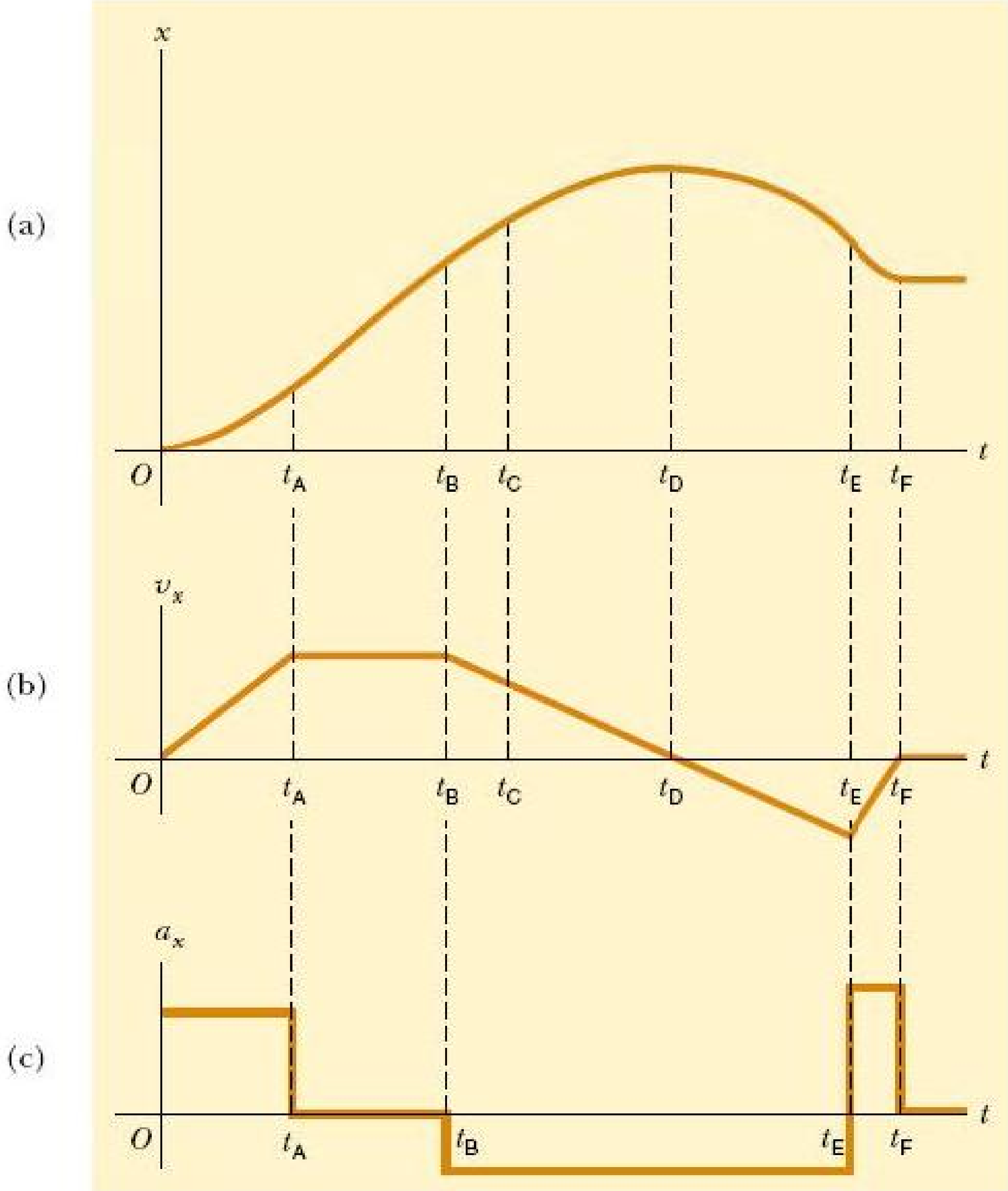
t_A ve t_B, aralığında x -t grafiğinin eğimi sabittir ve hız sabit kalmaktadır.

t_D, noktasında grafiğin eğimi x -t grafiğinden sıfırdır, yani anlık hız sıfırdır.

t_D ve t_E, aralığında x -t grafiğinin eğimi azalmaktadır yani hız negatiftir.

t_E ile t_F, aralığında x-t grafiğinin eğimi negatiftir ve t_F de bu değer sıfırdır.

t_F, değerinden sonra ise x -t grafiğinin eğimi sıfırdır ve cisim duruyordur.



Örnek 1.2 Ortalama ve anlık ivme

x-ekseni boyunca hareket eden bir cismin hızı $v_x = (40 - 5t^2)$ m/s olarak verilmektedir. Denklemdeki t zamanı göstermektedir.

(a) $0 \leq t \leq 2$ s aralığında ortalama ivmeyi hesaplayınız.

$v_{xA} = (40 - 5t_A^2)$ m/s $= [40 - 5(0)^2]$m/s$=+40$ m/s

$v_{xB} = (40 - 5t_B^2)$ m/s $= [40 - 5(2)^2]$m/s$=+20$ m/s

$$\overline{a}_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i} = \frac{v_{xB} - v_{xA}}{t_B - t_A} = \frac{(20 - 40)\ \mathrm{m/s}}{(2.0 - 0)\ \mathrm{s}}$$

$$= \boxed{-10\ \mathrm{m/s^2}}$$

Örnek 1.2 Ortalama ve anlık ivme

(b) t = 2 s deki anlık ivmeyi hesaplayınız.

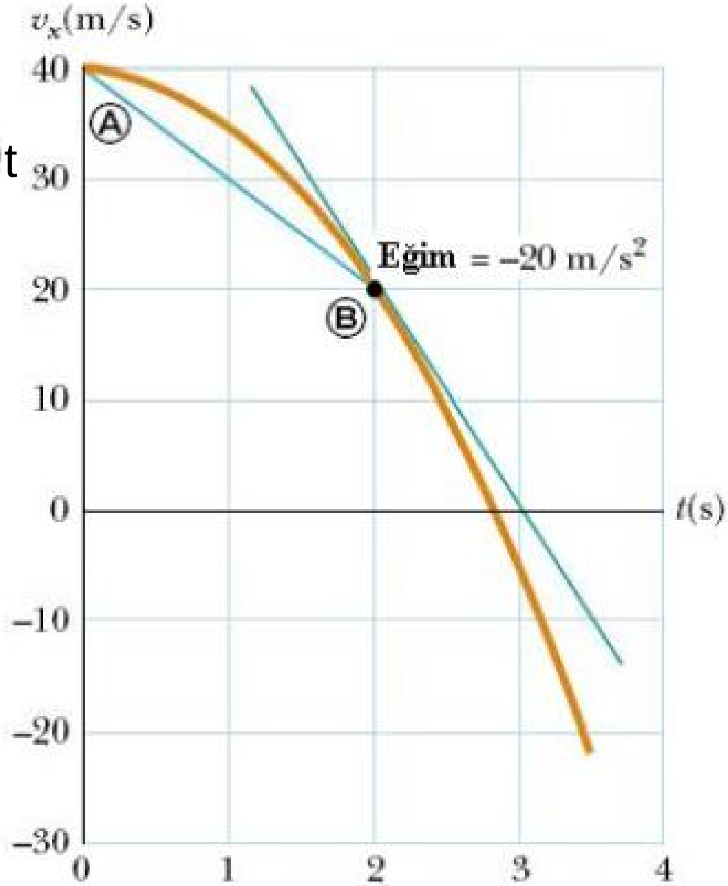
$$v_{xi} = (40 - 5t^2)\ \mathrm{m/s}$$

$$v_{xf} = 40 - 5(t + \Delta t)^2 = 40 - 5t^2 - 10t\,\Delta t - 5(\Delta t)^2$$

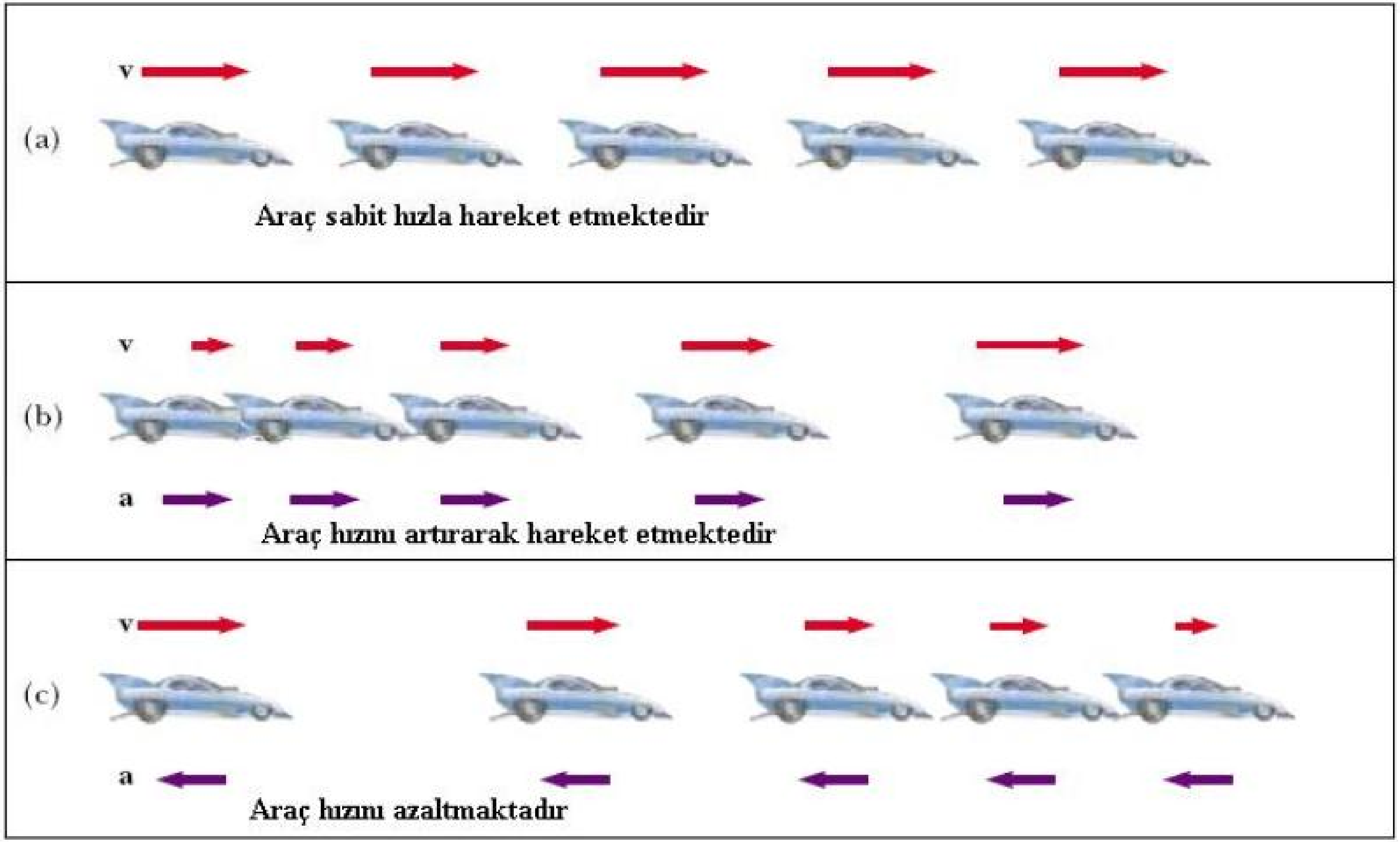
$$\Delta v_x = v_{xf} - v_{xi} = [-10t\,\Delta t - 5(\Delta t)^2]\ \mathrm{m/s}$$

$$a_x = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} (-10t - 5\Delta t) = -10t$$

$$a_x = (-10)(2.0)\ \mathrm{m/s^2} = \boxed{-20\ \mathrm{m/s^2}}$$



1.4 Hareket diyagramları



İvme sabit olduğunda, ortalama ivme ani ivmeye eşit olur. Hız hareketin başından sonuna kadar aynı oranda artar veya azalır.

$$a_x = \frac{v_{xs} - v_{xi}}{t}$$;burada t_i=0 ve t_s=t alınmıştır

$$v_{xs} = v_{xi} + a_x t \quad (a_x \; sabit)$$

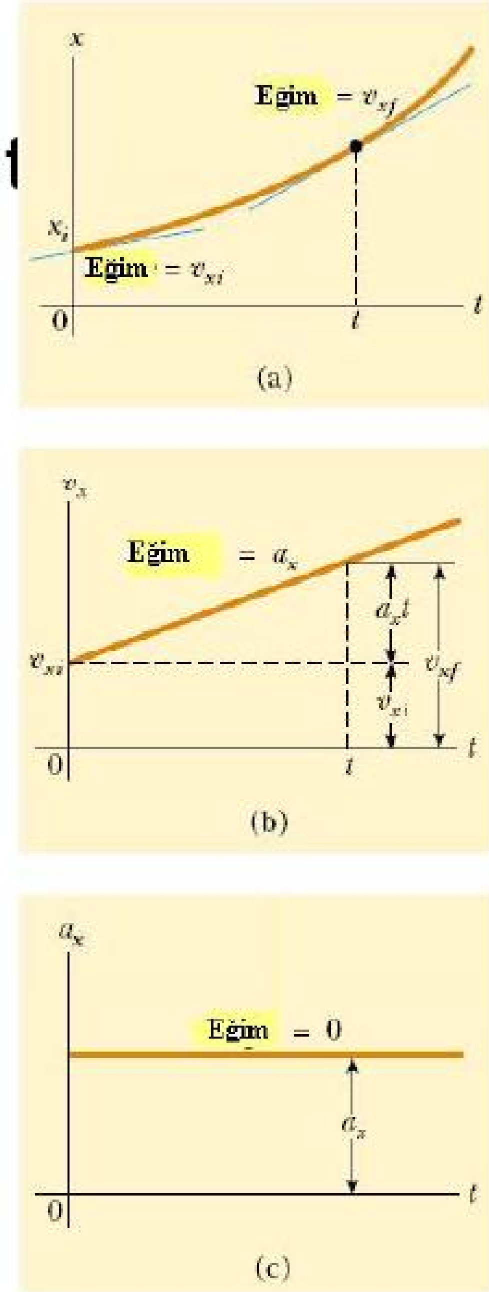
1.5 Tek boyutta sabit ivmeli hareket

Bir parçacığa ait

a) konum-zaman,

b) hız-zaman ve

c) ivme-zaman grafikleri



Sabit ivmeli hareket

$$a_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t - 0}$$

$$v_{xf} = v_{xi} + a_x t \qquad (\text{sabit } a_x)$$

$$\bar{v}_x = \frac{v_{xi} + v_{xf}}{2} \qquad \text{sabit } a_x$$

$$x_f - x_i = \bar{v}t = \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \qquad \text{sabit } a_x$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}[v_{xi} + (v_{xi} + a_x t)]t$$

$$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \qquad \text{sabit } a_x$$

Sabit ivmeli hareket

$$x_f = x_i + \tfrac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})\,t \qquad v_{xf} = v_{xi} + a_x t$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})\left(\frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}\right) = \frac{v_{xf}^{\,2} - v_{xi}^{\,2}}{2a_x} \quad +x_i$$

$$\boxed{v_{xf}^{\,2} = v_{xi}^{\,2} + 2a_x(x_f - x_i)}$$

Kinematik denklemler

Eşitlik	Denklemle verilen bilgi
$v_{xf} = v_{xi} + a_x t$	Zaman bağlı hız
$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$	Hız ve zaman bağlı konum
$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$	Zamanın fonksiyonu olarak konum
$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$	Konuma bağlı olarak hız

Örnek 1.3 Otoyol trafiğine girmek

(A) yokuş-yukarı otoyola girerken ivmenizin ne olacağını tahmin ediniz.

Bu problemi çözerken a_x için yaklaşık değerler alabiliriz. Diğer değişkenler ise konum, hız ve zamandır. Son hızımızı yaklaşık olarak 100 km/h alarak akan trafiğe girebileceğimizi kabul edelim., bu değerin MKS birim sistemine çevrilmesi gerekmektedir: (1 000 m/1 km) ile kilometreyi metreye ve (1 saat/3 600 saniye) ile saati saniyeye çevrilir. Son hızı yaklaşık olarak 3 e bölündüğünü yani v_{xf} = 30 m/s alalım. Başlangıç hızımızıda son hızın 1/3 olarak alırsak v_{xi} = 10 m/s.

Son olarak 10 saniyelik süre içinde trafiğe karıştığımız düşünelim. Bunu günlük hayatınızda da tecrübe edebilirsiniz. Aşağıda ortalama ivme verilmektedir:

$$\overline{a}_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t} \approx \frac{30\ \mathrm{m/s} - 10\ \mathrm{m/s}}{10\ \mathrm{s}}$$

$$= \boxed{2\ \mathrm{m/s^2}}$$

Örnek 1.3 Otoyol trafiğine girmek

(B) Bu ivme ve zamanın yarısında ne kadar yol alırız? İvmemizin sabit kaldığını kabul ederek bu soruya cevap bulabiliriz.

$$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$= 0 + (10\ \mathrm{m/s})(5\ \mathrm{s}) + \frac{1}{2}(2\ \mathrm{m/s^2})(5\ \mathrm{s})^2 = 50\ \mathrm{m} + 25\ \mathrm{m}$$

$$= \boxed{75\ \mathrm{m}}$$

Örnek 1.4 Bir uçağın uçak gemisine inişi

Bir jet uçak gemisine 140 mi/saat (63 m/s) ilk hızı ile inmek ve 2 s içinde durmak istemektedir. Durma esnasındaki ivmesi ne olur? Uçak bu süre zarfında ne kadar yol alır?

$$a_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t} \approx \frac{0 - 63\ \mathrm{m/s}}{2.0\ \mathrm{s}}$$

$$= \boxed{-31\ \mathrm{m/s^2}}$$

$$x_f = x_i + \tfrac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t = 0 + \tfrac{1}{2}(63\ \mathrm{m/s} + 0)(2.0\ \mathrm{s})$$

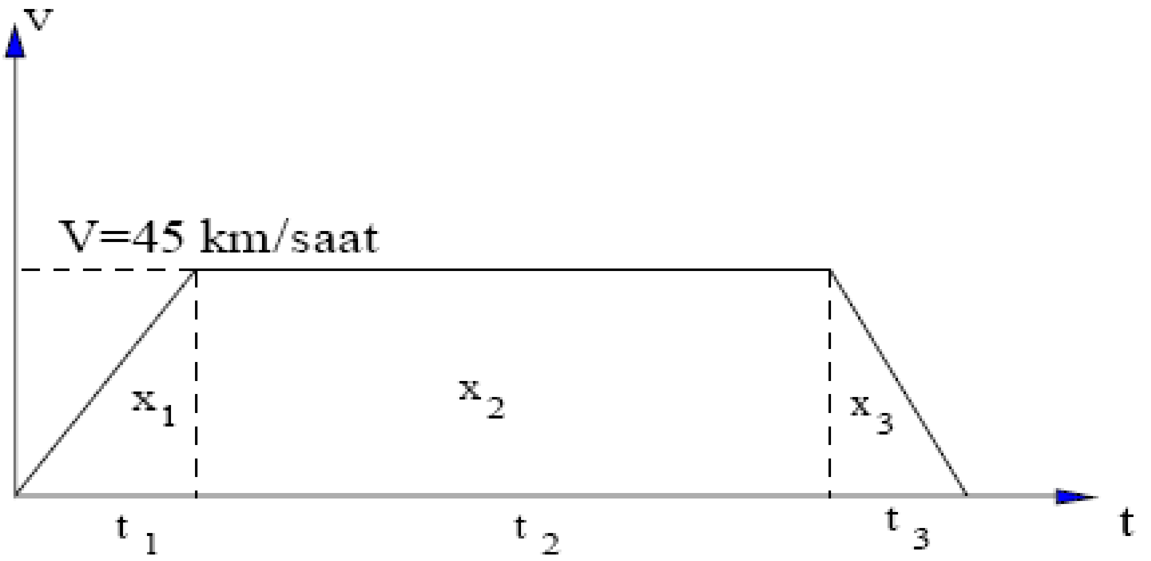
$$= \boxed{63\ \mathrm{m}}$$

ÖRNEK PROBLEMLER.

