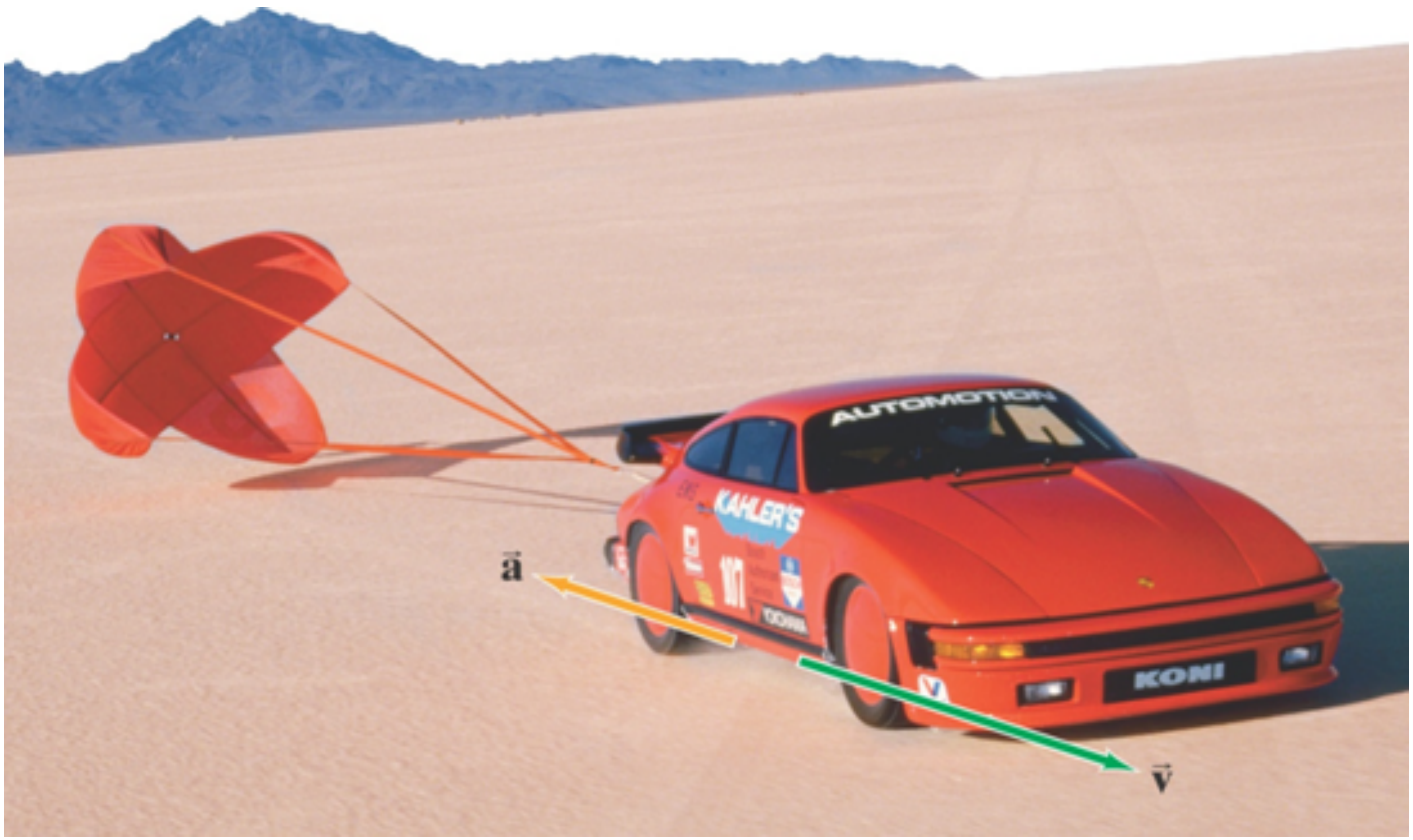
FİZİK I - Mekanik

Dr. Öğr. Üyesi Emine Gürpınar Güler

egguler@ktun.edu.tr
emine.gurpinar@gmail.com

Ders Kitabı: “**Physics for Scientists and Engineers**” by *R. A. Serway* & J. W. Hewe4

TEK BOYUTTA HAREKET



Bu derste;

1) Konum (Yerdeğiştirme), Hız ve Sürat
2) Ani Hız ve Sürat
3) İvme
4) Hareket Diyagramları
5) Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket
6) Serbest Düşen Cisimler

Tek Boyutta Hareket

Klasik mekaniğe girişte cisimlerin hareketinin uzaya ve zamana bağlı olarak incelenir. Klasik mekaniğin bu kısmına KİNEMATİK denir. Bu bölümde sadece tek boyutta yani doğru bir çizgi üzerindeki hareketle ilgilenilecektir. Önce konum, yer değiştirme, hız ve ivme kavramları tanımlanacaktır. Daha sonra bu kavramlar kullanılarak nesnelerin sabit ivme ile hareketleri incelenecektir.

Günlük hayattan bir nesnenin hareketini sürekli yer değiştirmesi şeklinde anlarken, Fizik'te bu hareketler;

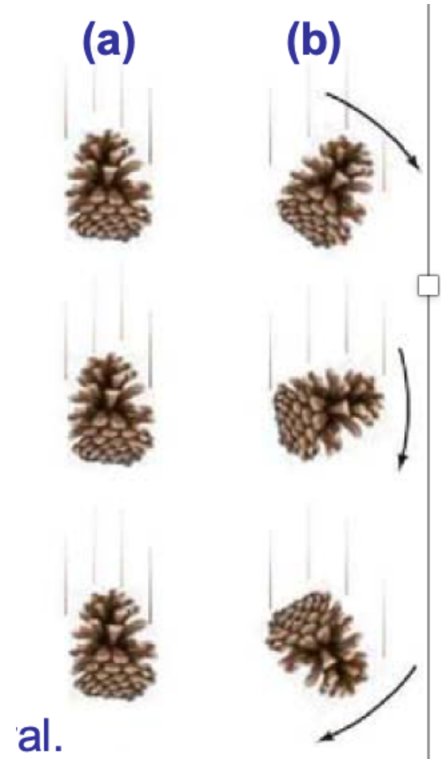
Öteleme
Dönme
Titreşim

hareketleri şeklinde sınıflandırılabilir.
Örnek:
Yokuş aşağıya inen bir arabanın hareketi---ötelenme hareketi
Dünyanın kendi ekseni etrafında dönmesi----dönme hareketi
İleri geri sallanan bir sarkacın hareketi—Titreşim hareketi

X

Bu ve sonraki bölümlerde ötelenme hareketi incelenecektir. Ötelenme hareketi incelerken hareket eden cismin büyüklüğüne bakılmaksızın bir parçacık olarak ele alacağız.

Parçacık terimi ile çok küçük, noktasal bir kütleyi anlayacağız.



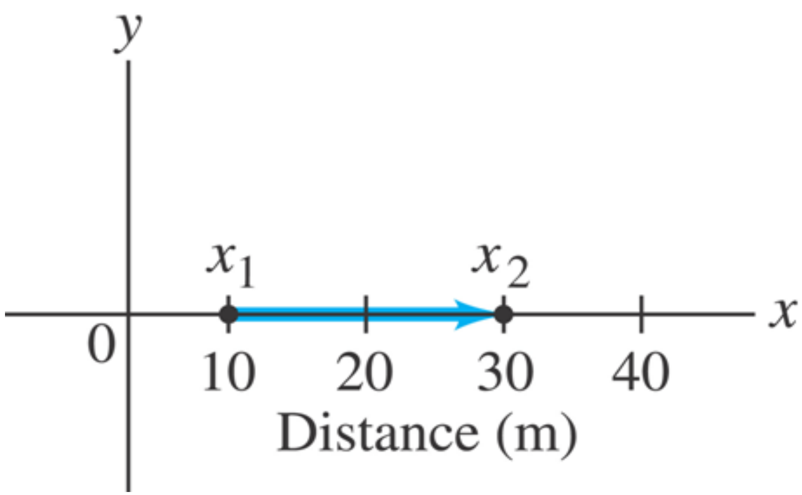
Yerdeğiştirme

Bir parçacığın konumundaki değişim onun **yerdeğiştirme**si olarak tanımlanır. x_i başlangıc konumundan x_s son konumuna hareket eden parçacığın yerdeğiştirmesi

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

Yerdeğiştirme vektörel bir niceliktir.