1) Bir yeraltı metrosu iki istasyon arasını değişik üç türlü hareket yaparak 6 dakikada gidiyor. Bu hareketlerden birincisi, 300 m. üzerinde düzgün hızlanan, ikincisi 45 km / saat hızla düzgün hareket ve üçüncüsü 200 m. yol üzerinde düzgün yavaşlayan harekettir. **a**- Hareketin hız -zaman diyagramını çiziniz ve v 'nin fonksiyonu olarak her hareketin devam süresini, **b**- düzgün harekette alınan yolu ve düzgün değişen hareket ivmelerini, **c**- iki istasyon arasındaki uzaklığı hesaplayınız.

Çözüm; Hareketin hız zaman diyagramı (Şekil 10).da gösterilmiştir.

45 km/saat = 45 . 1000 /3600 = 12,5 m/s..



a- Birinci hızlanan harekette $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$ ve $v = a_1 . t_1$ bağıntılarından,

$$t_1 = 2\frac{x_1}{v} = 2\frac{300}{12{,}5} = 48 \text{ s.}$$

ikinci düzgün hareket;

$$t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{x_2}{12{,}5}$$

üçüncü düzgün yavaşlayan hareket $x_3 = vt_3 - \frac{1}{2} a_3 t_3^2$ ve $v_3 = v - a_3 . t$ ve metro durunca $v_3 = 0$

olacağından bu son bağıntılardan,

$$t_3 = 2\frac{x_3}{v} = 2\frac{200}{12{,}5} = 32 \text{ s}$$

b- $t_1+t_2+t_3=360$ s olacağından, $48+\dfrac{x_2}{12{,}5}+32=360$ ve $x_2=3500$ m.

$$a_1=\frac{v}{t_1}=\frac{12{,}5}{48}=0{,}26 \text{ m/s}^2 \qquad a_3=\frac{v}{t_3}=\frac{12{,}5}{32}=0{,}39 \text{ m/s}^2$$

c - $x=x_1+x_2+x_3=300+3500+200=4000$ m $=4$ km.

3) Bir cisim yatay bir buz tabakası üzerinde itiliyor ve 5s. sonra 25 m. uzakta duruyor. Cisme verilen ilk hızı hesaplayınız.

Cevap; Cisim burada düzgün yavaşlayan bir hareket yapar. Buna göre cismin durması için geçen zaman ve alacağı yol,

$$x = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 \text{ ifadesinde} \qquad v_0 = at \qquad a = \frac{v_0}{t} \text{ yerine konursa}$$

$$x = \frac{v_0 t}{2} \text{ elde edilir. Burada } v_0 = \frac{50}{5} = 10 \text{ m/s} \qquad a = \frac{10}{5} = 2 \text{ m/s}^2 \text{ olur.}$$

4) Bir uçak havalanırken pistte sabit ivme ile 30s. gittikten sonra havalanmaktadır, havalanma anındaki hızı hesaplayınız.

Cevap ; Başlangıçta uçak durduğuna göre ilk hız $v_0=0$ dır. $x=\frac{1}{2}at^2$ ve $a=\frac{2x}{t^2}$ dir. Buradan,

$$a=2\frac{1200}{(30)^2}=\frac{24}{9}=2{,}67 \text{ m/s}^2$$

ve kalkış anındaki hız,

$$v=a.t=\frac{24}{9}30= 80 \text{ m/s.} =288 \text{ km/saat.}$$

5) Oto sürücülerinin ortalama reaksiyon süresi 0,7s. kadardır (reaksiyon süresi, sürücünün dur işaretini gördükten firen yapıncaya kadar geçen zaman aralığıdır).Bir oto 16 m/s^2 'lik ivme ile yavaşlayabildiğine göre, işaret görüldükten duruncaya kadar, **a**-İlk hız 30 km/saat, **b**-İlk hız 60 km/saat olduğuna kadar gidilen yolu bulunuz.

Cevap; **a**-sürücü fren yapıncaya kadar bir reaksiyon süresi geçtiğine göre, bu sürede oto o anda sahip olduğu hızla, bir x_0 yolunu alacaktır. Reaksiyon zamanı t_0 otonun ilk hızı v_0 ise, alınan yol $x_0=v_0t$ olur.

$v_0 = 30$ km/saat $=30.1000/3600=\frac{25}{3}$ m/s. $\qquad t_0 = 0,7$ s. ve $x_0 = v_0\, t_0 = \frac{25}{3}.0,7=5,8$ m.

Otonun duruncaya kadar aldığı yol, $x=x_0+v_0t-\frac{1}{2}at^2$ dir. Oto durduğunda hızı sıfır olacağından,

$v=v_0 - a.t=0$, ve $\qquad t=\frac{v_0}{a}=\frac{25/3}{16}=0,52$s. olur. Değerler yol bağıntısında yerine iletilirse,

$x=5,8+\frac{25}{3}.0,52-\frac{1}{2}.16.(0,52)^2=7,97$ m. $\qquad$ bulunur.

b- $v_o = 60 \text{ km/saat} = \frac{50}{3} \text{ m/s.}$, $x_o = \frac{50}{3} 0{,}7 = 11{,}66 \text{ m.}$, $v = v_o - at = 0$

dan,

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{50}{3} \Big/ 16 = 1{,}04 s \text{ ve } x = 11{,}66 + \frac{50}{3} 1{,}04 - \frac{1}{2} 16.(1{,}04)^2 = 20{,}34 \text{ m.}$$

6) Trafik işareti yeşil yanar yanmaz, kavşakta bekleyen bir oto 6 m/s^2 lik ivme ile harekete başlıyor. Aynı anda 30 m/s. lik sabit hızla giden bir kamyon otoyu geçiyor. **a**- oto hareket noktasından ne kadar uzakta kamyonu geçecektir?,-**b**- otonun kamyonu geçme hızını bulunuz.

Cevap; **a**-İki hareketli aynı anda kavşaktan geçtiklerine ve bir süre sonrada aynı noktada birleştiklerine göre, bu iki nokta arasında iki aracın aldığı yol ve bu yolu almak için geçen zaman aynıdır. Ortak zaman t ise,

Kamyonun aldığı yol, $x_1 = v.t$ ve otonun aldığı yol $x_2 = \frac{1}{2} a.t^2$ olur.

$x_1 = x_2$ den $t = \frac{2v}{a}$ bulunur. Verilen değerler yerine iletilirse,

$$t = \frac{2v}{a} = 2\frac{30}{6} = 10 s$$ bulunur.

Kamyon 10s de x_1=v.t=30.10=300 m yol alır. Oto kamyonu kavşaktan 300 m. sonra geçer.

b- Kamyonu geçerken otonun hızı, $v=v_0+a.t=0+6.10=60$ m/s olur.

7) Bir uçurumun kenarından bir taş serbest bırakılıyor ve 1s. sonra 60 m/s lik bir hızla ikinci bir taş düşey olarak aşağı doğru atılıyor. Uçurumun tepesinden ne kadar aşağıda ikinci taş birinci taşa yetişir?

Çözüm; Birinci taşın ilk hızı sıfırdır ve birinci taşın atılmasından t s. sonra ikinci taş birinci taşa yetişsin. Birinci taşın bu t s. de alacağı yol $h_1=(1/2)gt^2$ dir. İkinci taş 1s sonra atıldığından biriciye yetişinceye kadar (t-1) s hareket eder ve v_0=60 m/s ilk hızla atıldığına göre bu sürede alacağı yol,

$$h_2 = v_O.(t-1)+\frac{1}{2}g.(t-1)^2$$ olur. İkinci taş birinciye yetiştiğine göre $h_1=h_2$ olacağından,

$$\frac{1}{2}g\,t^2 = v_O(t-1)+\frac{1}{2}g\,(t-1)^2$$ ve buradan,

$$t=v_O - \frac{1}{2}\frac{g}{v_0} - g=60 - \frac{1}{2}\frac{9,8}{60}-9,8$$ ve t = 1,09s bulunur.

İki taşın karşılaştığı noktanın uçurumun tepesine olan uzaklığı,

$$h=\frac{1}{2}g.t^2=\frac{1}{2}9,8.(1,09)^2=5,82 \text{ m.dir.}$$

8) Bir balon 16 m/s lik hızla yükselmektedir ve balonun yerden 64 m . yükseklikte olduğu anda bir kum torbası bırakılıyor. **a**-kum torbasının atıldıktan, 0,25, 0,5, 1 ve 2s. sonraki yerini ve hızını hesaplayınız. **b**-kum torbasının atıldıktan sonra yere varması için geçen zamanı bulunuz.

Çözüm; **a**- Kum torbasının atıldığı noktanın koordinatları (0, 0) alınmıştır. Kum torbasının ilk hızı balonun hızına (v_0=16 m/s) eşit ve yukarı yönlü olur ve

t_1=0,25s yeri, yerden yüksekliği ve hızı

$$h_1=v_0.t_1-\frac{1}{2}g.t_1^2 \qquad h_1=16.0,25-\frac{1}{2}.9,8.(0,25)^2=3,7 \text{ m.}$$

Bu durumda kum torbası

h=64+3,7=67,7 m . yükseklikte ve 0,25s deki hızı

$v_1=v_0-g.t_1=16-9,8.0,25=13,55$ m/s olur.

t_2=0,5s deki yeri, yerden yüksekliği ve hızı,

$$h_2=16.0,5 - \frac{1}{2}.9,8.(0,5)^2 = 6,77m., \qquad h=64+6,775=70,77\ m,$$

$v_2=v_0-g.t_2=16 - 9,9.0,50=11,1$ m/s

t_3=1s deki yeri, yerden yüksekliği ve hızı,

$$h_3=16.1 - \frac{1}{2}.9,8.1^2 =11,1\ m. \qquad h=64+11,1=75,1\ m$$ ve hızı,

$$v_3=6 - 9,8.1=6,2\ m/s.$$

t_4=2s deki yeri, yerden yüksekliği ve hızı,

$$h_4=16.2 - \frac{1}{2}9,8.2^2 =12,4\ m. \qquad h=64+12,4 =76,4\ m.$$ ve hızı,

$v_4=16 - 9,8.2 = -3,6$ m/s. taş belli bir maksimumdan sonra inişe geçmiştir.

b- Seçilen dik koordinat sistemine göre, yer referans olarak alınınca (0,0) balonun yerden bulunduğu yükseklik - 64 m olur. Buna göre serbest düşmede kullanılan $h=v_0t-(1/2)g.t^2$ bağıntısındaki, h değeri de - (negatif) olmalıdır ve buna göre,

$$-64=16.t-\frac{1}{2}9{,}8.t^2 \qquad \text{den}$$

$4{,}9.t^2 - 16t - 64=0$ ve $t=5{,}6s$ bulunur.

Negatif kökün fiziksel anlamı yoktur.

9) 4 m/s hızla yükselmekte olan bir balondan bırakılan bir kum torbası, atıldığından 6s sonra yere varıyor buna göre torbanın atıldığı andaki balonun yerden yüksekliğini hesaplayınız.

Çözüm; Bu sefer dik koordinat sistemi olarak yer küre (0,0) seçilsin , eğer kum torbası balonun yerden h yüksekliğinde bulunduğu noktada bırakılıyorsa, hareketlinin yörünge bağıntısı,

$y=h+v.t-\frac{1}{2}g.t^2$ olur. Kum torbası yere düşünce y=0 ve geçen zaman 6s olacağından, bağıntıya göre,

$0=h+4.6-\frac{1}{2}9{,}8.36$, ve buradan h=152,4 m. bulunur.

Bir cismin konumu zamanla

$$x(t) = 2t^3 - 5t + 20$$

şeklinde değişiyor.

a) Hareketlinin 2 s anındaki konumu nedir?

b) 3 s - 5 s arası yerdeğiştirmesini bulunuz.

c) 3 s - 5 s arası ortalama hızını bulunuz.

d) hareketlinin hızının zamana göre fonksiyonunu bulunuz.

e) 4 s anıdaki anlık hızını bulunuz.

ÇÖZÜM

a) Konum denkleminde t=2 yazılırsa, 26 m bulunur. Demek ki kronometre 2 saniyeyi gösterdiği anda cisim +26 m konumunda bulunmakta

b) t=3 yazılırsa konum x1= 59 m. t=5 s anında x2=245 m

yer değiştirme : 245 - 59 = 186 m

c)
$$v_{ort} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

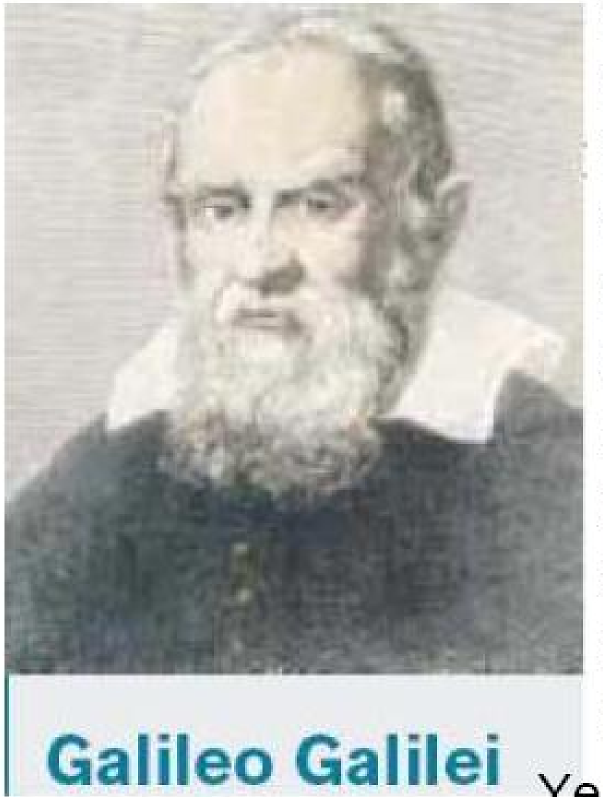
(245-59) / (5-3) = 93 m/s

d) Konumun denklemini zamana göre türevi hız denklemidir. X in t ye göre türevi alınırsa;

$$v(t) = 6t^2 - 5$$ bulunur

e) V(t) denkleminde t=4 yazarsak, 89 m/s buluruz. Yani kronometre 4 s yi gösterdiği anda aracın anlık hızı 91 m/s imiş.

1.6 Serbest düşen cisimler



Bütün cisimler eğer hava direnci ihmal edilirse dünyaya doğru yerçekim ivmesi ile hızlanarak düşerler. Bu görüş 1600 lü yıllara kadar kabul edilmedi. Büyük filozof Aristotle (384–322 B.C.) ağır cisimlerin hafif cisimlerden daha hızlı düştüğünü söylemişti. Italyan Galileo Galilei (1564–1642) bunun doğru olmadığını Pisa Kulesi nden farklı ağırlıktaki cisimleri yere bırakarak aynı anda yere yere vardıklarını gösterdi. Ayrıca eğik düzlemler üzerinde deneyler yaparak cisimlerin ivmelerindeki değişmeyi gözlemlemiştir.

Yerçekim ivmesi deniz seviyesine yakın yerlerde 9.80 m/s^2 olarak alınmaktadır.

İtalyan fizikçi ve astronom (1564-1642)

Serbest düşen cisim, başlangıçtaki hareketi ne olursa olsun sadece yerçekimi etkisi ile düşen cisimdir.

Serbest düşüş denklemleri;

$$v_s = -gt + v_i$$

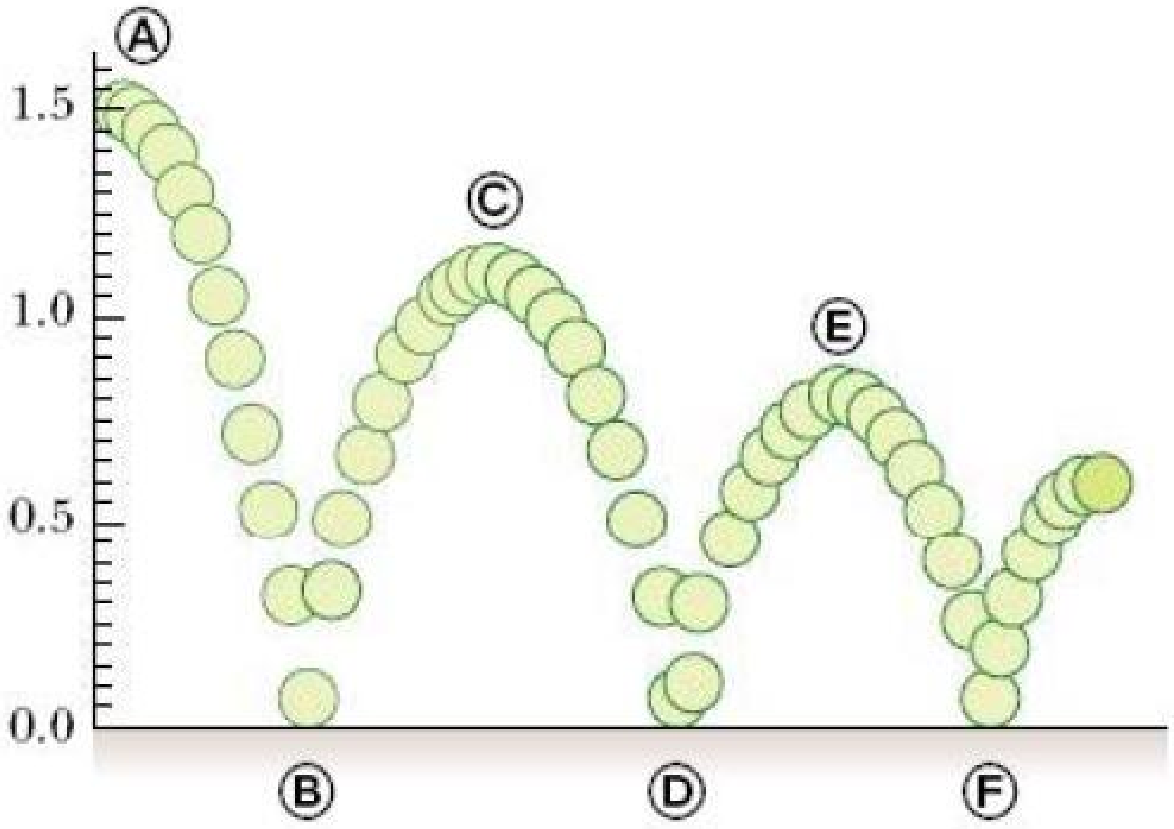
$$\bar{v} = \frac{1}{2}(v_s + v_i)$$

$$y_s = y_i + v_i t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_s^2 = v_i^2 - 2g(y_s - y_i)$$

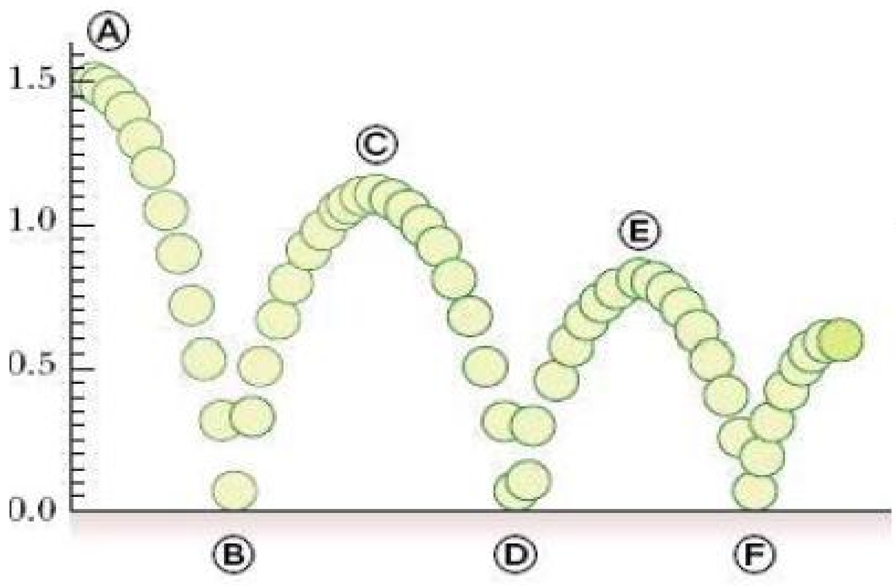
Örnek 1.6 Zıplayan top

Şekildeki gibi zıplayan bir topun konumunu, hızını ve ivmesini zamana göre değişim grafiğini çiziniz.

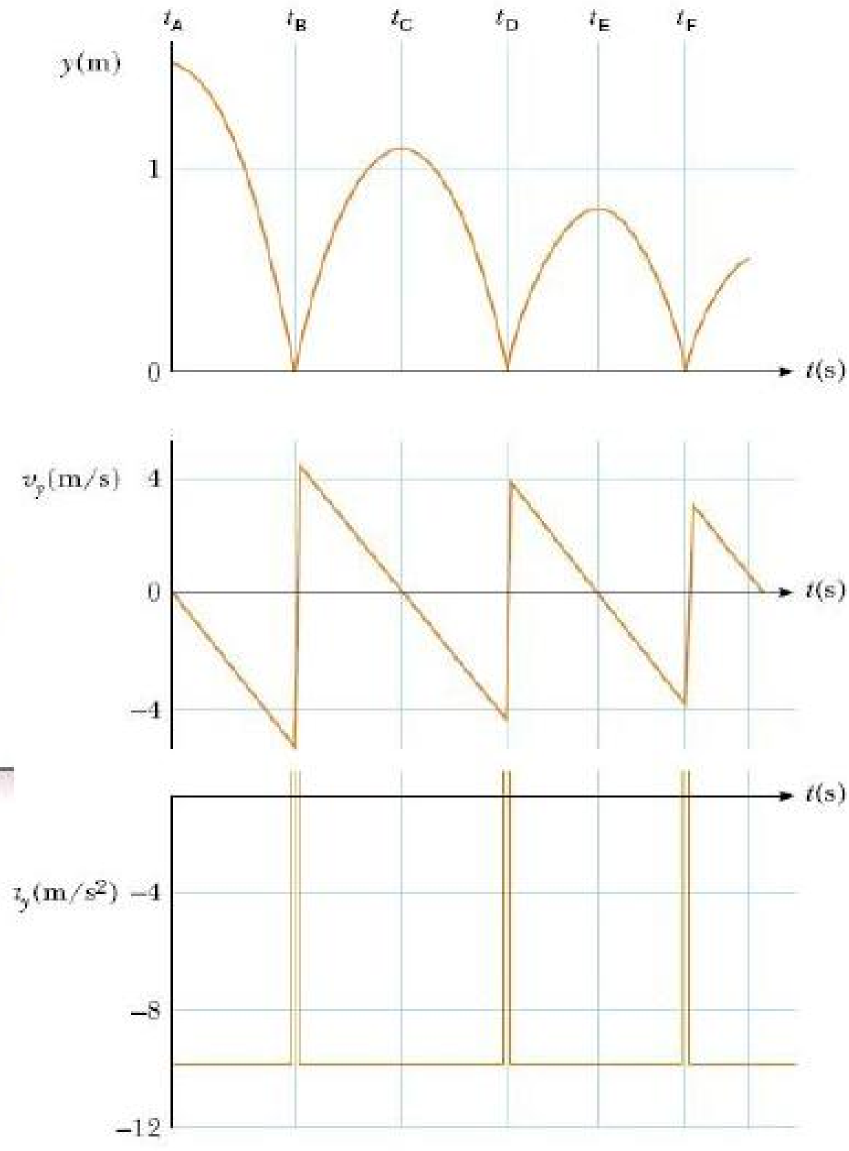


(a)

Örnek 2.6. Zıplayan top



(a)



(b)

Örnek 1.7 Yukarı doğru atılan taş

50 m yüksekliğindeki bir binanın tepesinden 20.0 m/s ilk hızla bir taş yukarı doğru atılmaktadır. *t*A = 0 s kabul ederek

(A) Topun maksimum yüksekliğe ulaşması için geçen süreyi,

(B) Maksimum yüksekliğini,

(C) Taş yere düşerken atıldığı noktadan ne kadar süre sonra geçer?

(D) Bu anda topun anlık hızı nedir?

(E) Taşın t =5 s deki konumu ve hızını belirleyiniz.

$$v_s = -gt + v_i$$

$$0 = 20.0\ \mathrm{m/s} + (-9.80\ \mathrm{m/s^2})t$$

$$t = t_B = \frac{20.0\ \mathrm{m/s}}{9.80\ \mathrm{m/s^2}} = 2.04\ \mathrm{s}$$

$$y_{max} = y_B = y_A + v_{xA}t + \tfrac{1}{2}a_y t^2$$

$$y_B = 0 + (20.0\ \mathrm{m/s})(2.04\ \mathrm{s}) + \tfrac{1}{2}(-9.80\ \mathrm{m/s^2})(2.04\ \mathrm{s})^2 = 20.4\ \mathrm{m}$$

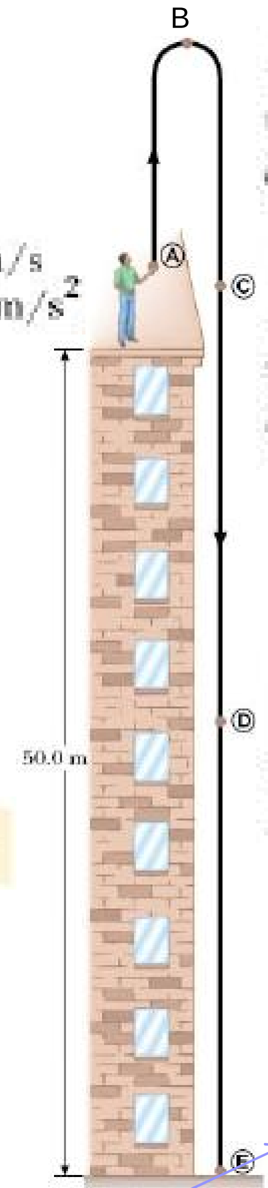
$$y_C = y_A + v_{yA}t + \tfrac{1}{2}a_y t^2$$

$$0 = 0 + 20.0t - 4.90t^2$$

$$t(20.0 - 4.90t) = 0$$

$$v_{yC} = v_{yA} + a_y t = 20.0\ \mathrm{m/s} + (-9.80\ \mathrm{m/s^2})(4.08\ \mathrm{s})$$

$$= -20.0\ \mathrm{m/s}$$



$t_A = 0$
$y_A = 0$
$v_{yA} = 20.0\ \mathrm{m/s}$
$a_{yA} = -9.80\ \mathrm{m/s^2}$

$t_B = 2.04\ \mathrm{s}$
$y_B = 20.4\ \mathrm{m}$
$v_{yB} = 0$
$a_{yB} = -9.80\ \mathrm{m/s^2}$

$t_C = 4.08\ \mathrm{s}$
$y_C = 0$
$v_{yC} = -20.0\ \mathrm{m/s}$
$a_{yC} = -9.80\ \mathrm{m/s^2}$

$t_D = 5.00\ \mathrm{s}$
$y_D = -22.5\ \mathrm{m}$
$v_{yD} = -29.0\ \mathrm{m/s}$
$a_{yD} = -9.80\ \mathrm{m/s^2}$

VD=20-9,8*5
YD=29*5-(9,8/2)*5^2

$t_E = 5.83\ \mathrm{s}$
$y_E = -50.0\ \mathrm{m}$
$v_{yE} = -37.1\ \mathrm{m/s}$
$a_{yE} = -9.80\ \mathrm{m/s^2}$

$$v_s^2 = v_i^2 - 2g(y_s - y_i)$$

Örnek 1.8 Konum, hız ve sürat

Bir ralli aracının konumu değişik zamanlarda aşağıdaki çizelgedeki gibi elde edilmiştir. Arabanın ortalama hızını

(a) Birinci saniyede,

(b) Son 4 s aralığında ve

(c) Toplam zaman içinde.

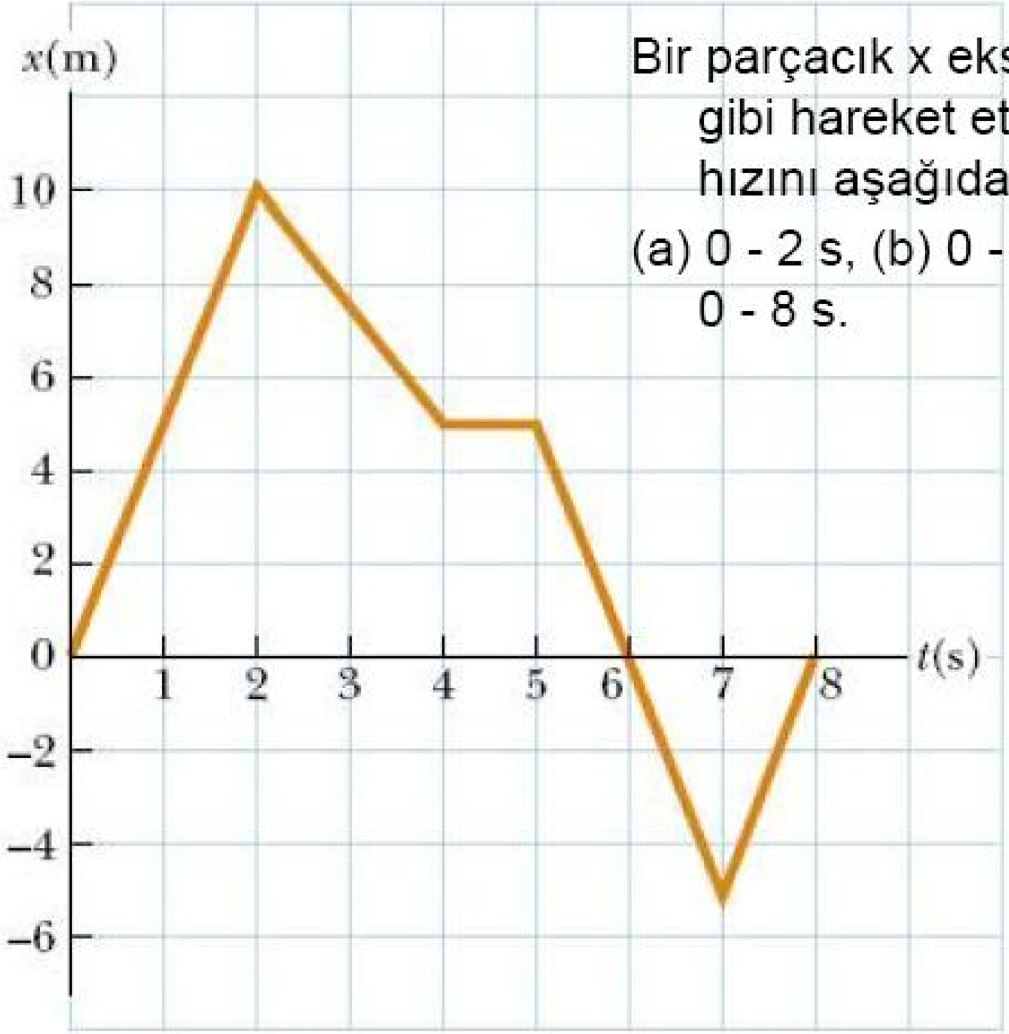
t(s)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
x(m)	0	2.3	9.2	20.7	36.8	57.5

$$a)\ v_{ort} = \frac{2.3 - 0.0}{1 - 0.0} = 2.3\ \text{m/s}$$

$$b)\ v_{ort} = \frac{57.5 - 9.2}{5 - 2.0} = 16.1\ \text{m/s}$$

$$c)\ v_{ort} = \frac{57.5 - 0.0}{5 - 0.0} = 11.5\ \text{m/s}$$

Örnek 1.9 Konum, hız ve sürat



Bir parçacık x ekseni boyunca yandaki grafikteki gibi hareket etmektedir. Parçacığın ortalama hızını aşağıdaki zaman aralıkları için belirleyiniz.

(a) 0 - 2 s, (b) 0 - 4 s, (c) 2 s - 4 s, (d) 4 s - 7 s, (e) 0 - 8 s.

Örnek 1.10 Ani hız

Bir parçacık x-ekseni boyunca zamana bağlı olarak $x(t) = 3t^2$ şeklinde hareket etmektedir. Denklemde *x*-metre ve *t*-saniyedir. Aşağıdakileri elde ediniz.

(a) t = 3.00 s deki konumunu,

(b) 3.00 s+Δt deki konumunu,

(c) Δt ->0 limit durumu için $\Delta x / \Delta t$ hızını $t=3$ saniye için hesaplayınız.

(a) $x(t=3) = 3t^2 = 3\cdot 3^2 = 27$ metre

(b) $x(t=3 + \Delta t) = 3(t + \Delta t)^2 = 3\cdot(t^2 + 2t\Delta t + \Delta t^2)$.

(c) v = Limit (Δt ->0) = $\Delta x / \Delta t = 6t$ ve $t=3$ s için $v = 18$ m/s dir.

4 İKİ BOYUTTA HAREKET

4.1 Konum, hız, ivme

4.2 İki boyutta sabit ivmeli hareket

4.3 Eğik hareket/atış

4.4 Düzgün dairesel hareket

4.5 Teğetsel ve merkezcil ivme

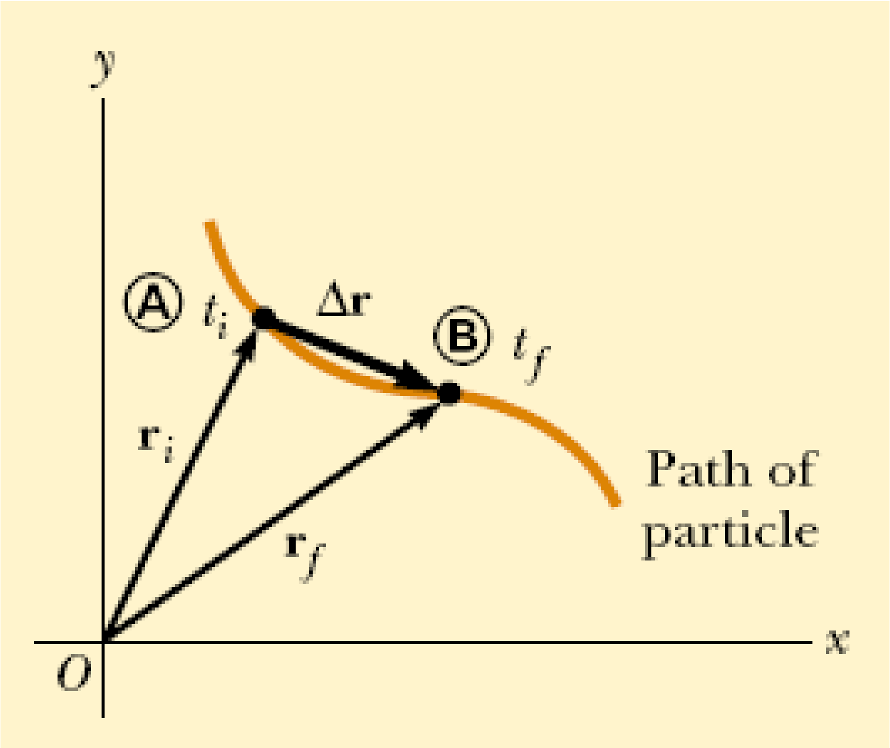
4.6 Göreli hız ve göreli ivme

Bir yanardağın püskürmesinde lavların hareketi paraboliktir.