Pozitif **yerdeğiştirme**

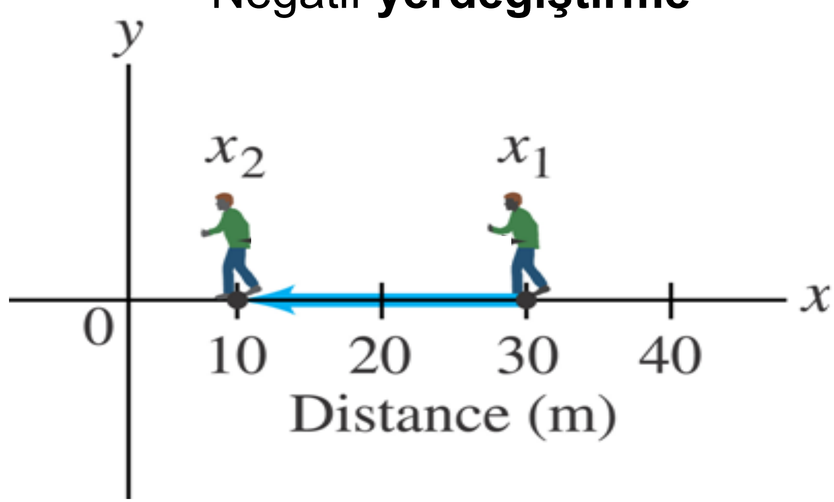


$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$= 30 \text{ m} - 10 \text{ m}$$

$$= 20 \text{ m}$$

Negatif **yerdeğiştirme**



$$\Delta x = x_2 - x_1$$

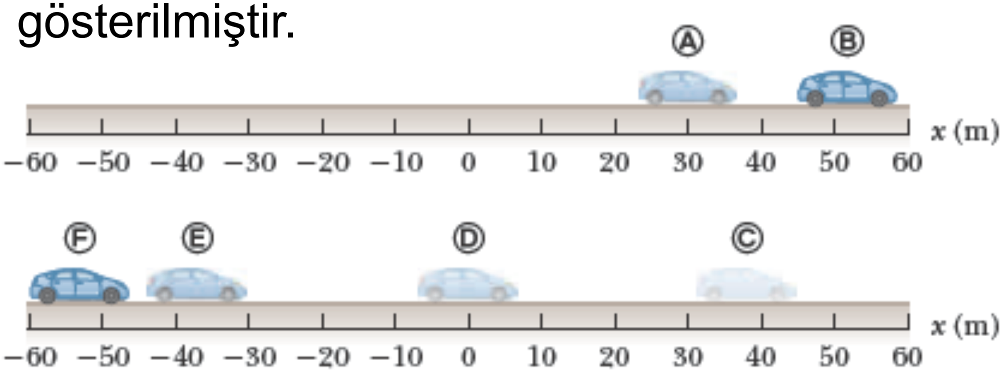
$$= 10 \text{ m} - 30 \text{ m}$$

$$= -20 \text{ m}$$

Konum, Hız ve Sürat

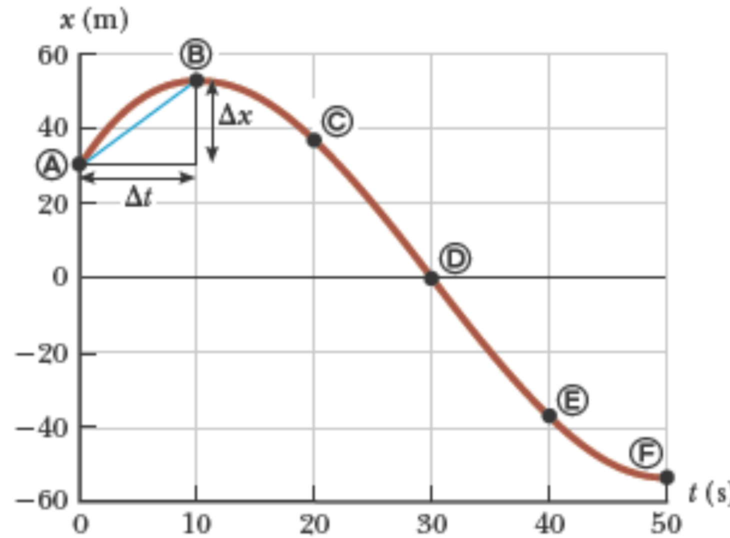
Bir parçacığın konumu, seçilen koordinat sistemi referansına yerinin belirlenmesidir. (a) daki şekilde arabaların konumu, x ekseni boyunca ileri - geri hareket ederken bir başlangıç veya orijine göre belirlenmektedir. (b) de ise araç hareketinin konum zaman grafiği gösterilmiştir.

Konum	t (s)	x (m)
Ⓐ	0	30
Ⓑ	10	52
Ⓒ	20	38
Ⓓ	30	0
Ⓔ	40	−37
Ⓕ	50	−53



Hareket eden parçacığın aldığı yol ile yer değiştirmesi aynı değildir.!!!!

a



b

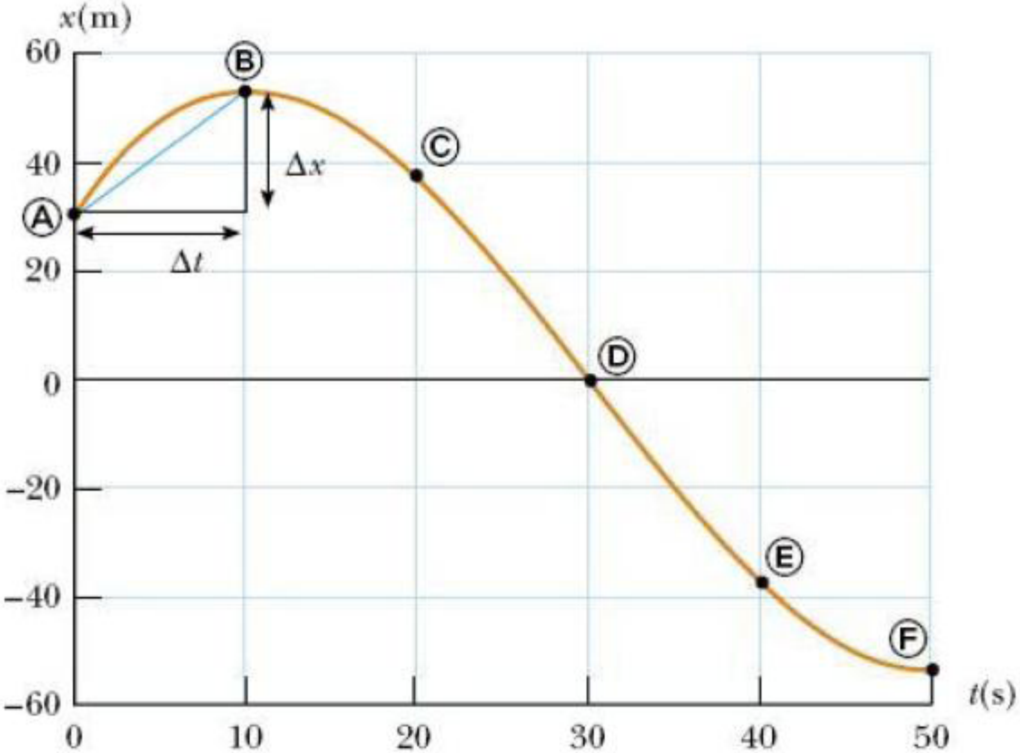
Bir beyzbol oyuncusunun yaptığı vuruşdan sonra saha etrafında bir tur atarak tekrar vuruş yaptığı yere gelmesi sonucunda aldığı yol 110 metredir. Fakat yerdeğiştirmesi x_s, x_i ye eşit oldugundan 0 dır.