1

İki boyutta hareket-yerdeğiştirme vektörü

- Birçok cisim iki boyutta hareket eder:uydunun hareketi, elektrik yükünün elektrik alan içinde hareketi, su yüzeyindeki bir geminin hareketi,vs.
- Alt indisler i-initial, f-final kelimelerinin baş harfleridir.



$$\Delta\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}_f - \mathbf{r}_i$$

Ortalama hız

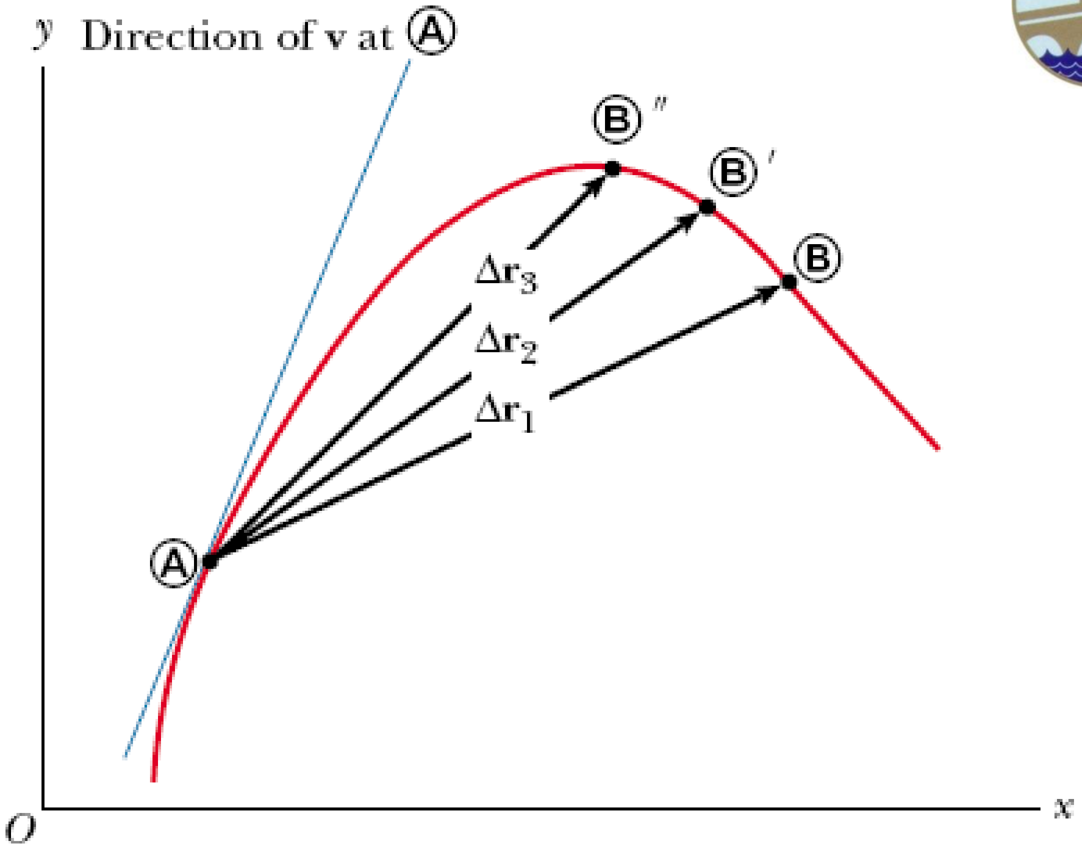
- Birim zamanda yerdeğiştirme miktarı

$$\overline{\mathbf{v}} \equiv \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

- Baseball da topa vuran kişi başladığı yere koşarak geri döner. Ortalama hızı sıfırdır.

Ani hız

- Çok küçük zaman dilimindeki yerdeğiştirme miktarı.



$$\mathbf{v} \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

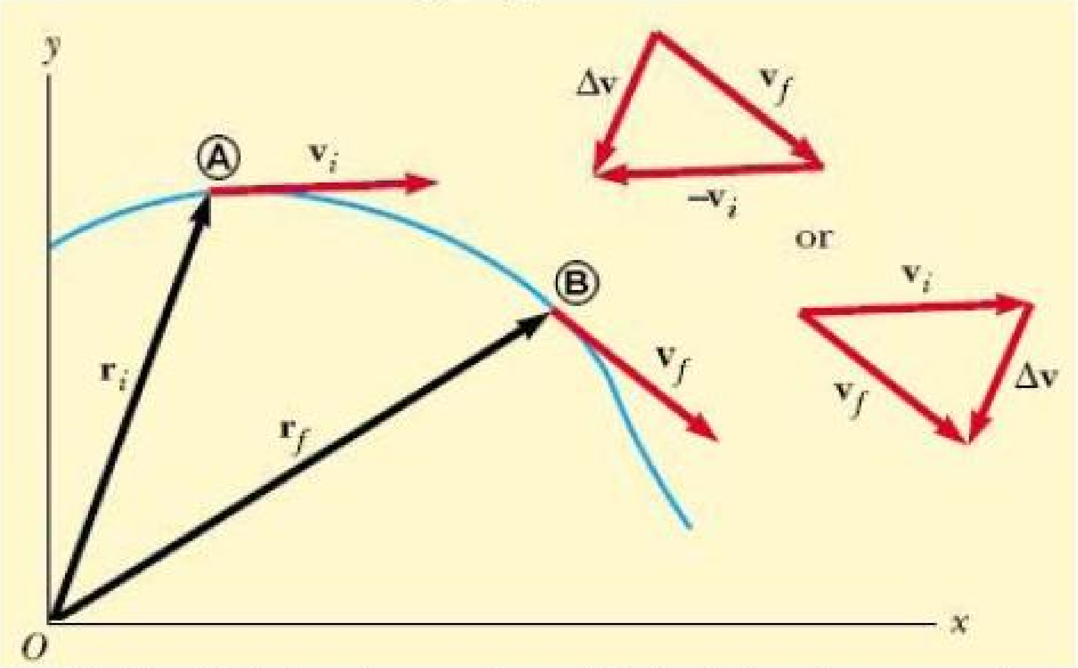
Ortalama ivme

- Birim zamanda hızdaki değişim

$$\bar{\mathbf{a}} \equiv \frac{\mathbf{v}_f - \mathbf{v}_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

Hız değişimi

- Cisim A dan B ye giderken hızını değiştirir.



Şekle dikkat ederseniz vektörlerin toplamı yapılmaktadır.

Hızın değişimi daha küçük zaman aralıklarında çok önemli ise ani ivme önemli olmaktadır:

$$\mathbf{a} \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

Sabit ivme

- İki boyutta sabit ivme ile hareket eden bir cismin konumu zamanla değişiyorsa hızı

$$\mathbf{r} = x\hat{\mathbf{i}} + y\hat{\mathbf{j}}$$

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\hat{\mathbf{i}} + \frac{dy}{dt}\hat{\mathbf{j}} = v_x\hat{\mathbf{i}} + v_y\hat{\mathbf{j}}$$

Sabit ivme ile hareket

- Sabit ivme ile hareket eden bir cismin son hızı

$$\mathbf{v}_f = (v_{xi} + a_x t)\hat{\mathbf{i}} + (v_{yi} + a_y t)\hat{\mathbf{j}}$$

$$= (v_{xi}\hat{\mathbf{i}} + v_{yi}\hat{\mathbf{j}}) + (a_x\hat{\mathbf{i}} + a_y\hat{\mathbf{j}})t$$

$$\mathbf{v}_f = \mathbf{v}_i + \mathbf{a}t$$

Sabit ivmeli hareket

- Sabit ivme ile hareket eden bir cismin iki boyutta son konum değerleri

$$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \qquad y_f = y_i + v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

Sabit ivmeli hareket

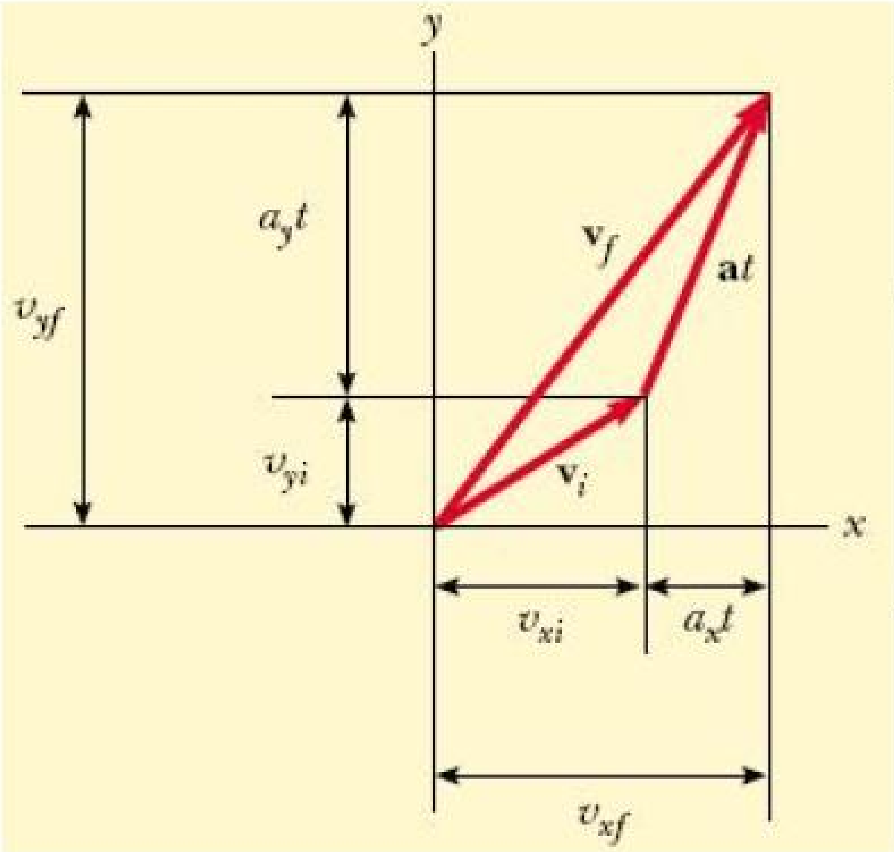
- Sabit ivmeli harekette son konum değeri

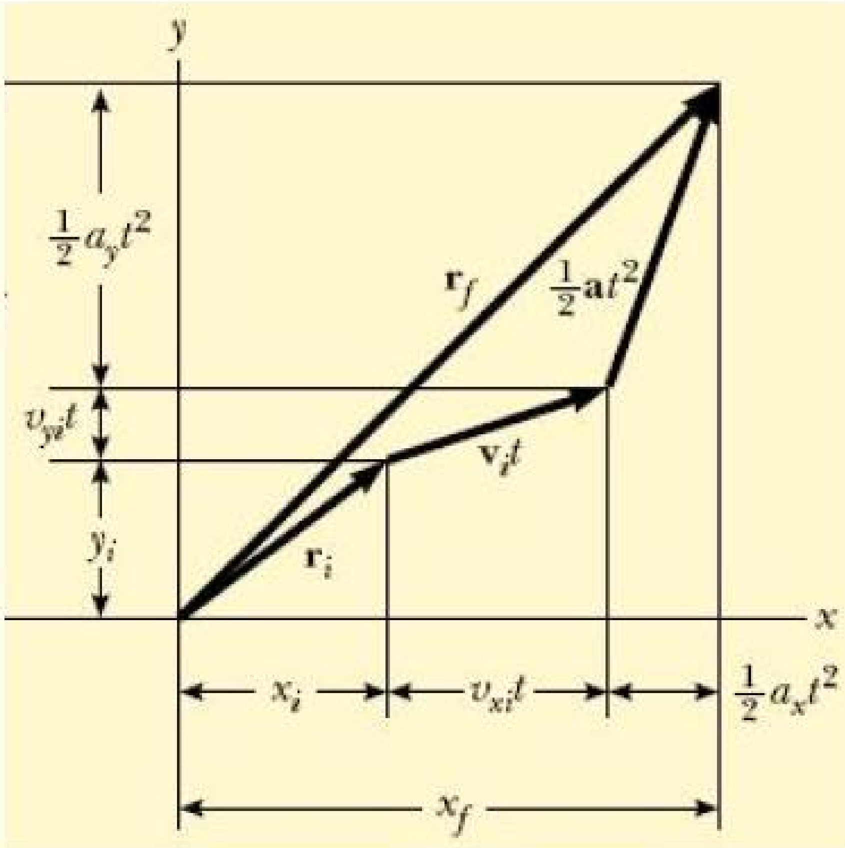
$$\mathbf{r}_f = \left(x_i + v_{xi}t + \tfrac{1}{2}a_x t^2\right)\hat{\mathbf{i}} + \left(y_i + v_{yi}t + \tfrac{1}{2}a_y t^2\right)\hat{\mathbf{j}}$$

$$= \left(x_i\hat{\mathbf{i}} + y_i\hat{\mathbf{j}}\right) + \left(v_{xi}\hat{\mathbf{i}} + v_{yi}\hat{\mathbf{j}}\right)t + \tfrac{1}{2}\left(a_x\hat{\mathbf{i}} + a_y\hat{\mathbf{j}}\right)t^2$$

$$\mathbf{r}_f = \mathbf{r}_i + \mathbf{v}_i t + \tfrac{1}{2}\mathbf{a}t^2$$

Sabit ivmeli hareket





Sabit ivmeli hareket

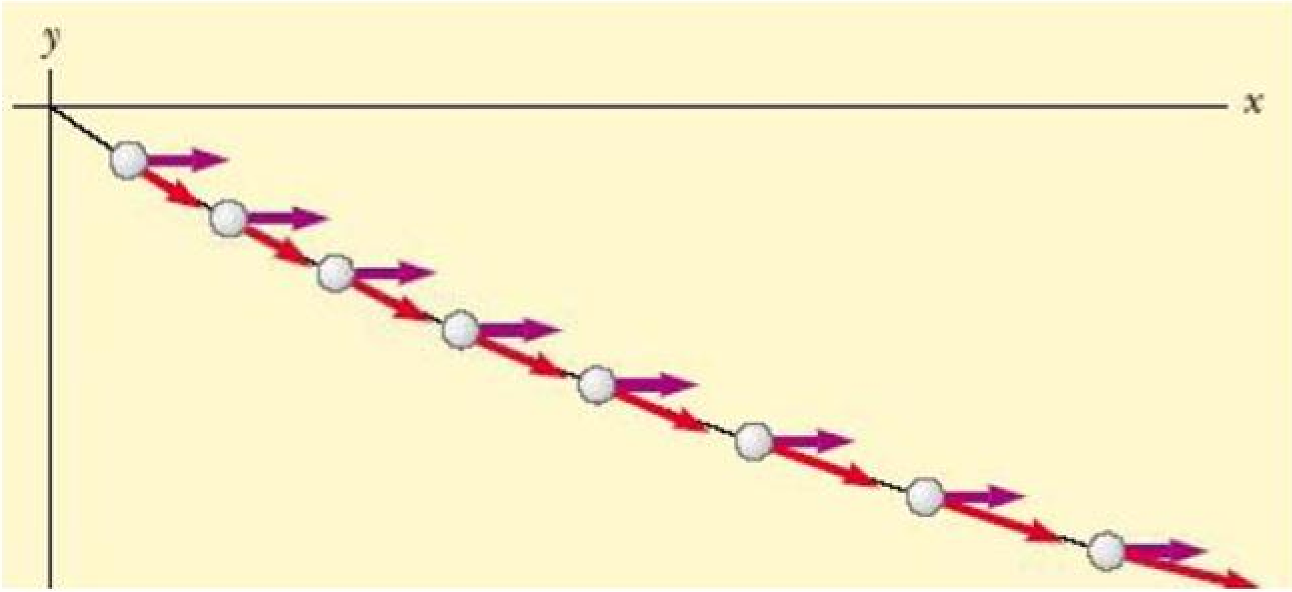
- Sabit ivme ile hareket eden bir cismin son hızı ve son konumu

$$\mathbf{v}_f = \mathbf{v}_i + \mathbf{a}t \qquad \begin{cases} v_{xf} = v_{xi} + a_x t \\ v_{yf} = v_{yi} + a_y t \end{cases}$$

$$\mathbf{r}_f = \mathbf{r}_i + \mathbf{v}_i t + \frac{1}{2}\mathbf{a}t^2 \qquad \begin{cases} x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\ y_f = y_i + v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \end{cases}$$

Örnek 4.1 Düzlemde hareket

- Bir cisim t=0 s anında orijinden harekete başlıyor. Cismin başlangıç hızlarının x ve y bileşenleri 20 m/s ve -15 m/s olarak veriliyor. Cisim x-ekseni boyunca 4m/s^2 gibi sabit bir ivme değerine sahiptir: Herhangi bi:r an için hız değerini verecek formülü türetiniz.



(1) $$v_{xf} = v_{xi} + a_x t = (20 + 4.0t)\ \mathrm{m/s}$$

(2) $$v_{yf} = v_{yi} + a_y t = -15\ \mathrm{m/s} + 0 = -15\ \mathrm{m/s}$$

Örnek 4.1

Son hız değeri

$$\mathbf{v}_f = v_{xi}\hat{\mathbf{i}} + v_{yi}\hat{\mathbf{j}} = [(20 + 4.0t)\hat{\mathbf{i}} - 15\hat{\mathbf{j}}]\,\mathrm{m/s}$$

$$\mathbf{a} = 4.0\hat{\mathbf{i}}\ \mathrm{m/s^2} \qquad \mathbf{v}_i = [20\hat{\mathbf{i}} - 15\hat{\mathbf{j}}]\ \mathrm{m/s.}$$

Cismin t=5nci saniyedeki hızı ve yatay eksen ile hız vektörünün yaptığı açı

$$\mathbf{v}_f = [(20 + 4.0(5.0))\hat{\mathbf{i}} - 15\hat{\mathbf{j}}]\,\mathrm{m/s} = (40\hat{\mathbf{i}} - 15\hat{\mathbf{j}})\ \mathrm{m/s}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{yf}}{v_{xf}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-15\ \mathrm{m/s}}{40\ \mathrm{m/s}}\right)$$

$$= -21^\circ$$

4.3 Eğik hareket/atış

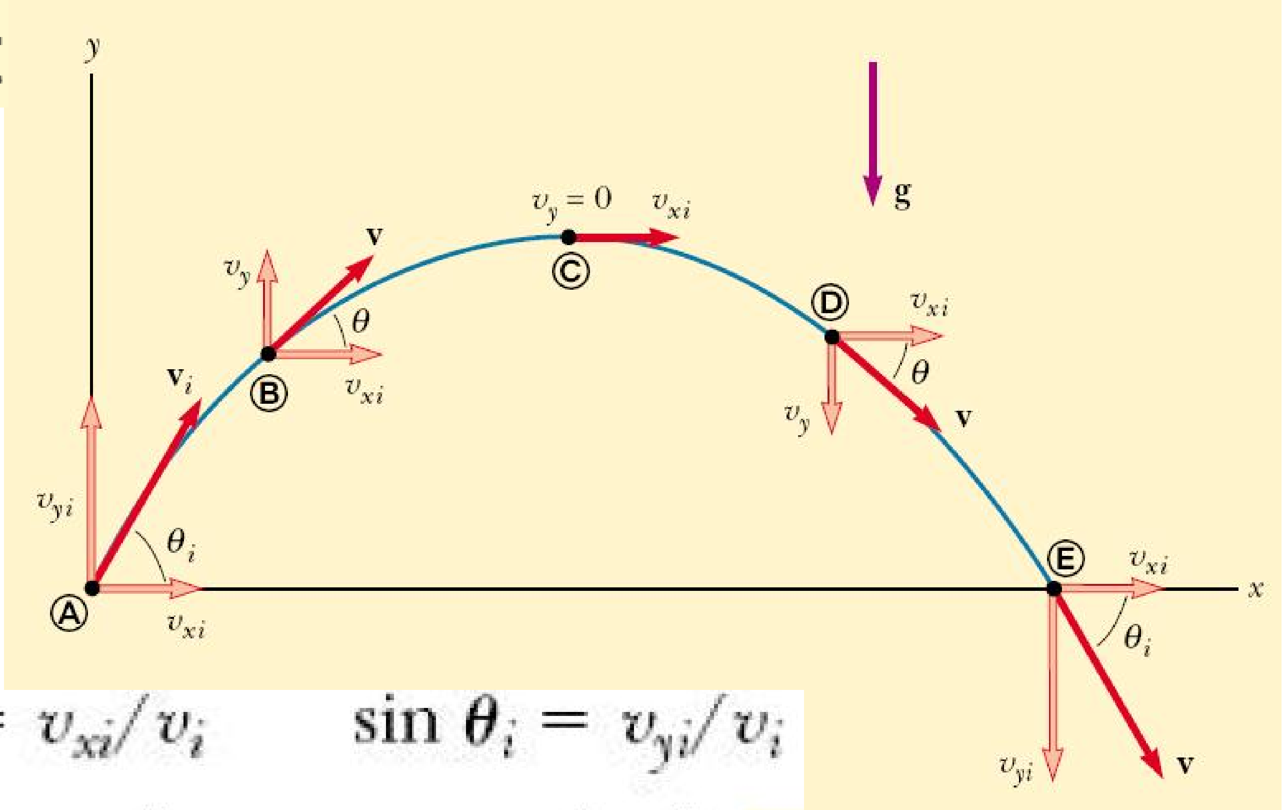
Bir topa vurulduğunda havadaki hareketi incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Top hareketi esnasında hızı aşağıya yönelmiş sabit **g**-yerçekimi ivmesine bağlı olarak değişir.

2. Topun hareketi esnasında hava direnci ihmal edilir.

Bu sonuçlara göre top hava içinde parabol çizerek hareket eder.

Eğik hareket



$$\cos\theta_i = v_{xi}/v_i \qquad \sin\theta_i = v_{yi}/v_i$$

$$v_{xi} = v_i\cos\theta_i \qquad v_{yi} = v_i\sin\theta_i$$

$$x_f = v_{xi}t = (v_i\cos\theta_i)\,t$$

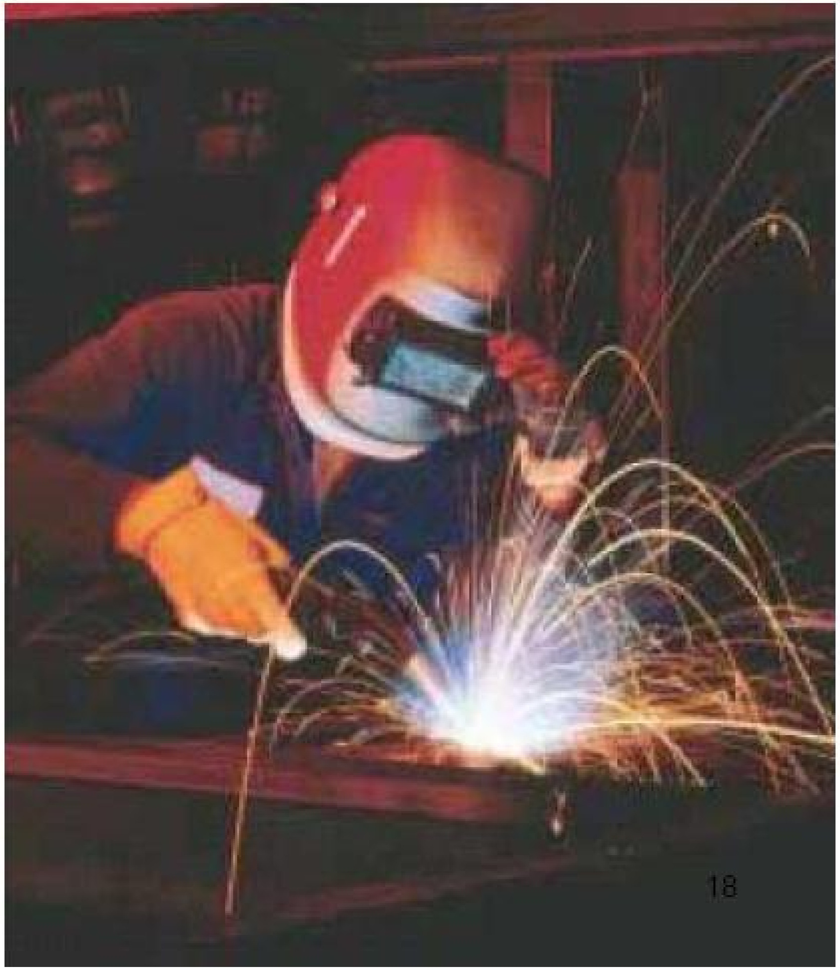
$$t = x_f/(v_i\cos\theta_i)$$

$$y_f = v_{yi}t + \tfrac{1}{2}a_y t^2 = (v_i\sin\theta_i)\,t - \tfrac{1}{2}gt^2$$

$y_i = 0$ and $a_y = -g,$

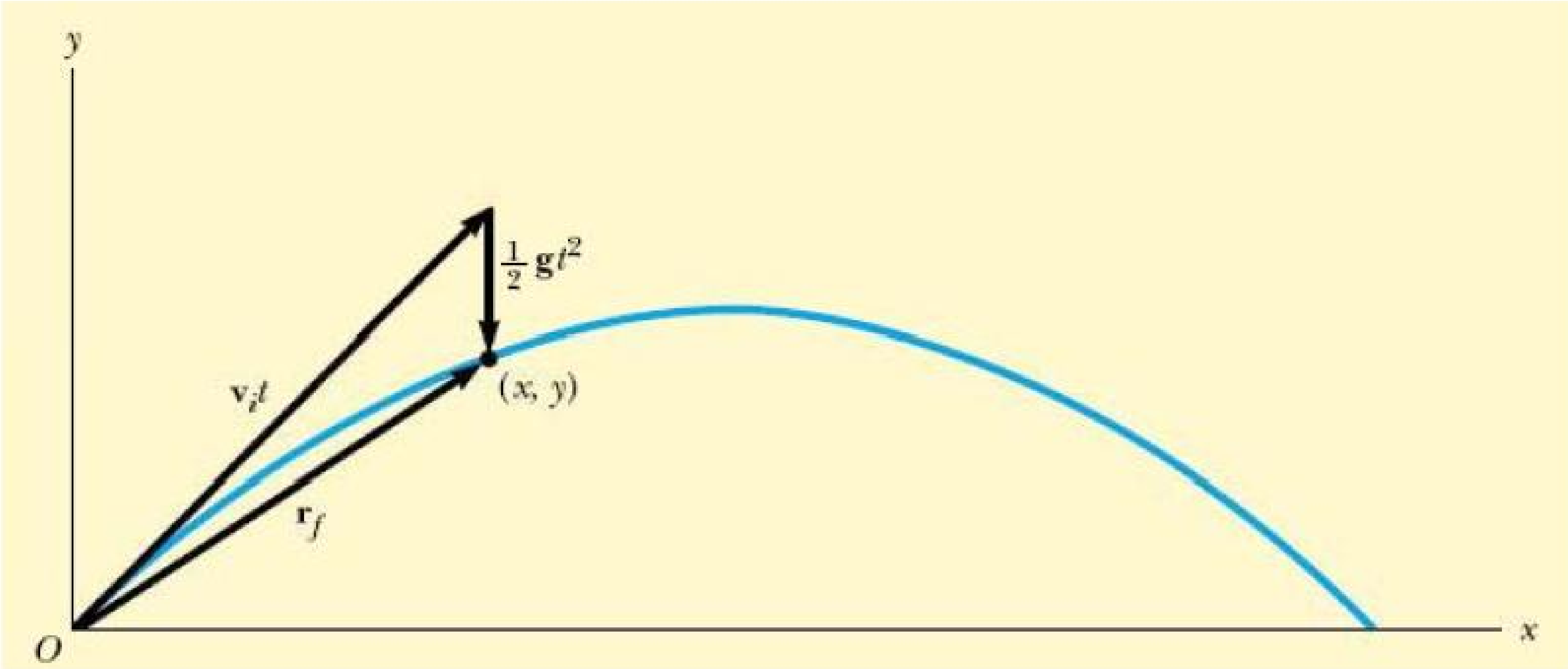
$$y = (\tan\theta_i)\,x - \left(\frac{g}{2v_i^{\,2}\cos^2\theta_i}\right)x^2$$

Eğik hareket



- Yandaki resimde metal eriten bir kaynakcı görülmektedir.

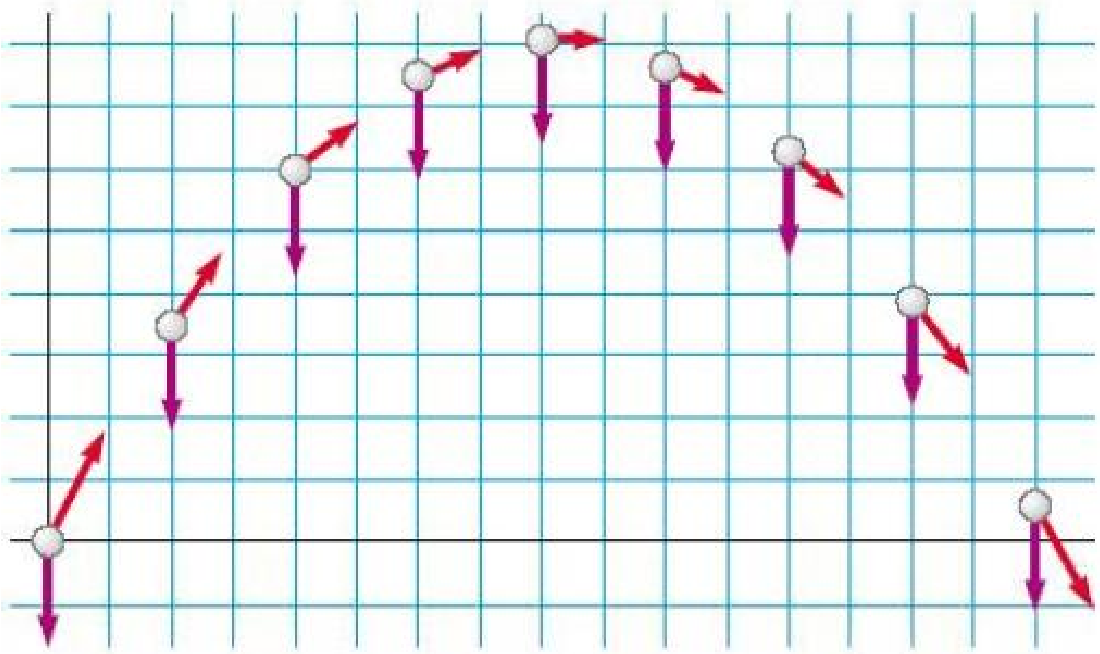
Eğik hareket



- Yatay doğrultuda sabit hızla hareket edilir,
- Düşey doğrultuda sabit ivmeli bir hareket vardır.

Eğik hareket-Örnek 1.

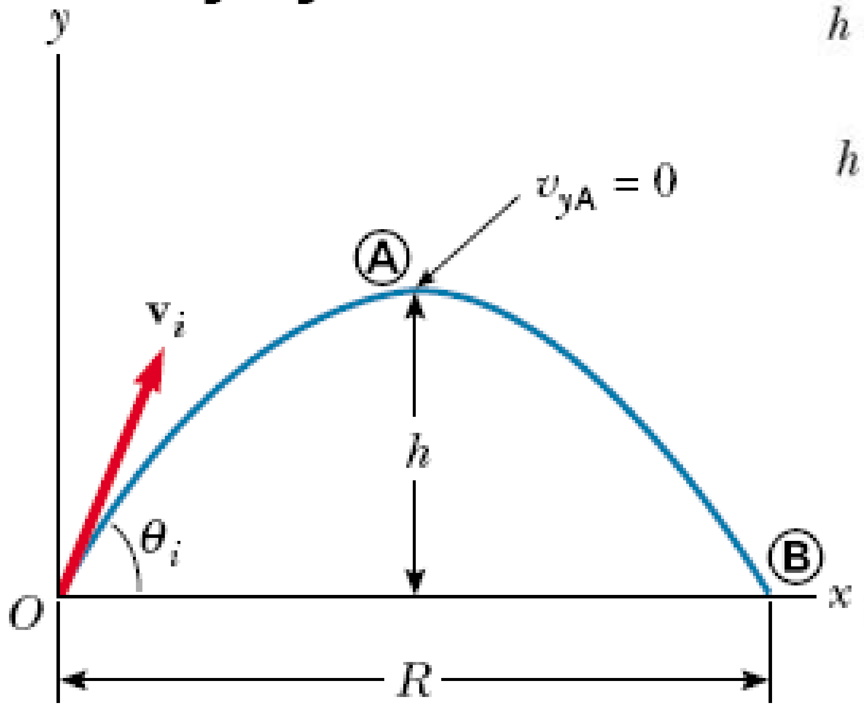
Bir cismin düşey ve yatay hız değerleri 40 m/s ve 20 m/s dir. Cismin tekrar yere düşene kadar geçen zamanı ve menzilini hesaplayınız.



$$\overset{0}{y_s} = \overset{0}{y_i} + \overset{40}{v_i} t - \frac{1}{2} \overset{9.80}{g} t^2$$

8 saniye ve 160 m

Uçuş menzili



$$\mathbf{r} = \mathbf{v}_i t + \tfrac{1}{2}\mathbf{g}t^2$$

$$h = (v_i \sin\theta_i)\frac{v_i \sin\theta_i}{g} - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_i \sin\theta_i}{g}\right)^2$$

$$h = \frac{v_i^2 \sin^2\theta_i}{2g}$$

$$v_{xi} = v_{xB} = v_i \cos\theta_i$$

$$t = 2t_A \text{ de } x_B = R$$

$$R = v_{xi}t_B = (v_i \cos\theta_i)2t_A$$

$$= (v_i \cos\theta_i)\frac{2v_i \sin\theta_i}{g} = \frac{2v_i^2 \sin\theta_i \cos\theta_i}{g}$$

$$v_{yf} = v_{yi} + a_y t$$

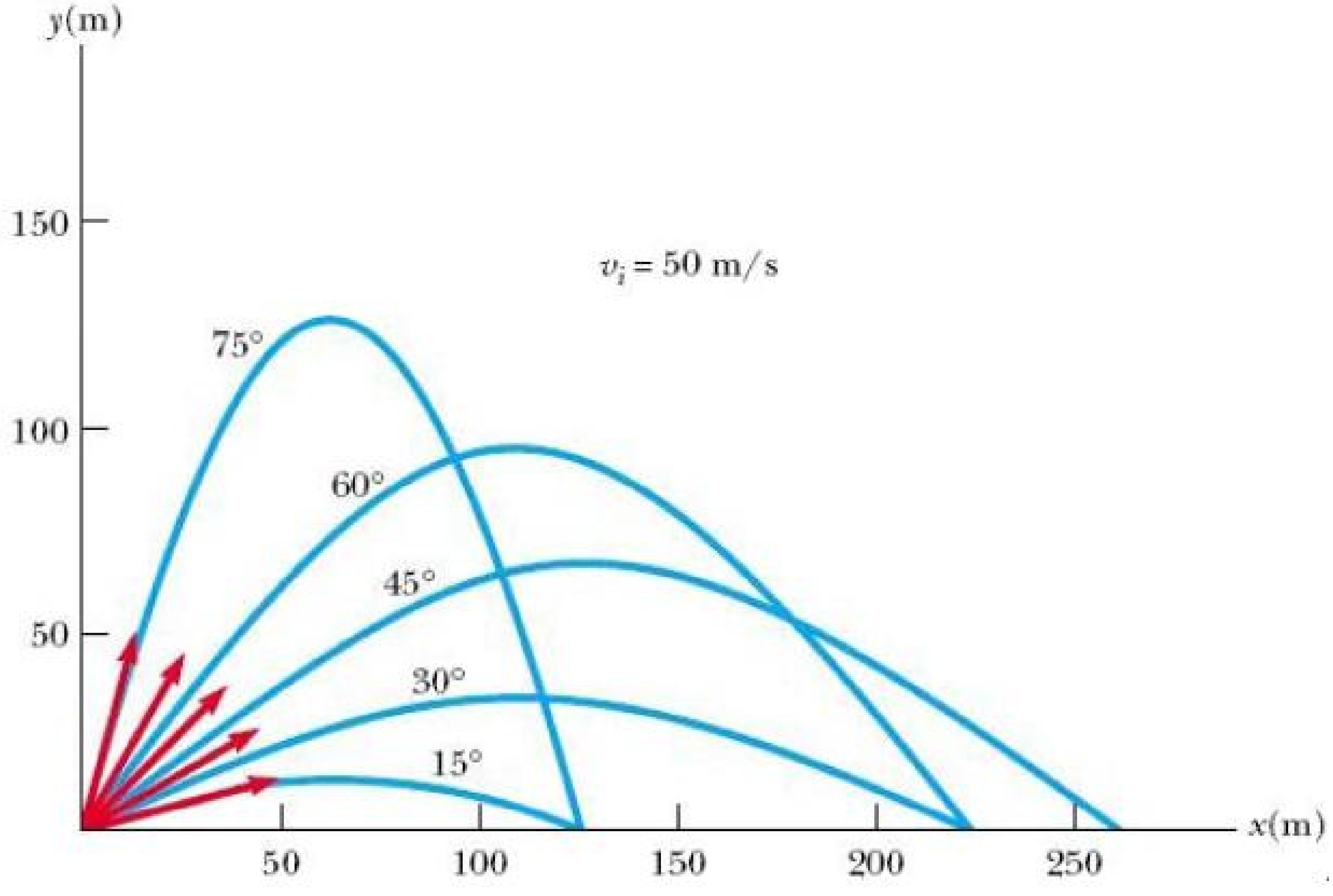
$$0 = v_i \sin\theta_i - g t_A$$

$$t_A = \frac{v_i \sin\theta_i}{g}$$

Menzil $R = \dfrac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{g}$

R is a maximum when $\theta_i = 45°$.