Bir parçacığın **ortalama hızı**, parçacığın yer değiştirmesinin, bu yer değiştirme süresine oranı olarak tanımlanır.

$$\overline{v_x} \equiv \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Buradaki x indeksi hareketin x ekseni boyunca olduğunu gösterir. Parçacığın yer değiştirmesinin bu yer değiştirme için geçen süreye oranını ortalama hız olarak tanımlayabiliriz. Birimi metre / zaman şeklindedir.

Ortalama hız pozitif yada negatif olabilir. Bu tamamen yer değiştirmenin işaretine bağlıdır. Zaman aralığı Δt daima pozitiftir. Parçacığın koordinatları ilerleyen zamanla birlikte artıyorsa (yani $x_s > x_i$) o zaman Δx pozitiftir, dolayısı ile $\Delta x / \Delta t$ de pozitif olur. Hareket de pozitif x ekseninde olur. Eğer parçacığın konumu ilerleyen zamanla birlikte azalıyorsa (yani $x_s < x_i$), o zaman Δx negatiftir yani ortalama hız negatiftir. Bu durum hareketin negatif x yönünda olduğunu gösterir.



Parçacığın konum-zaman grafiği

Parçacığın yer değiştirmesi;

$\Delta x = x_s - x_i$

x_s : Son konum

x_i : İlk konum

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

Bir önceki grafikte ilk konum A noktasındaki konum 30 m, son konum yani B deki konum ise 52 m dir. Yer değiştirme 52 – 30 = 22 m olup bu yer değiştirme için geçen süre ise 10 saniyedir. Bu durumda ortalama hız 22 / 10 = 2,2 m / sn dir.

Ortalama Sürat

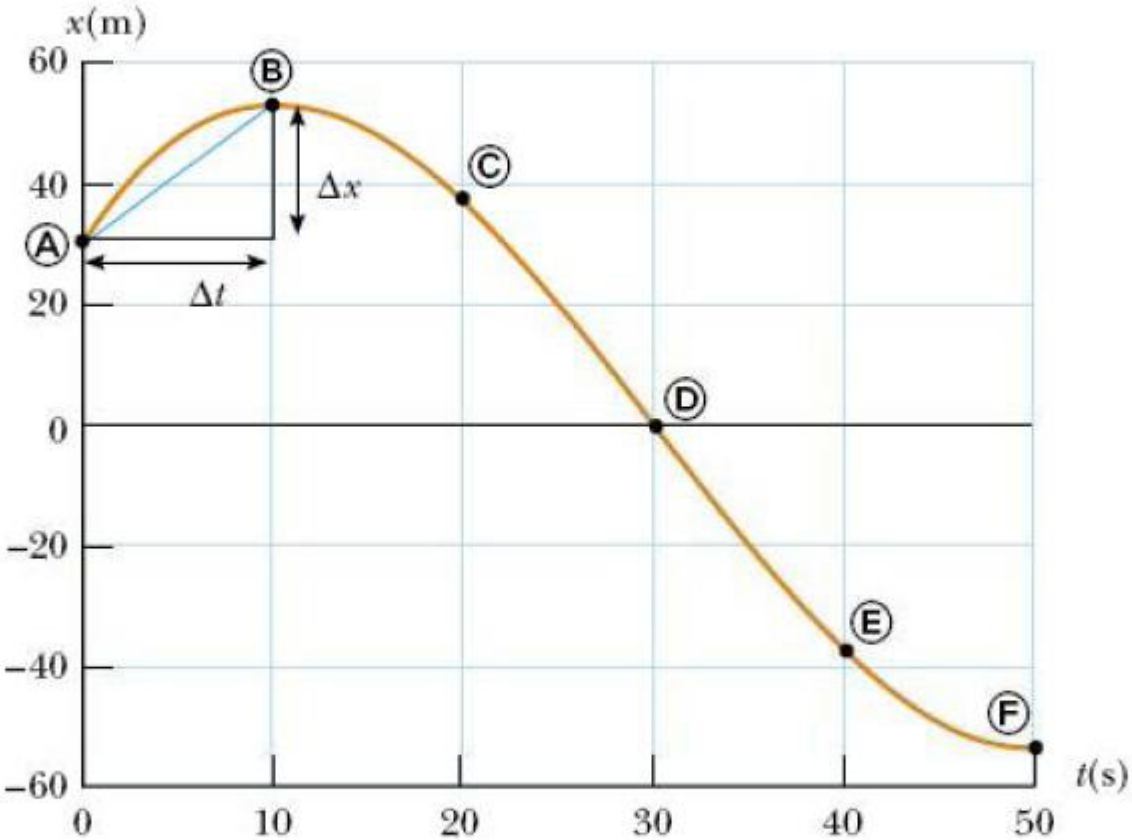
Skaler bir nicelik olan bir parçacığın ortalama sürati, alınan toplam yolun gecen toplam süreye oranıdır.

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

Ortalama süratın SI sisteminde birimi, ortalama hızın birimiyle aynıdır. m/s ile verilir.

Ortalama sürat, bize hareketin ayrıntılarıyla ilgili bilgi vermez. Örneğin arabanız 280 km lik bir yolu 8 saatte aldığını varsayalım. Bu saat boyunca ortalama suratınız 35 km/saat tir. Fakat seyahatiniz boyunca muhtemelen farklı süratlerde yol aldınız. Dolayısıyla ortalama süratiniz olan 35 km/saat değerinin çok sayıda değişik sürat değerinden olduğu açıktır.

A – F noktaları arasındaki ortalama hız ve sürat



yerdeğiştirme

$\Delta x = x_F - x_A$

$= -53 - 30 = -83$ m

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

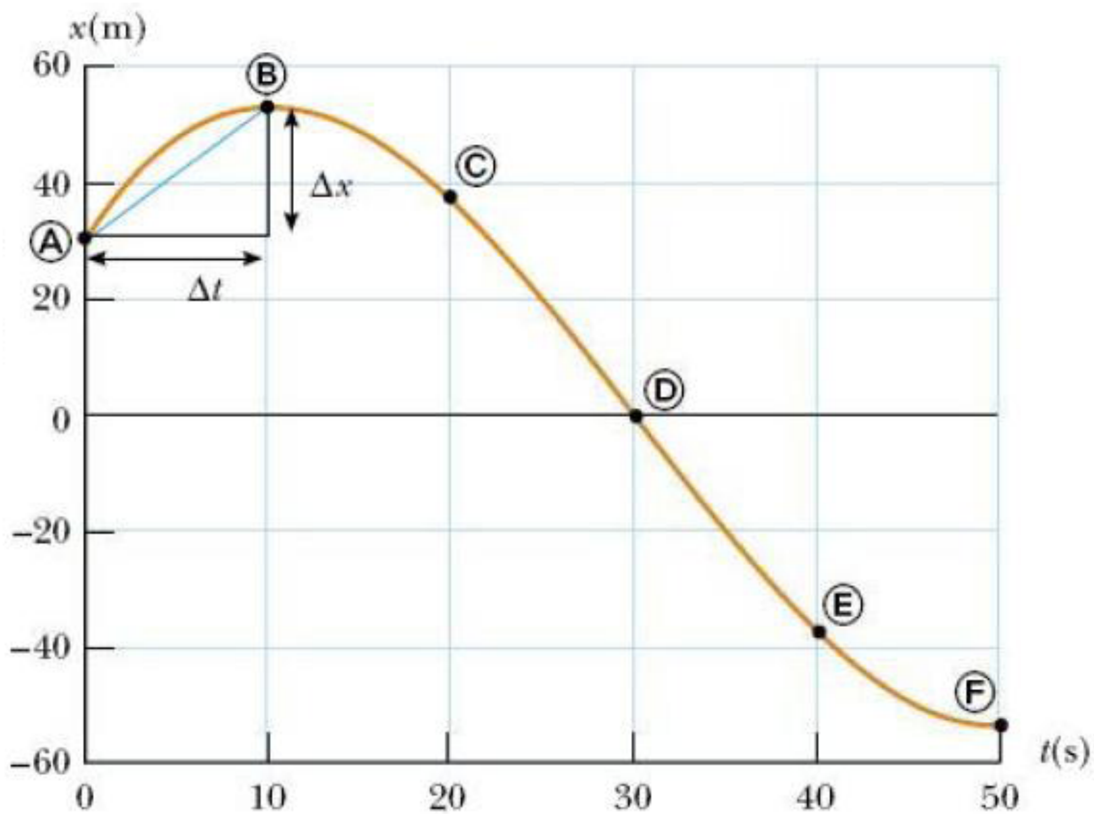
$= -1.7$ m/s

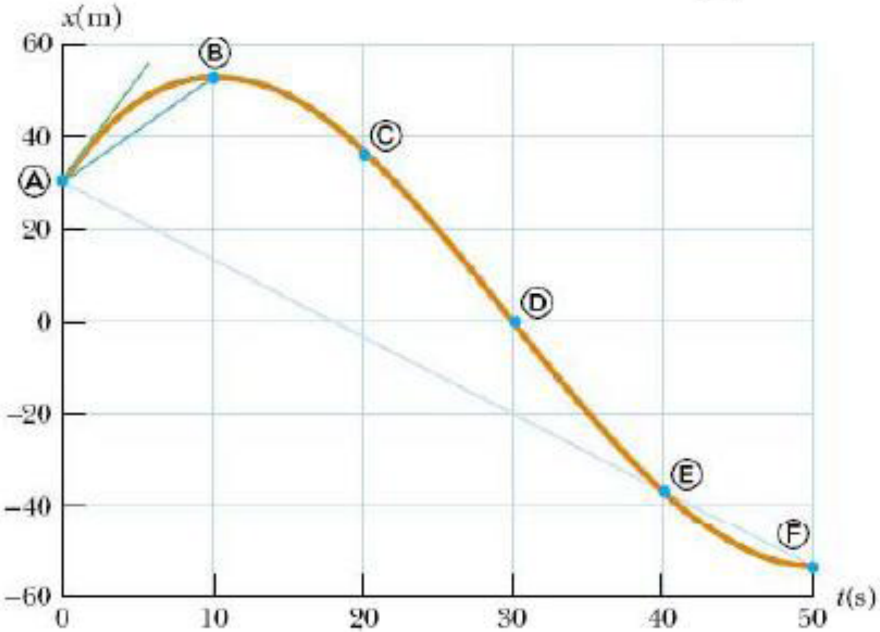
$$\text{Ortalama sürat} = \frac{127\ \text{m}}{50\ \text{s}}$$

$= 2.5$ m/s

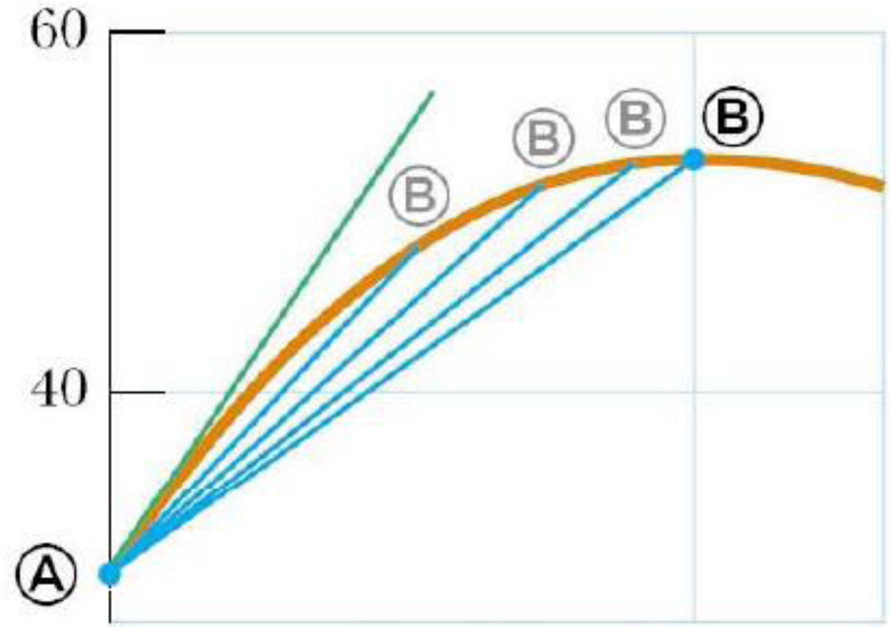
Anlık Hız

Bir parçacığın hızını, sadece belirli zaman aralığında değil herhangi bir an için de bilmek isteriz. Örnek olarak, araba ile yaptığınız bir yolculukta ortalama hızını bilmek isteriz. Ancak durmakta olan bir polis arabasını gördüğümüz an, bilmek istediğiniz o andaki hızınızdır. Bazen daha küçük zaman dilimlerindeki anlık hız ve sürat değerlerinin bilinmesi daha yararlı olur. Yani A noktasındaki, B noktasındaki vb.





Arabanın hareketi



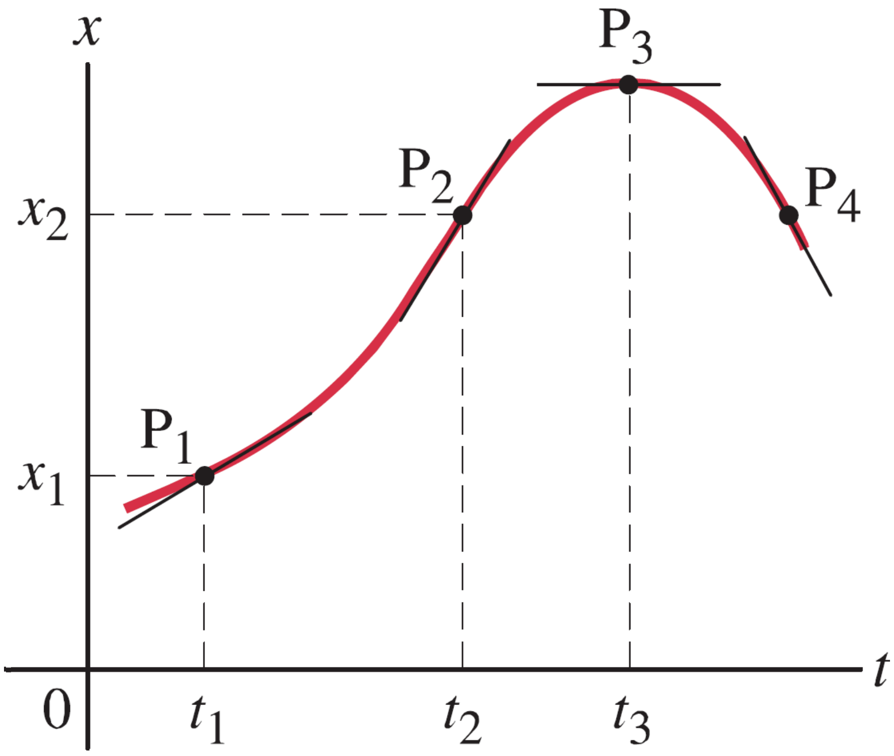
B noktasındaki ayrıntılı konum

A-B noktaları arasında çizdiğimiz doğrular vasıtasıyla B noktasını sola A noktasna doğru kaydıralım. Doğrunun eğimi gittikçe artarak iki noktanın birbirine yaklaştıkları yerde bu doğruya teget olur. Bu teğetin eğimi A noktasında bulunan arabanın ilk hızını temsil eder. V_x ani hız, $\Delta x / \Delta t$ oranının, Δt sıfıra yaklaşırken aldığı limit değeridir.

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

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

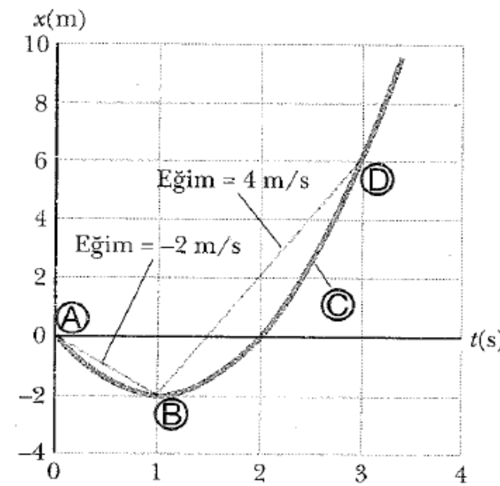
Ani Hız (Grafik Analizi)



- Hız pozitif ve t_2 ye kadar artıyor ($t < t_2$).
- Hız pozitiftir ve t_2 ile t_3 arasında azalıyor (for $t_2 < t < t_3$).
- $t = t_3$ de hız sıfırdır.
- Hız negatiftir ve büyüklüğü $t > t_3$ için artmaktadır.