Örnek 4.2 Eğik hareket



EXAMPLE 4.3 The Long-Jump

A long-jumper leaves the ground at an angle of 20.0° above the horizontal and at a speed of 11.0 m/s. (a) How far does he jump in the horizontal direction? (Assume his motion is equivalent to that of a particle.)

$$x_f = x_B = (v_i \cos\theta_i) t_B = (11.0\text{ m/s})(\cos 20.0°) t_B$$

$$v_{yf} = v_{yA} = v_i \sin\theta_i - g t_A$$

$$0 = (11.0\text{ m/s}) \sin 20.0° - (9.80\text{ m/s}^2) t_A$$

$$t_A = 0.384\text{ s}$$

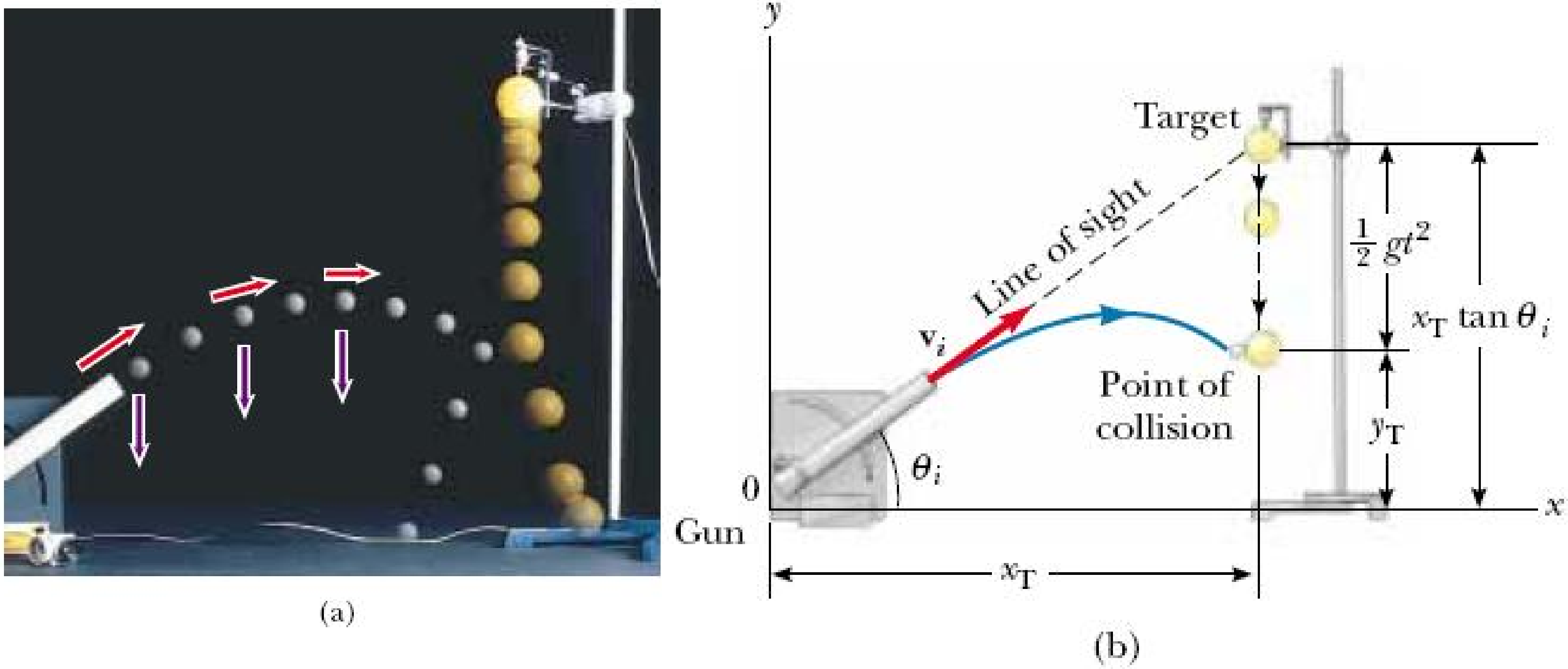
Max yükseklik v=0

$$t_B = 2t_A = 0.768\text{ s}$$

$$x_f = x_B = (11.0\text{ m/s})(\cos 20.0°)(0.768\text{ s}) = 7.94\text{ m}$$

Mike Powell, uzun atlama rekorunu kırdığı atlayışı 8.95 m dir.

Örnek 4.4-Havada çarpışma



Eğik atış

Şekildeki binanın tepesinden bir taş yatayla 30.0° açı yapacak şekilde 20.0 m/s hız ile fırlatılmaktadır. Binanın yüksekliği 45.0 m ise,

(A) Taşın yere ulaşması için geçen süre nedir?

(B) Taşın yere çarpmadan hemen önceki hızı nedir?

a)

$$v_{xi} = v_i \cos\theta_i = (20.0\ \mathrm{m/s})(\cos 30.0°) = 17.3\ \mathrm{m/s}$$

$$v_{yi} = v_i \sin\theta_i = (20.0\ \mathrm{m/s})(\sin 30.0°) = 10.0\ \mathrm{m/s}$$

$$y_f = v_{yi}t + \tfrac{1}{2}a_y t^2$$

$$y_f = -45.0\ \mathrm{m},\ a_y = -g,\ \text{and}\ v_{yi} = 10.0\ \mathrm{m/s}$$

$$-45.0\ \mathrm{m} = (10.0\ \mathrm{m/s})t - \tfrac{1}{2}(9.80\ \mathrm{m/s^2})t^2$$

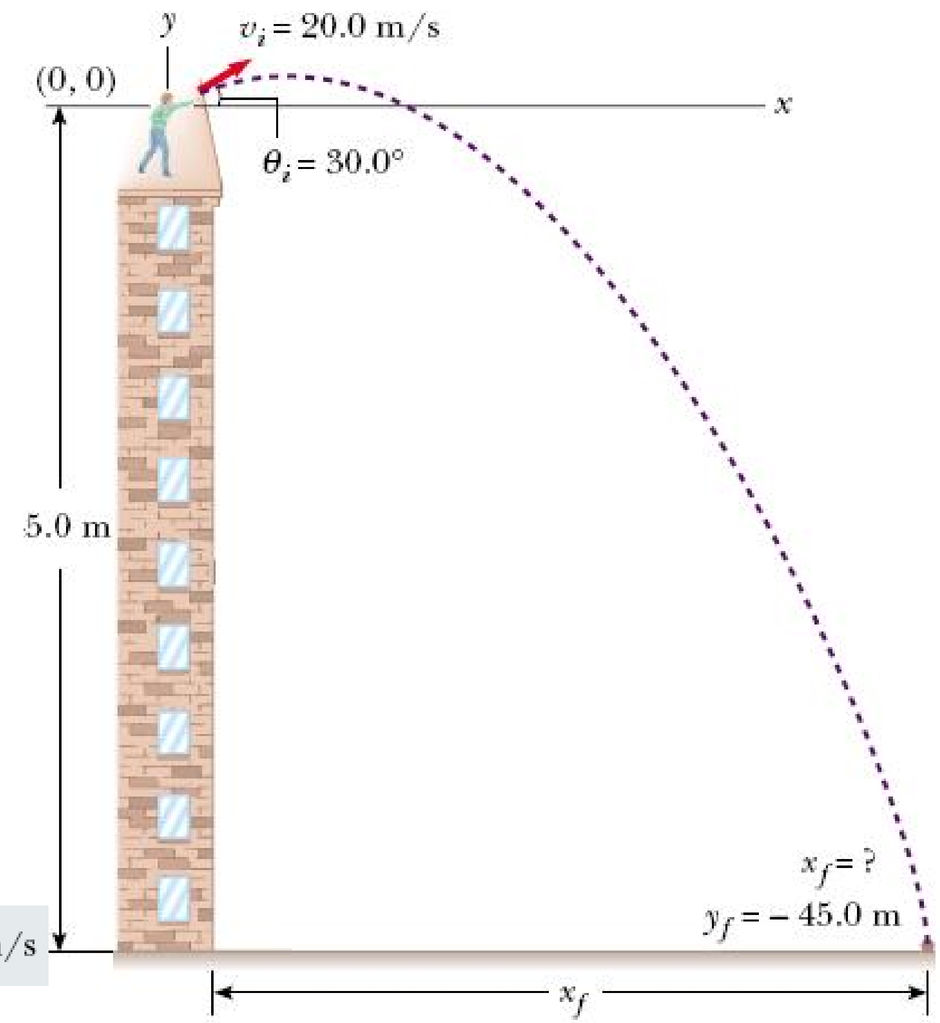
$$t = \boxed{4.22\ \mathrm{s.}}$$

b)

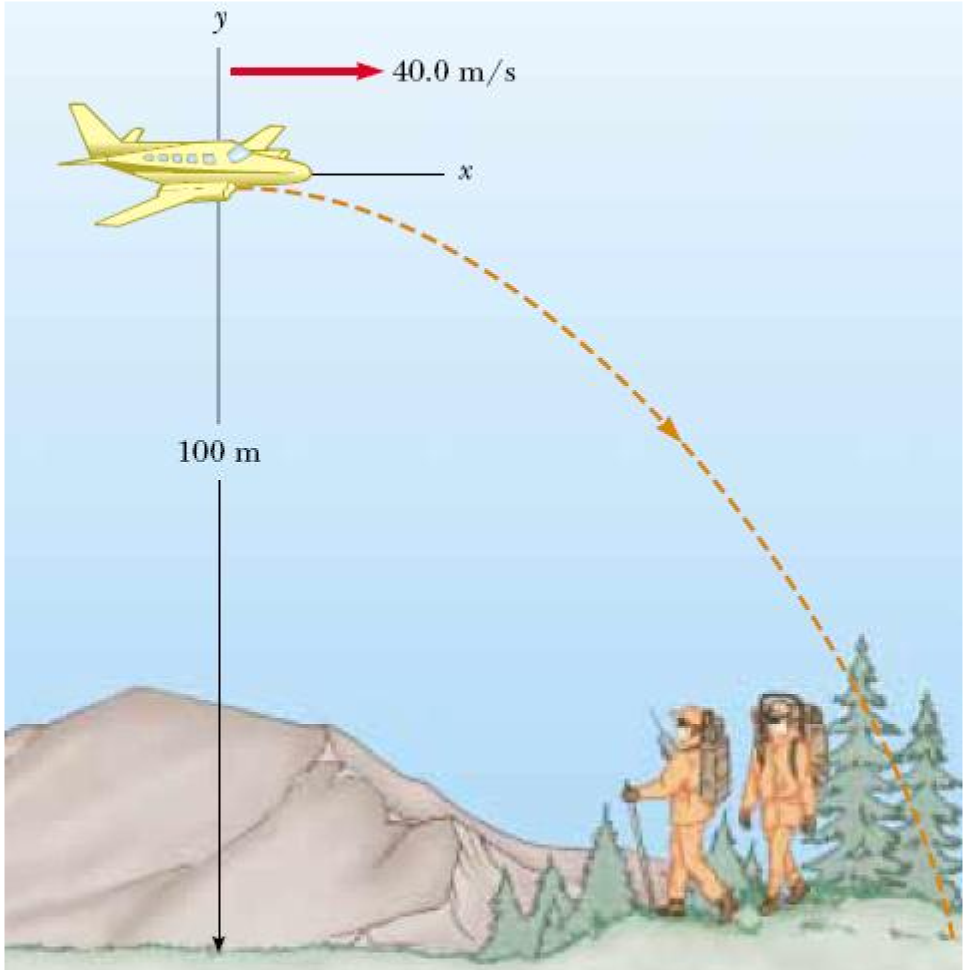
$$v_{yf} = v_{yi} + a_y t,$$

$$v_{yf} = 10.0\ \mathrm{m/s} - (9.80\ \mathrm{m/s^2})(4.22\ \mathrm{s}) = -31.4\ \mathrm{m/s}$$

$$v_f = \sqrt{v_{xf}{}^2 + v_{yf}{}^2} = \sqrt{(17.3)^2 + (-31.4)^2}\ \mathrm{m/s} = \boxed{35.9\ \mathrm{m/s}}$$