ÖRNEK 2.2 Ortalama ve Ani Hız

Bir parçacık x ekseni boyunca hareket etmekte olup, x koordinatı $x = -4t + 2t^2$ ifadesine göre zamanla değişmektedir. Burada x, m ve t, s cinsindendir.[3] Bu hareket için konum-zaman grafiği Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Parçacığın, önce, hareketin birinci saniyesi için negatif x doğrultusunda hareket ettiğini, $t = 1$. s de aniden durduğunu ve sonra $t > 1$ s için pozitif x doğrultusunda geri döndüğüne dikkat ediniz. (a) $t = 0$ ile $t = 1$ s ve $t = 1$ s ile $t = 3$ s zaman aralıklarında parçacığın yerdeğiştirmesini bulunuz.



Şekil 2.4 x koordinatı zamana göre $x = -4t + 2t^2$ şeklinde değişen bir parçacığın konum-zaman koordinatı

Çözüm Birinci zaman aralığında, negatif eğime ve böylece negatif hıza sahibiz. Ⓐ ve Ⓑ arasındaki yerdeğiştirmenin metre cinsinden negatif değerde olduğunu biliyoruz. Benzer şekilde, Ⓑ ve Ⓓ aralığındaki yerdeğiştirmenin pozitif olmasını bekleriz.

Birinci zaman aralığında, $t_i = t_A = 0$ ve $t_s = t_B = 1$ s alalım. $x = -4t + 2t^2$ olduğundan, birinci yerdeğiştirme için

$$\Delta x_{A\to B} = x_s - x_i = x_B - x_A$$
$$= [-4(1) + 2(1)^2] - [-4(0) + 2(0)^2]$$
$$= -2 \text{ m}$$

elde ederiz.

Aynı şekilde, ikinci zaman aralığında $t_i = t_B = 1$ s ve $t_s = t_D = 3$ s alabiliriz. O nedenle, bu aralıkdaki yerdeğiştirme

$$\Delta x_{B\to D} = x_s - x_i = x_D - x_B$$
$$= [-4(3) + 2(3)^2] - [-4(1) + 2(1)^2]$$
$$= +8 \text{ m}$$

Bu yerdeğiştirmelerin, konum zaman grafiğinden de doğrudan doğruya okunabileceğine dikkat ediniz.

(b) $t = 0$ ile $t = 1$ s ve $t = 1$ s ile $t = 3$ s zaman aralıklarındaki ortalama hızı hesaplayınız.

Çözüm Birinci zaman aralığında, $\Delta t = t_s - t_i = t_B - t_A = 1$ s 'dir. O nedenle, 2.2 Eşitliği ve (a)'dan elde edilen sonuçların kullanılması halinde

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

olur. Aynı şekilde, ikinci zaman aralığında, $\Delta t = 2$ s dir; o nedenle de

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

dir. Bu değerler, Şekil 2.4'de bu noktaları birleştiren doğruların eğimleriyle aynı değerlere sahiptir.

(c) $t = 2{,}5$ s'de parçacığın ani hızını bulunuz.

Çözüm Bu ani hızın, bir önceki sonuçla aynı mertebede olduğunu kestirebiliriz. Grafiği incelersek, Ⓒ noktasındaki eğimin Ⓑ ve Ⓓ yi birleştiren mavi çizginin eğiminden büyük olduğunu görürüz. Yani cevabın 4 m/s'den büyük olmasını bekleriz. Konum-zaman grafiğinin t = 2,5 s'deki eğimini ölçerek,

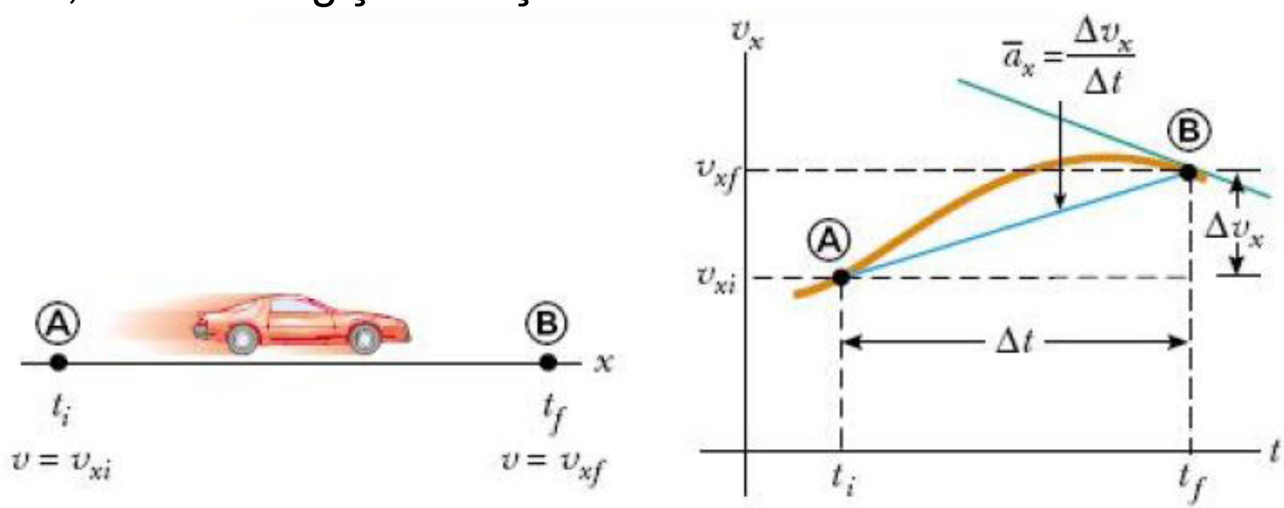
$$v_x = +6\ \text{m/s} \quad \text{buluruz.}$$

İvme

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

Eğer cismin hızı da zamana bağlı olarak değişiyorsa bu yeni duruma **İVME** ismi verilir ve yandaki gibi gösterilebilir. Birimi metre / sn^2 dir.

Bir parçacığın hızı zamana göre değişiyorsa parçacık ivmeli hareket ediyor demektir. Ivme, hızdaki değişimin ölçüsüdür.



Anlık İvme : Daha küçük zaman aralıklarındaki hız değişimlerini bilmek önemli ise bu, yandaki formül ile elde edilebilir.

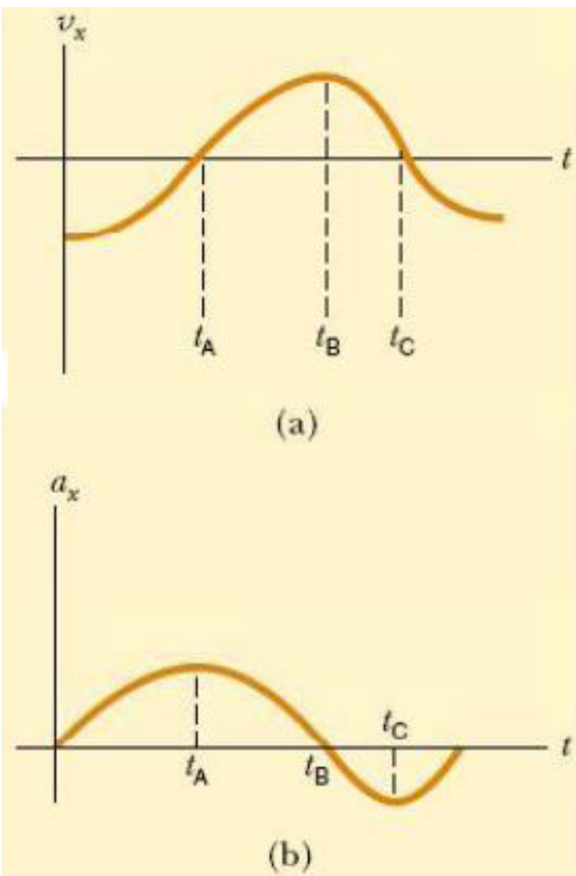
$$a_x \equiv Lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{dv_x}{dt}$$