Örnek 4.5-Yardım paketi



$$y_f = -\tfrac{1}{2}gt^2$$

$$-100\ \text{m} = -\tfrac{1}{2}(9.80\ \text{m/s}^2)\,t^2$$

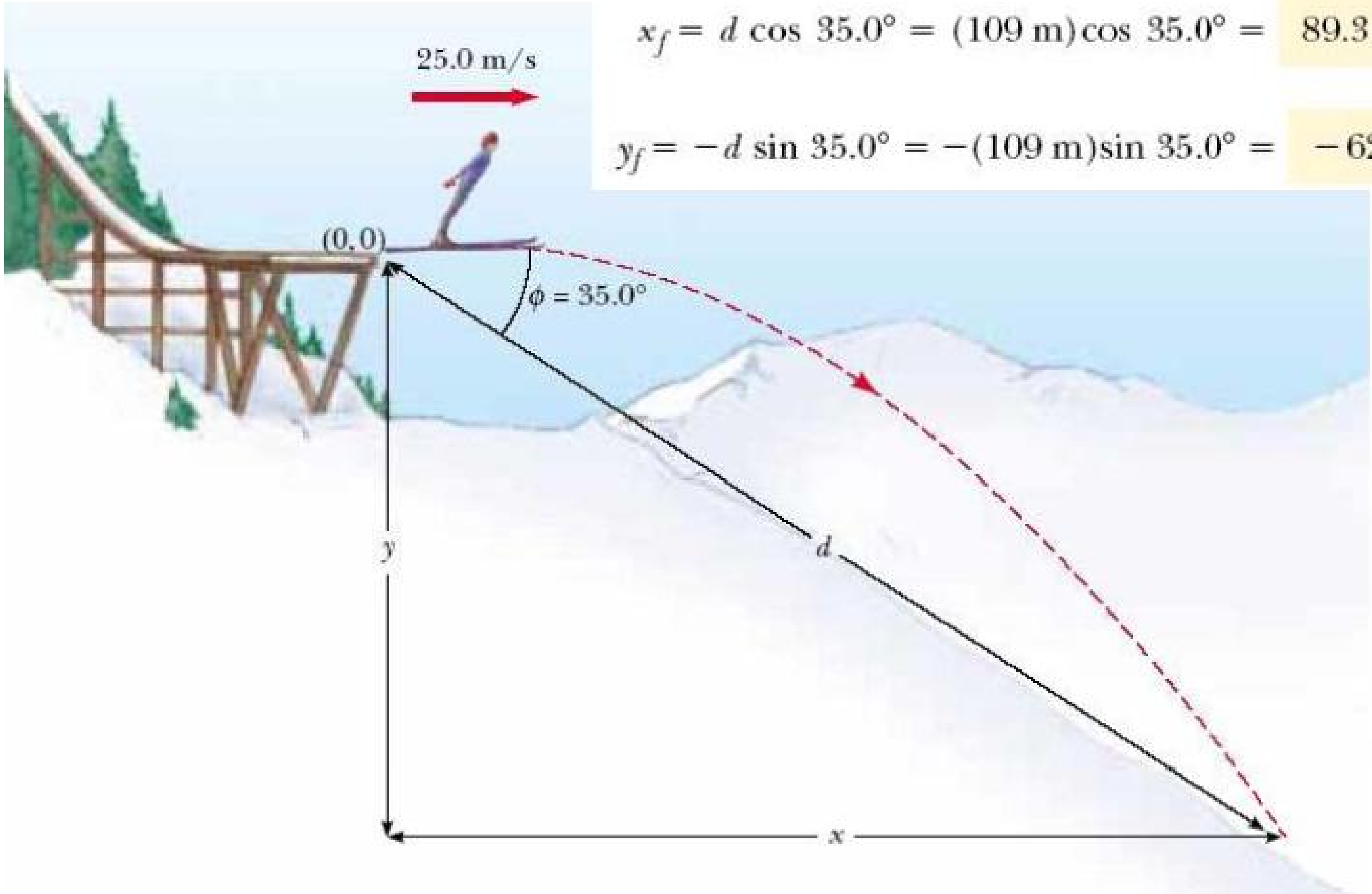
$$t = 4.52\ \text{s}$$

$$x_f = (40.0\ \text{m/s})(4.52\ \text{s}) = \boxed{181\ \text{m}}$$

Örnek 4.6-Kayakla atlama

$$x_f = d\cos 35.0° = (109\text{ m})\cos 35.0° = 89.3\text{ m}$$

$$y_f = -d\sin 35.0° = -(109\text{ m})\sin 35.0° = -62.5\text{ m}$$

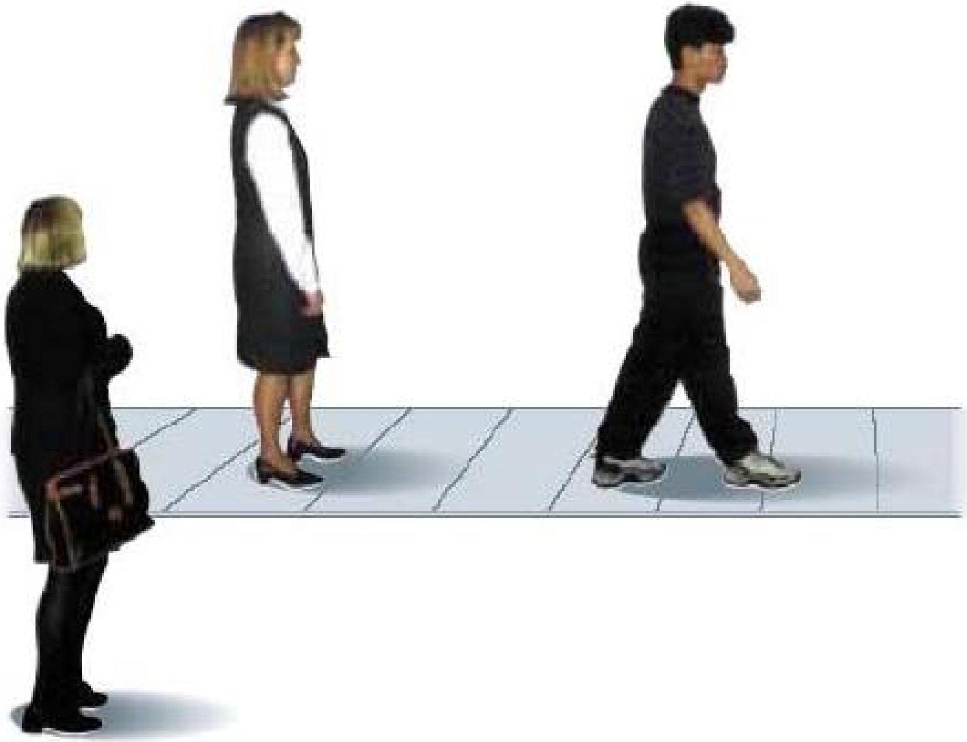


4.6 Göreli hız ve göreli ivme

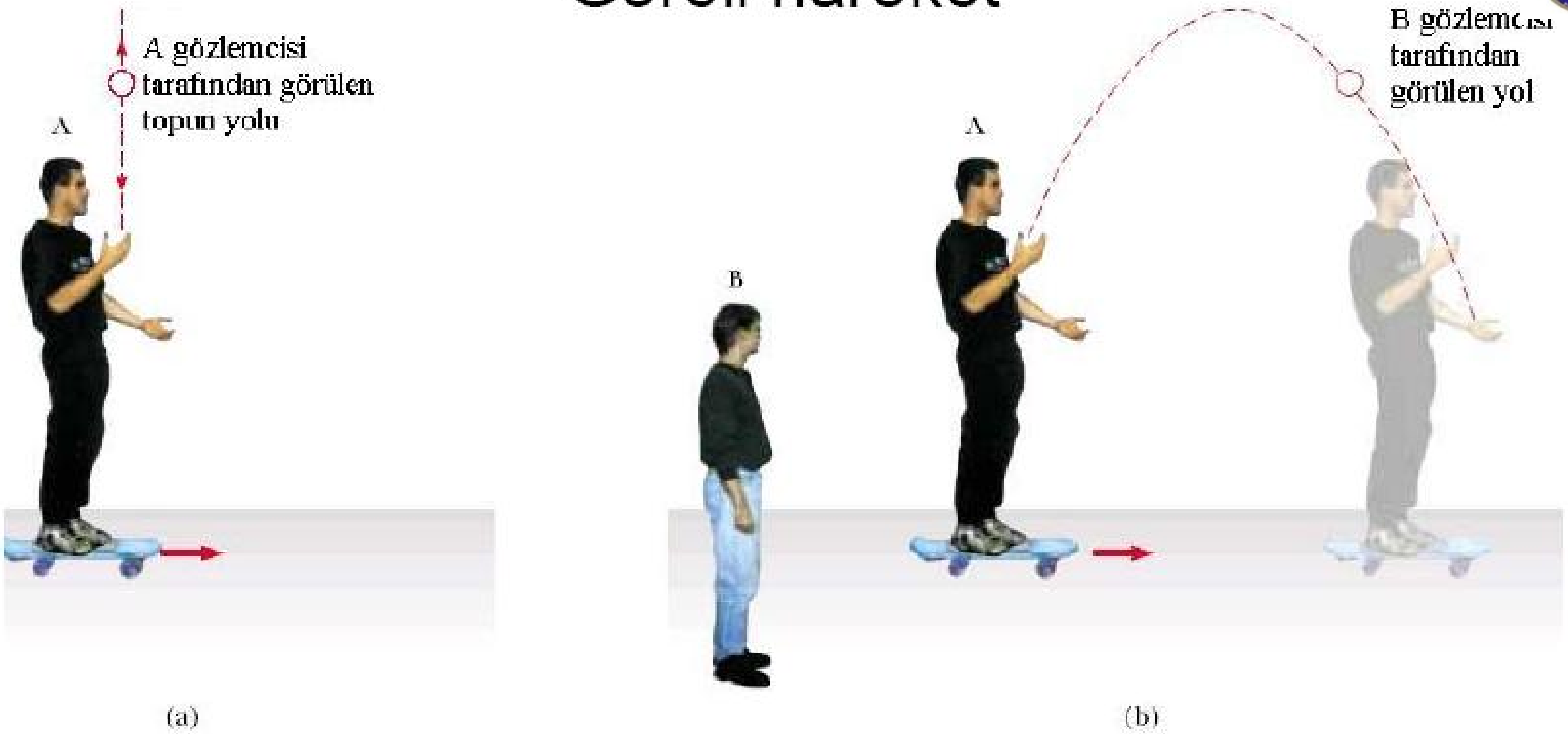
- Bu kesimde farklı gözlem çerçevesindeki gözlemcilerin birbirlerini nasıl gördükleri anlatılacaktır. Gözlemcilerin birbirlerine göre konumları, hızları ve ivmeleri nasıl olacaktır. Yani birbirlerine göre göreli hareket eden gözlemcilerin sonuçları farklı olacaktır.

Göreli hareket

Şekilde biri yürüyen merdivende diğeri yerde olan iki gözlemci yürüyen merdiven üzerindeki adamın (en sağdaki) hızını farklı ölçecektir. Yürüyen yol üzerindeki kadın adamın hızını yerde sabit duran kadına göre daha yavaş olduğunu söyler.



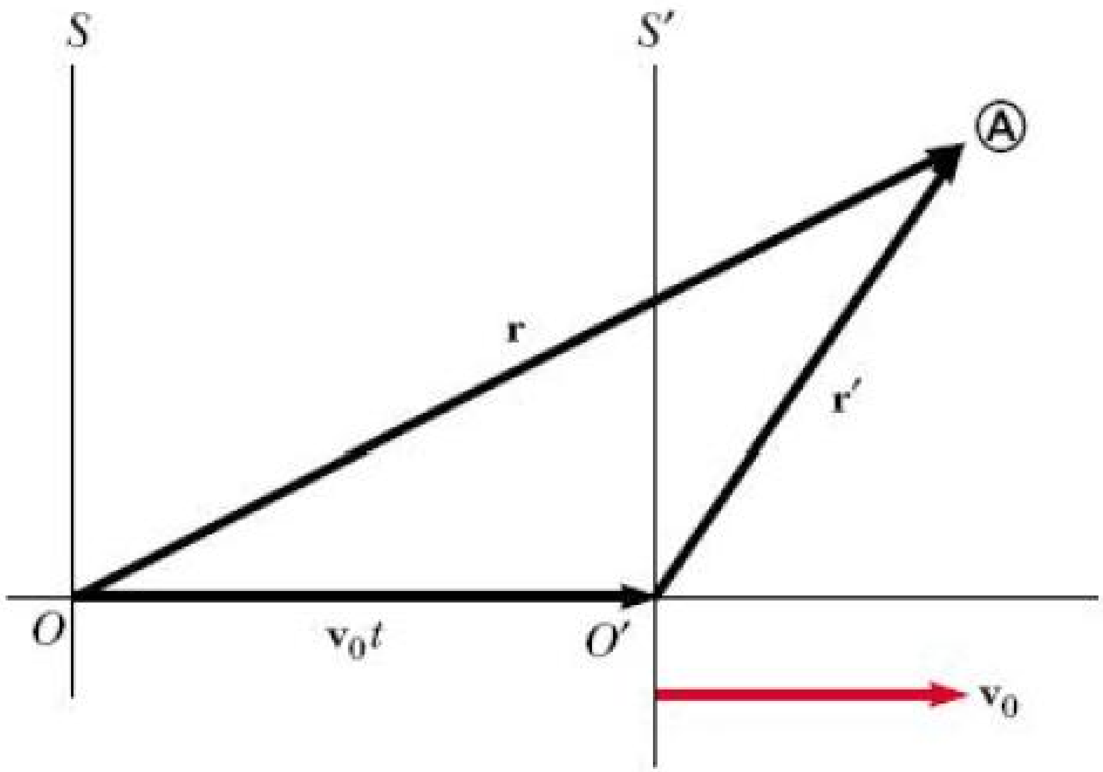
Göreli hareket



(a) Kaykay üzerinde hareket eden A kişisi topun yukarı doğru hareket ettiğini görür,

(b) Duran B gözlemcisi ise topun hareketini parabol şeklinde görür.

Göreli hareket



A noktasındaki bir cismin konumu biri sabit diğeri hareketli iki gözlemci tarafından yukarıdaki şekildeki gibi görülmektedir. Durgun çerçeve *S* ve sabit v_0 hızı olan hareketli çerçevede *S*' dür. r vektörü *S* gözlem çerçevesine göre r' vektörü ise *S*' gözlem çerçevesine göre konum vektörleridir.

Galileo eşitlikleri

Konum vektörlerinin toplamı,

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}' + \mathbf{v}_0 t$$

Konum vektörlerinin türevi alınırsa göreli hız bulunur,

$$\mathbf{r}' = \mathbf{r} - \mathbf{v}_0 t$$

$$\frac{d\mathbf{r}'}{dt} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} - \mathbf{v}_0$$

Hız vektörlerinin türevi alınırsa göreli ivme değerleri elde edilir.

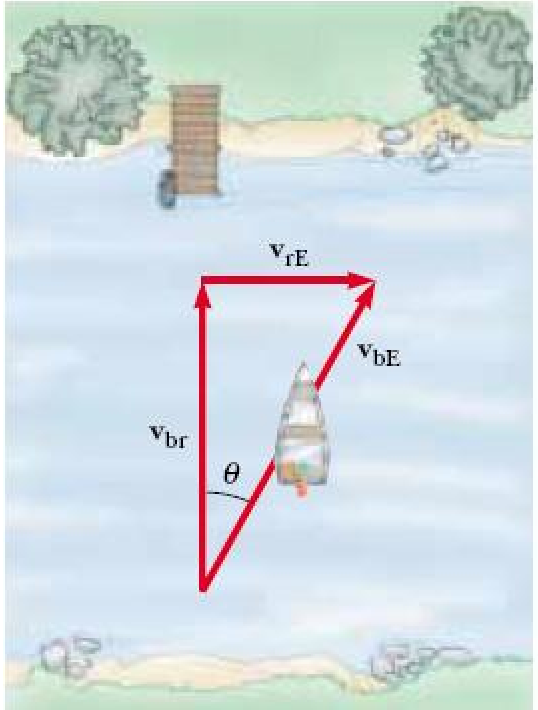
$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0$$

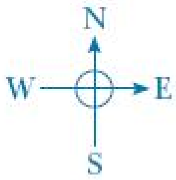
Göreli harekette ivme her gözlem çerçevesinden aynı değerde gözlenir.

$$\frac{d\mathbf{v}'}{dt} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} - \frac{d\mathbf{v}_0}{dt}$$

Örnek 4.9-Nehirde hareket

Şekildeki gibi bir bot, doğuya doğru (yere göre) sabit 5 km/saat (alt simge rE-river Earth) hızla akan bir nehir üzerinde nehire göre 10.0 km/saat (alt simge br-boat river) hızla kuzeye doğru hareket etmektedir. Botun hızını kenardaki bank üzerinde bulunan gözlemciye göre (bE-boat Earth) hesaplayınız.





$$\mathbf{v}_{bE} = \mathbf{v}_{br} + \mathbf{v}_{rE}$$

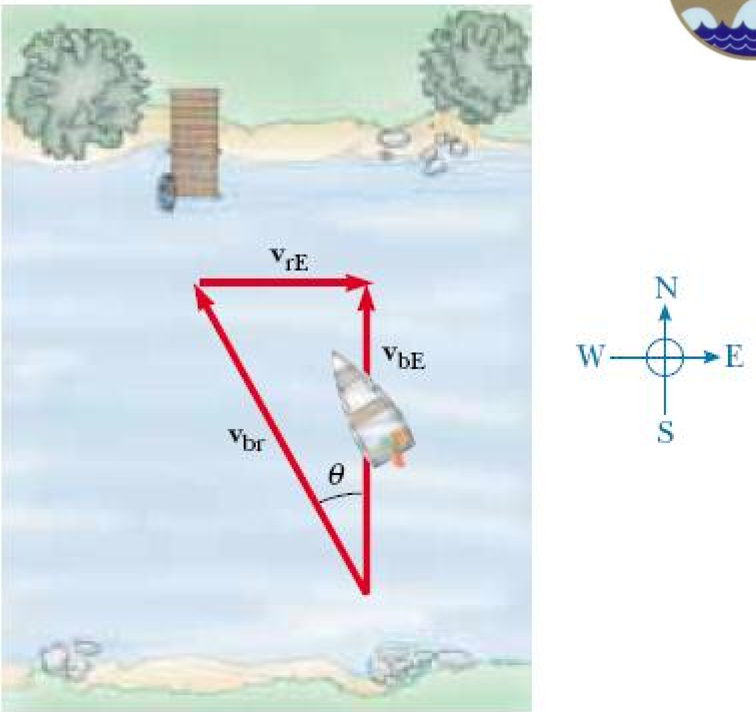
$$v_{bE} = \sqrt{v_{br}^2 + v_{rE}^2} = \sqrt{(10.0)^2 + (5.00)^2}\ \mathrm{km/h}$$

$$= 11.2\ \mathrm{km/h}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{rE}}{v_{br}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{5.00}{10.0}\right) = 26.6°$$

Örnek 4.10-Nehirde kayık

Bir önceki örnekte hareketli gözlem çerçevesi (nehir-5 km/saat) içinde yol alan kayık (10 km/saat) incelenmişti. Kayık başladığı noktanın tam karşısındaki rıhtıma çıkabilmesi için kuzey-batıya doğru kuzeyle hangi açı ile ve hızla hareketine başlamalıdır?



$$v_{br} = \sqrt{v_{bE}^2 - v_{rE}^2} = \sqrt{(10.0)^2 - (5.00)^2}\ \text{km/h} = 8.66\ \text{km/h}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{rE}}{v_{bE}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{5.00}{8.66}\right) = 30.0^\circ$$

Örnek 4.11

Bir tepede golf topuna vurulmaktadır. Golf topunun x ve y koordinatları zamana bağlı olarak aşağıdaki gibi verilmektedir:

$x = (18.0\ \text{m/s})t$ ve $y = (4.00\ \text{m/s})t - (4.90\ \text{m/s}^2)t^2$

(a) **i** ve **j** birim vektörlerini kullanarak topun konumunu yazınız.

(b) Hız vektörü **v** yi zamanın fonksiyonu olarak yazınız.

(c) İvme vektörü **a** yı zamanın fonksiyonu olarak yazınız.

(d) 3 s sonra golf topunun konumunu, hızını ve ivmesini hesaplayınız.

Örnek 4.11-Çözüm

$x = (18.0\ \text{m/s})t$ ve $y = (4.00\ \text{m/s})t - (4.90\ \text{m/s}^2)t^2$

(a) Konum vektörü

$$\mathbf{r} = x\,\mathbf{i} + y\,\mathbf{j}$$

$$= (18.0\ \text{m/s})t\,\mathbf{i} + [(4.00\ \text{m/s})t - (4.90\ \text{m/s}^2)t^2]\,\mathbf{j}$$

Şeklinde yazılabilir.

(b) Hız vektörü

$$\mathbf{v} = (18.0\ \text{m/s})\,\mathbf{i} + [(4.00\ \text{m/s}) - (9.80\ \text{m/s}^2)t]\,\mathbf{j}$$

$x = (18.0\ \text{m/s})t$ ve $y = (4.00\ \text{m/s})t - (4.90\ \text{m/s}^2)t^2$

(c) $\mathbf{a} = -(9.80\ \text{m/s}^2)\ \mathbf{j}$

(d) t = 3 s sonra konum, hız ve ivme değerleri aşağıdaki gibidir:

$\mathbf{r} = (18.0\ \text{m/s})3\ \mathbf{i} + [(4.00\ \text{m/s})3 - (4.90\ \text{m/s}^2)3^2]\ \mathbf{j}$

$= (54.0\ \text{m/s})\ \mathbf{i} - (32.1)\ \mathbf{j}$

$\mathbf{v} = (18.0\ \text{m/s})\ \mathbf{i} - (25.4)\ \mathbf{j}$

$\mathbf{a} = -(9.80\ \text{m/s}^2)\ \mathbf{j}$

Örnek 4.12-Göreli hareket

Corvette ki Ali $\mathbf{v}_{Ali}$ = (3.00**i** – 2.00**j**) m/s^2 ile ivmelenmektedir. Jaguardaki Ayşe ise $\mathbf{v}_{Ayşe}$ = (1.00**i** + 3.00**j**) m/s^2 ifadesi ile ivmelenmektedir. Her ikiside düzlemsel xy koordinat sisteminin orijininden durgun halden harekete başladıklarına göre 5.00 s sonra aşağıdakileri hesaplayınız:

(a) Ali nin Ayşeye göre hızını,

(b) Ali ile Ayşe arasındaki uzaklığı ve

(c) Ali nin Ayşeye göre ivmesini hesaplayınız.

Örnek 4.12-Göreli hareket

Yer-kayık-nehir dikkate alınarak yer-Ali-Ayşe şeklinde düşünülebilir.