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

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.**

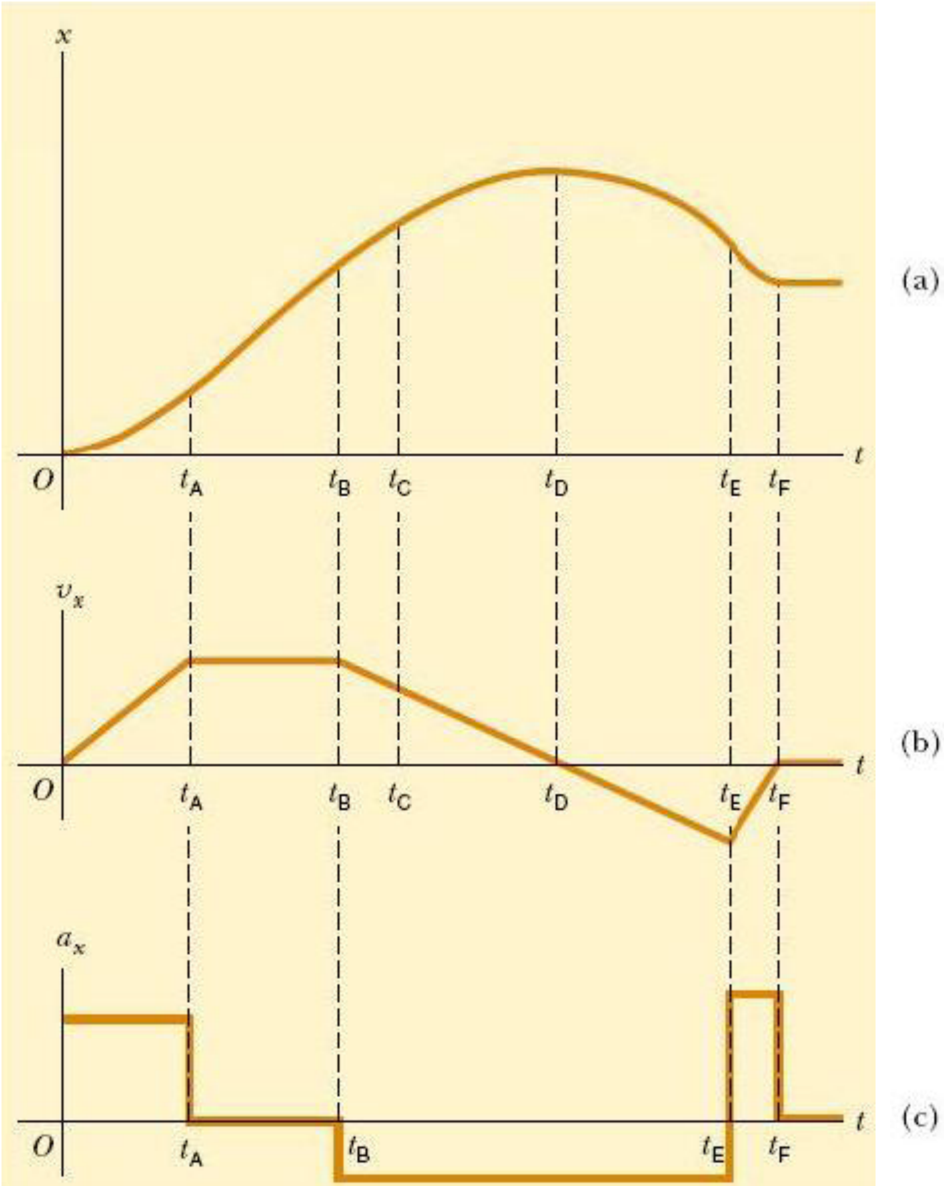
Anlık ivme Hız - Zaman grafiğinden elde edilebilir



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

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 ilişkileri



Anlık hız x-t grafiğinin tanjant değerlerinden hesaplanır.

✓ t=0 ve t=t_A aralığında x-t grafiğinin eğimi düzgün olarak artmaktadır. Yani hız da doğrusal artmaktadır.

✓ t_A ve t_B aralığında x-t grafiğinin eğimi sabit olup hız da sabit kalmaktadır.

✓ t_D noktasında x-t grafiğinin eğimi sıfırdır, yani anlık hız sıfırdır.

✓ t_D ve t_E aralığında x-t grafiğinin eğimi negatiftir bu nedenle hızda negatiftir ve düzgün olarak azalır.

✓ t_E ve t_F aralığında x-t grafiğinin eğimi negatiftir ve t_F noktasında hız değeri sıfır olur.

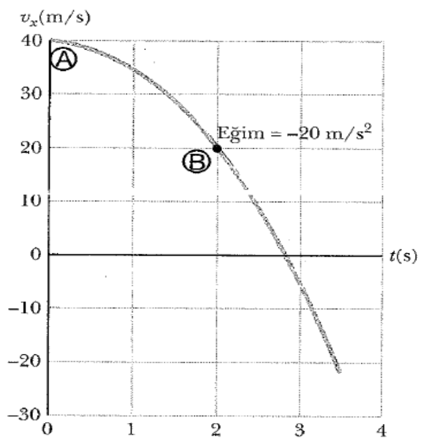
✓ t_F değerinden sonra ise x-t grafiğinin eğimi sıfırdır ve cisim duruyordur.

Örnek 2: Ortalama ve anlık ivme

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

a) $0 \leq t \leq 2$ sn zaman aralığındaki ortalama ivmeyi hesaplayınız.

b) $t = 2$ sn deki anlık ivmeyi hesaplayınız.



Şekil 2.8 $v = (40 - 5t^2)$ m/s bağıntısına göre x ekseni boyunca hareket eden bir parçacık için hız – zaman grafiği. $t = 2$ s 'deki ivmenin o andaki mavi renkli teğet çizginin eğimine eşit olduğuna dikkat ediniz.

$t_i = t_A = 0$ ve $t_s = t_B = 2$ s 'deki hızlar, t 'nin değerleri hız için verilen ifadede yerine konarak şu şekilde bulunur:

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

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

O halde $\Delta t = t_B - t_A = 2$ s zaman aralığında ortalama ivme,

$$\bar{a}_x = \frac{v_{xs} - v_{xi}}{t_s - t_i} = \frac{v_{xB} - v_{xA}}{t_B - t_A} = \frac{(20 - 40) \text{ m/s}}{(2 - 0) \text{ s}}$$

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

ile verilir. Eksi işareti, hız – zaman grafiği üzerindeki ilk ve son noktaları birleştiren doğrunun eğiminin negatif olduğu gerçeği ile uyumludur.

(b) $t = 2$ s 'deki ivmeyi bulunuz.

Çözüm t anındaki hız $v_{xi} = (40 - 5t^2)$ m/s ile $t + \Delta t$ anındaki hız

$v_{xs} = 40 - 5\ (t + \Delta t)^2 = 40 - 5t^2 - 10\ t\,\Delta t - 5\ (\Delta t)^2$ ile verilir. O nedenle, Δt zaman aralığında hızdaki değişim,

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

dir. Bu ifadeyi Δt ye bölerek ve sonucun Δt sıfıra yaklaşırkenki limitini alarak, *herhangi* bir t zamanındaki ivmeyi şu şekilde buluruz:

$$a_x \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} (-10t - 5\Delta t) = -10t \text{ m/s}^2$$

$t = 2$ s de,

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

buluruz. Ⓐ ve Ⓑ arasındaki ortalama ivmeyi (-10 m/s^2) Ⓑ 'deki ani ivmeyle (-20 m/s^2) kıyaslayarak yaptığımız şey, Ⓐ 'yı Ⓑ 'ye bağlayan doğrunun (şekilde gösterilmemiştir) eğimini Ⓑ 'deki eğimle kıyaslamaktır.

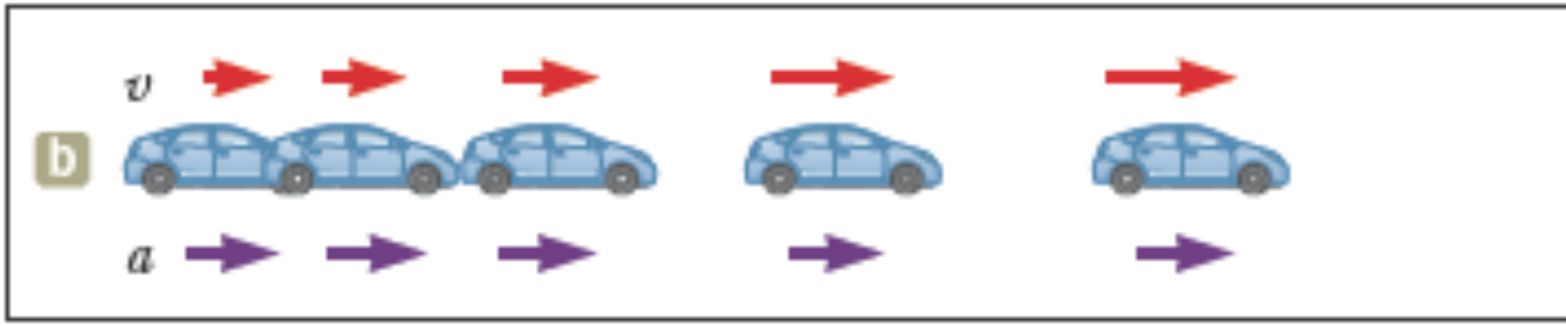
Bu örnekte ivmenin sabit olmadığına dikkat ediniz. Sabit ivmeyi içeren durumlar kesim 2.5'de ele alınacaktır.

Hareket Diyagramları

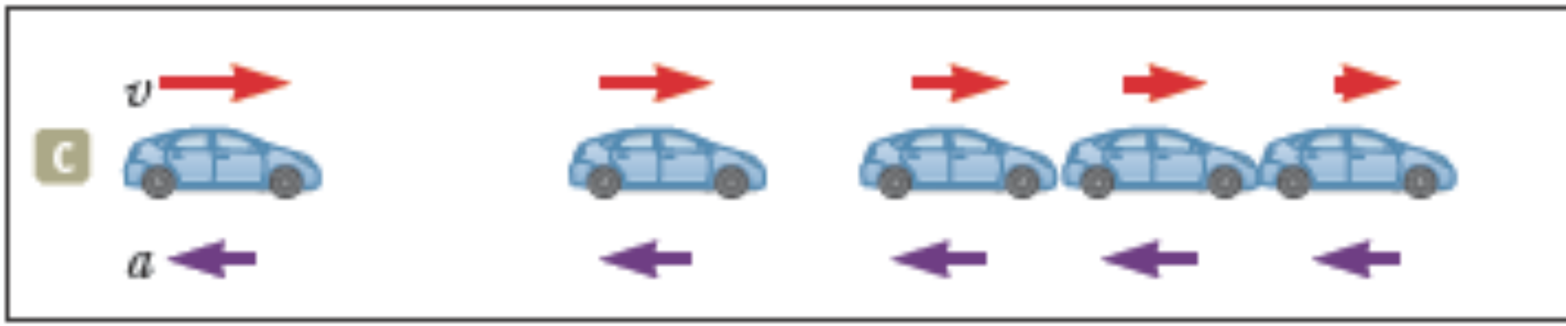
Hız ve ivme kavramları, gerçekte farklı nicelikler oldukları halde sık sık birbirlerine karıştırılır. Hareket halindeki bir cismin hız ve ivmesini betimlemek için, hareket diyagramlarını kullanmak yararlıdır. Hız vektörlerini kırmızı, ivme vektörlerini mor renk ile göstererek şekilleri inceleyelim.

Şekillerde, soldan sağa doğru düzgün bir yolda hareket eden bir arabanın hız ve ivme vektörleri gosterilmistir.

Şekil (a) da araba görüntüleri arasında eşit aralık vardır, bu bize arabanın eşit zaman aralıklarında eşit yollar aldığını, yani ***sabit, pozitif hızla ivmesiz*** hareket ettiğini gösterir.



Şekil (b) de zaman ilerledikçe arabaların arası açılmakta, dolayısıyla arabanın hızı artmaktadır. Çünkü ardışık konumları arasında yer değiştirmesi artmaktadır. Araba ***pozitif hız ve pozitif ivme*** ile hareket edecektir.



Şekil (c) de arabanın sağa doğru gittikçe yavaşladığını söyleyebiliriz. Çünkü arabalar arasındaki mesafe zaman arttıkça azalmaktadır. Bu durumda araba sağa doğru sabit bir negatif ivme ile hareket etmektedir. Hız vektörü zamanla küçülür ve sonunda sıfır olur. Diyagramdan da görüldüğü gibi hız ve ivme vektörleri aynı yönlü değildir ve araba ***pozitif hız***, fakat ***negatif ivme*** ile hareket etmektedir.

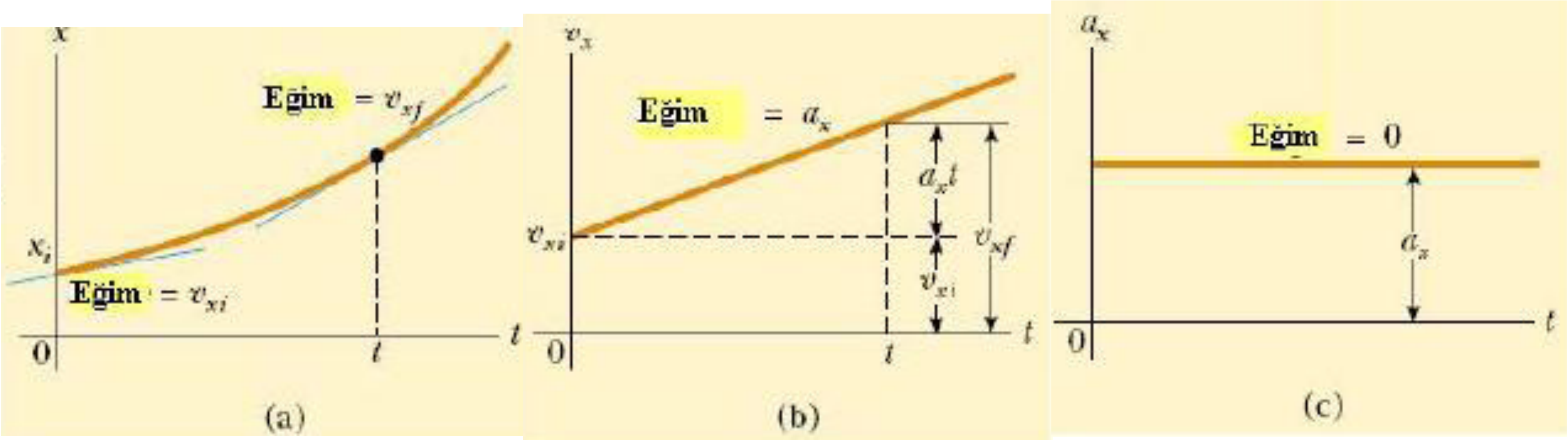
Tek Boyutta Sabit İvmeli Hareket

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

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

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

Bir parçacığa ait; konum-zaman (a), hız-zaman (b) ve ivme-zaman (c) grafikleri aşağıdadır.