$\mathbf{a}_{Ali}$ = (3.00**i** – 2.00**j**) m/s^2

$\mathbf{a}_{Ayşe}$ = (1.00**i** + 3.00**j**) m/s^2

t = 5.00 s

(a) Ali nin Ayşeye göre hızı,

$\mathbf{v}_{Ali}$ = ((3.00**i** – 2.00**j**) m/s^2)·t = 5·(3.00**i** – 2.00**j**) m/s = (15.00**i** – 10.00**j**) m/s

$\mathbf{v}_{Ayşe}$ = ((1.00**i** + 3.00**j**) m/s^2)·t = 5·(1.00**i** + 3.00**j**) m/s = (5.00**i** + 15.00**j**) m/s

$\mathbf{v}_{Ali} - \mathbf{v}_{Ayşe}$ = (15.00**i** – 10.00**j**) – (5.00**i** + 15.00**j**) = (10.00**i** – 25.00**j**) m/s

Örnek 4.12-Göreli hareket

$\mathbf{a}_{Ali} = (3.00\mathbf{i} - 2.00\mathbf{j})\ m/s^2$

$\mathbf{a}_{Ayşe} = (1.00\mathbf{i} + 3.00\mathbf{j})\ m/s^2$

$t = 5.00\ s$

(b) Ali ile Ayşe arasındaki uzaklığı ve

$\mathbf{r}_{Ali} = (½)((3.00\mathbf{i} - 2.00\mathbf{j})\ m/s^2)\cdot t^2 = (25/2)\cdot(3.00\mathbf{i} - 2.00\mathbf{j})\ m = (37.50\mathbf{i} - 25.00\mathbf{j})\ m$

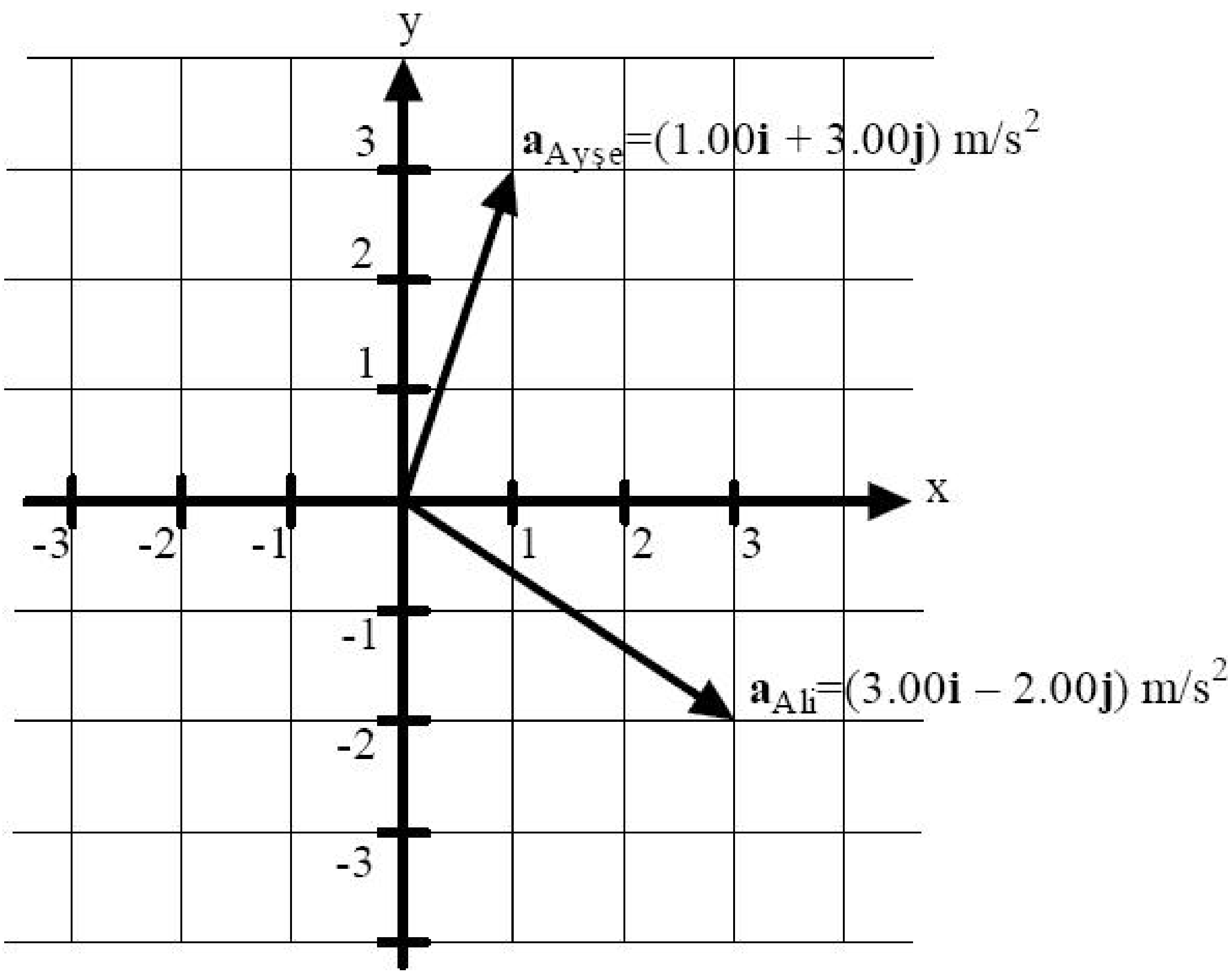
$\mathbf{r}_{Ayşe} = (½)\ ((1.00\mathbf{i} + 3.00\mathbf{j})\ m/s^2)\cdot t^2 = (25/2)\cdot(1.00\mathbf{i} + 3.00\mathbf{j})\ m = (12.50\mathbf{i} + 37.50\mathbf{j})\ m$

$\mathbf{r}_{Ali} - \mathbf{r}_{Ayşe} = (37.50\mathbf{i} - 25.00\mathbf{j}) - (12.50\mathbf{i} + 37.50\mathbf{j}) = (25.00\mathbf{i} - 62.50\mathbf{j})\ m$

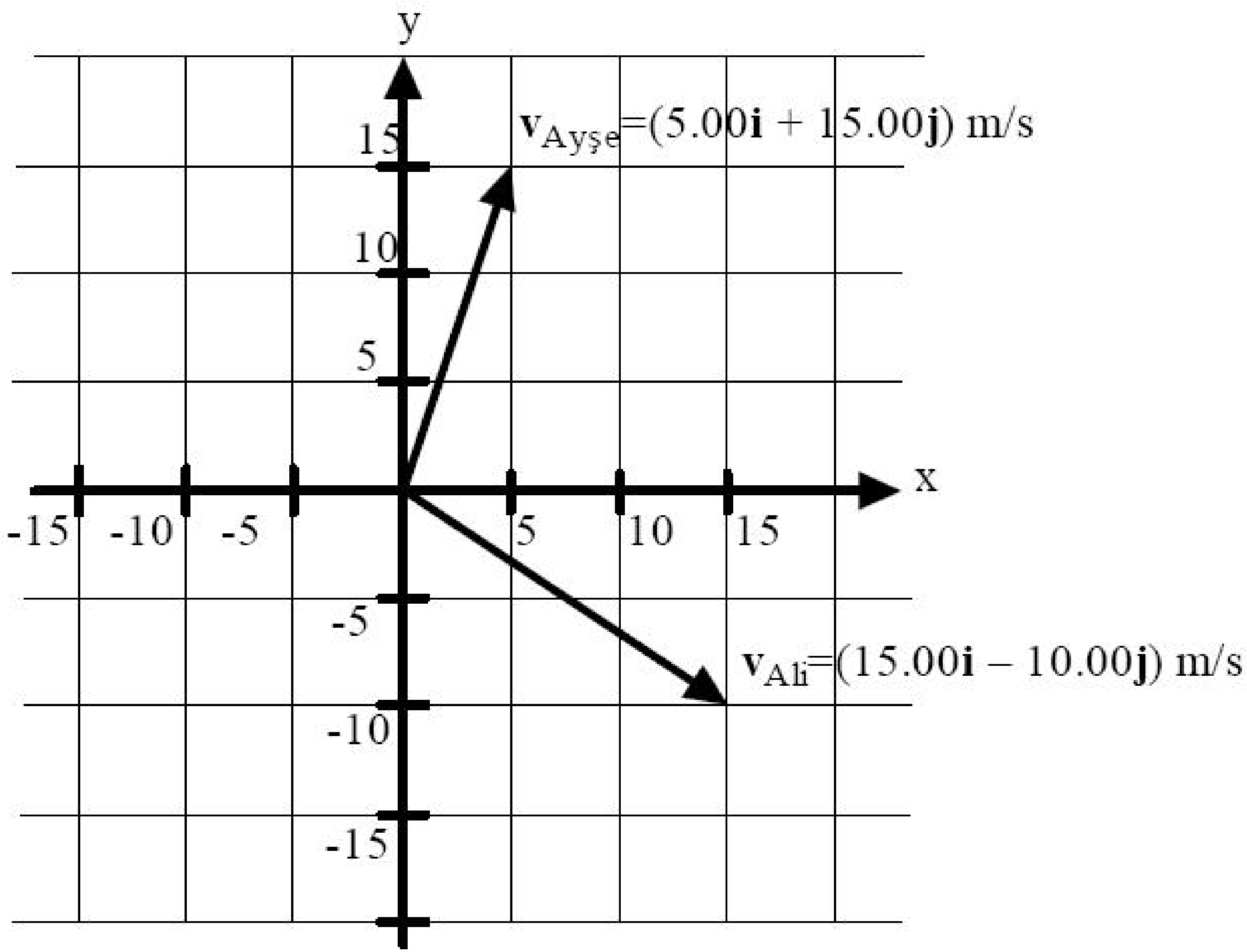
(c) Ali nin Ayşeye göre ivmesini hesaplayınız.

$\mathbf{a}_{Ali} - \mathbf{a}_{Ayşe} = (3.00\mathbf{i} - 2.00\mathbf{j})\ m/s^2 - (1.00\mathbf{i} + 3.00\mathbf{j})\ m/s^2 = (2.00\mathbf{i} - 5.00\mathbf{j})\ m/s^2$

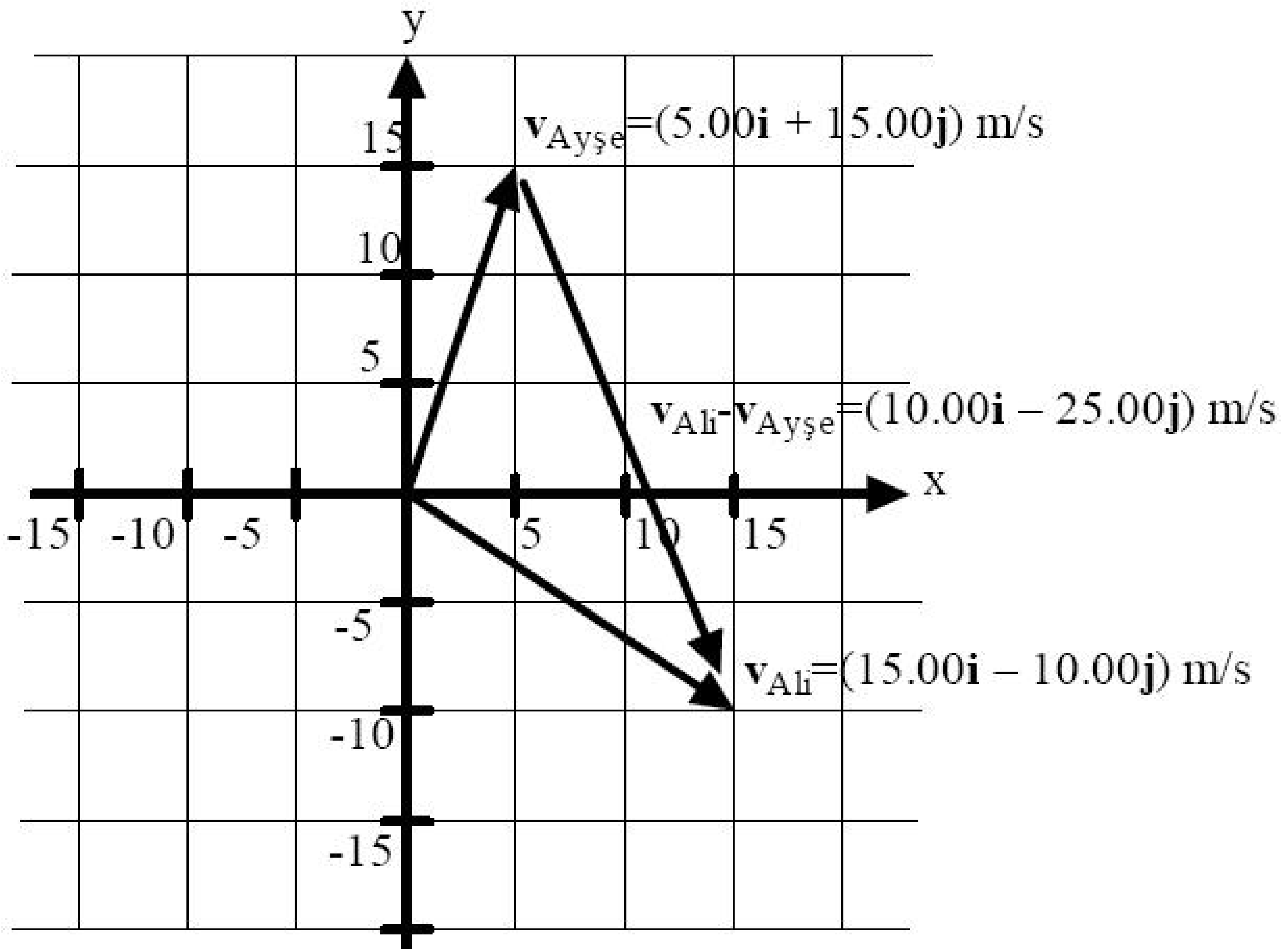
Örnek 4.12 İvme vektörleri



Örnek 4.12 Hız vektörleri



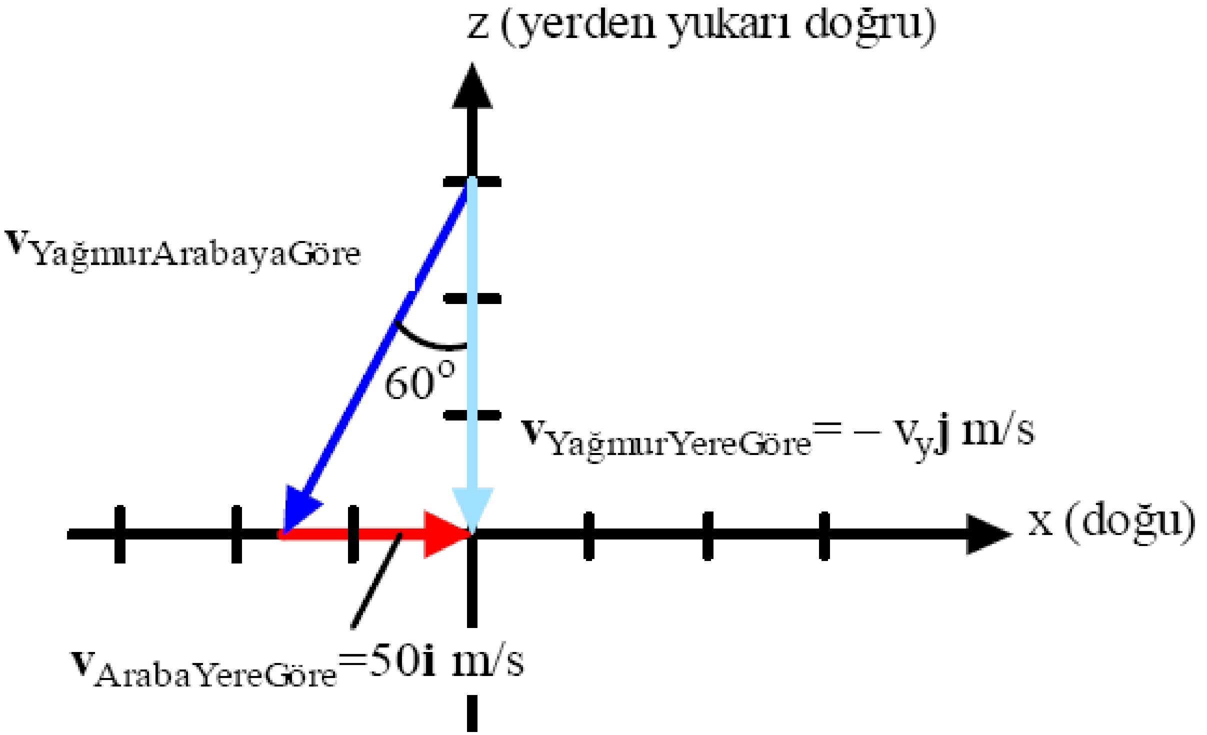
Örnek 4.12 Ali nin Ayşe ye göre hızı



Örnek 4.13 Yağmur damlası

Bir araba doğuya doğru 180 km/saat süratle ilerlemektedir. Yağmur damlalarının yere göre sabit süratle düştüklerini kabul ediniz. Yan cama düşen bir yağmur damlasının düşeyle 60.0° lik bir açı yapıyorsa yağmur damlasının hızını

(a) arabaya göre ve
(b) yere göre hesaplayınız.



(a)Yer-kayık-nehir dikkate alınarak yer-araba-yağmur şeklinde düşünülebilir. Yağmurun arabaya göre hızı

$\mathbf{v}_{YağmurYereGöre} + \mathbf{v}_{ArabaYereGöre} = -v_y\mathbf{j} + 50.0\mathbf{i}$ m/s şeklindedir.

$= -28.9\mathbf{j} + 50.0\mathbf{i}$ m/s olarak bulunur.

(b) $\tan 60° = v_y / v^{-1}_{ArabaYereGöre}$ $1.73 = 50 / v_y$ den $v_y = 28.9$ m/s

yağmurun yere göre düşey hızı $v_y = 28.9$ m/s

Örnek 4.14 Nehirde yüzmek

Bir nehir sabit 0.500 m/s süratle akmaktadır. Bir kişi bu nehir içinde nehir akıntısına karşı 1.00 km yüzüp daha sonra akıntı yönünde başlangıç noktasına dönüyor. Yüzücü 1.20 m/s lik sabit süratle yüzüyorsa başlangıç noktasına dönmesi ne kadar sürer? Nehirin akmadığı düşünülürse bu süre ne kadar olurdu?

Akıntıya ters yönde = $\mathbf{v}_{Yüzücü} - \mathbf{v}_{Nehir}$ yerine

$$v_{Yüzücü} - v_{Nehir} = 1.2 – 0.5 = 0.7 \text{ m/s dir.}$$

Yüzücü bu hızla 1 km akıntıya ters yönde yüzerse

geçen süre = 1000 m / 0.7 m/s = 1428.6 s

Akıntı ile aynı yönde = $\mathbf{v}_{Yüzücü} + \mathbf{v}_{Nehir}$ yerine

$$v_{Yüzücü} + v_{Nehir} = 1.2 + 0.5 = 1.7 \text{ m/s dir.}$$

Yüzücü bu hızla 1 km akıntı ile aynı yönde yüzerse

geçen süre = 1000 m / 1.7 m/s = 588.2 s

Toplam geçen süre = 2016.8 s veya 33.6 dakika bulunur.

Su durgunsa 1666.7 s=27.8 dak