Sabit ivmeli hareket

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

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

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

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

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

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

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

Sabit ivmeli hareket

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

$$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i) \qquad (\text{sabit } a_x)$$

Denklem	Tanım
$\vartheta_{ortalama} = \frac{\vartheta_s + \vartheta_o}{2}$	sabit ivmeli cismin ortalama hızı.
$\vartheta_s = \vartheta_o + at$	sabit ivmeden yararlanarak son hızı bulma
$\vartheta_{ortalama} = \vartheta_o + \frac{1}{2}at$	sabit ivmeyle ortalama hızı bulma
$x_s - x_o = \vartheta_o t + \frac{1}{2}at^2$	sabit ivmeden yararlanarak yer değiştirmeyi bulma
$\vartheta_s^2 = \vartheta_o^2 + 2a(x - x_o)$	ivme ve yer değiştirmeden yararlanarak son hızı bulma
$x_s - x_o = \frac{1}{2}(\vartheta_o + \vartheta)t$	yer değiştirme
$x_s - x_o = \vartheta t - \frac{1}{2}at^2$	sabit ivme ve son hızdan yararlanarak yer değiştirmeyi bulma

Table: Sabit ivmeli cisimlerin hareket denklemleri

Soru 1 : Bir uçağın uçak gemisine inişi Bir jet uçağı, uçak gemisine 140 mil/saat (63 m/sn) ilk hızı ile inmek ve 2 sn içinde durmak istemektedir. Durma esnasındaki ivmesi ne olur ve uçak bu süre zarfında ne kadar yol alır.

Soru 2 45 m/s'lik sabit hızla giden bir araba, bir ilan tahtası arkasına saklanan trafik polisini geçiyor. Bundan 1 s sonra trafik polisi 3 m/s^2 lik sabit bir ivme ile arabayı kovalamaya başlıyor. Trafik polisi arabayı ne kadar zamanda yakalar?

Soru 3: Buzda Hareket

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

Soru 4:

36. 20 m/s 'lik hızla giden bir tren, fren yaparak hareket ettiği sürece –1 m/s^2 'lik ivme ile yavaşlıyor. Frenlediği andan itibaren 40 s 'lik bir sürede trenin aldığı yolu bulunuz.

Soru 5

31. Bir jet 100 m/s lik bir hızla inmekte ve durgun hale gelirken maksimum $-5\ m/s^2$ ivmeye sahip olabilmektedir. (a) Piste dokunduğu andan itibaren, durmadan önce geçen minimum zaman nedir? (b) Bu uçak, pisti 0,80 km uzunluğunda olan küçük bir tropikal adanın hava alanına inebilir mi?

Soru 6

Düzgün bir yol boyunca durgun halden harekete geçen bir kamyon 20 m/s lik hıza ulaşana kadar 2 m/s^2 lik bir ivme ile hareket ediyor. Kamyon, bu hızla 20 s hareket ettikten sonra 5 s 'de duracak şekilde fren yapıyor. (a) Kamyonun toplam hareket süresini, (b) Bu hareket için kamyonun ortalama hızını bulunuz.

Soru 7: Zamana Göre Konum Değiştirme

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.

Soru 8: Konum, hız ve sürat

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

(a) Birinci saniyede,

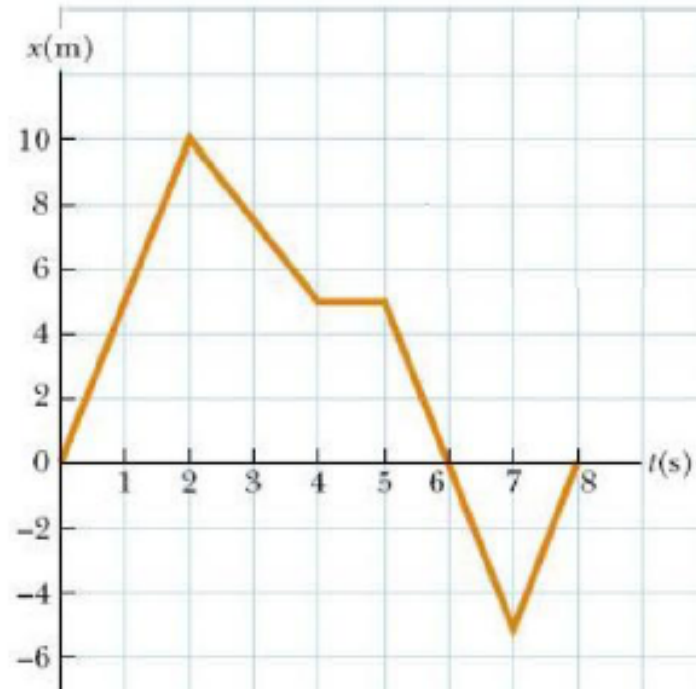
(b) Son 4 s aralığında ve

(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

Soru 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 sn, b) 0-4 sn, c) 2-4 sn,

d) 4-7 sn, e) 0-8 sn

Soru 10: Konum, hız ve sürat

Bir parçacık x ekseni boyunca zamana bağlı olarak $x(t)=3t^2$ ifadesine uygun olarak hareket etmektedir. Denklemde x metre ve t saniye olduğunu kabul ederek aşağıdaki istenenleri bulunuz.

a) T= 3 sn deki konumunu,
b) 3 sn+Δt deki konumunu,
c) $\Delta t \rightarrow 0$ limit durumu için $\Delta x/\Delta t$ hızını t=3 sn için hesaplayınız.

Serbest Düşen Cisimler

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

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

Serbest düşme terimini kullandığımızda elbette sadece durgun halden bırakılan cisimleri kastetmiyoruz. **Serbest düşen cisim, başlangıçtaki hareketi ne olursa olsun sadece yerçekimi etkisi ile düşen cisimdir. Yukarı doğru veya aşağı doğru atılan cisimler veya durgun halden bırakılan cisimlerin hepsi de harekete başladıkları andan itibaren serbest düşen cisimlerdir. Aşağıya doğru düşen her cisim, başlangıçtaki hareketi ne olursa olsun, *aşağıya* doğru bir ivme etkisinde kalır.**

Serbest düşme ivmesinin büyüklüğünü *g* harfi ile göstereceğiz. Dünya yüzeyine yakın yerlerde *g*'nin değeri yükseklik arttıkça azalır. Ayrıca, dünya üzerinde enlem ve boylamlara bağlı olarak da *g*'nin değeri biraz değişir. Genelde kinematik denklemlerde yukarı yön $+y$ olarak seçilir ve konumu belirten değişken olarak da y kullanılır. Dünya yüzeyinde *g*'nin değeri yaklaşık olarak 9,80 m/s^2 dir. Aksi söylenmedikçe hesaplamalarımızda *g*'nin bu değerini kullanacağız. Hızlı tahmin gerektiren hesaplamalarınızda g'nin değerini 10 m/s^2 alabilirsiniz.

Hava sürtünmesini ihmal edersek ve kısa düşey mesafelerde *g*'nin değerinin değişmediğini varsayarsak, o zaman serbest düşen bir cismin hareketi sabit ivmeli bir-boyutlu harekete özdeş olur. Bu durumda, Bölüm 2.5'de geliştir-

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

$$\bar{v} = \frac{1}{2}(v_s + v_i) \qquad v_s^2 = v_i^2 - 2g(y_s - y_i)$$

Soru 11: 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.

Çözüm (a) Taş, Ⓐ dan Ⓑ ye giderken hızı 20 m/s lik bir değişime uğramalıdır. Çünkü, Ⓑ'de durur. Serbest düşmede, yerçekiminden kaynaklanan hız değişimi her saniye yaklaşık 10 m/s olduğuna göre, taşın Ⓑ noktasına ulaşma süresi 2 s'dir (Böyle problemler için şekil çizmek çok yararlıdır.). Taşın maksimum yüksekliğe ulaşma zamanı t_B'yi hesaplamak için 2.8 Eşitliğini, yani $v_{yB} = v_{yA} + a_y t$'yi kullanırız. Burada $v_{yB} = 0$ dır. Ayrıca başlangıç zamanı ve saat $t_A = 0$ çalışmaya başlıyor:

$$20 \text{ m/s} + (-9{,}80 \text{ m/s}^2)\ t = 0$$

$$t = t_B = \frac{20 \text{ m/s}}{9{,}80 \text{ m/s}^2} = \boxed{2{,}04 \text{ s}}$$

Bu, tahminimize oldukça yakın bir sonuçtur.

(b) Hareket sırasınca ortalama hız 10 m/s (0 m/s ile 20 m/s değerlerinin ortalaması) ve toplam hareket süresi yaklaşık 2 s olduğundan, taşın 20 m gitmesini bekleriz. Eşitlik 2.11'e bulduğumuz süreyi koyarsak, taşın atıldığı noktadan ($y_i = y_A = 0$) itibaren ölçülen maksimum yüksekliği hesaplarız:

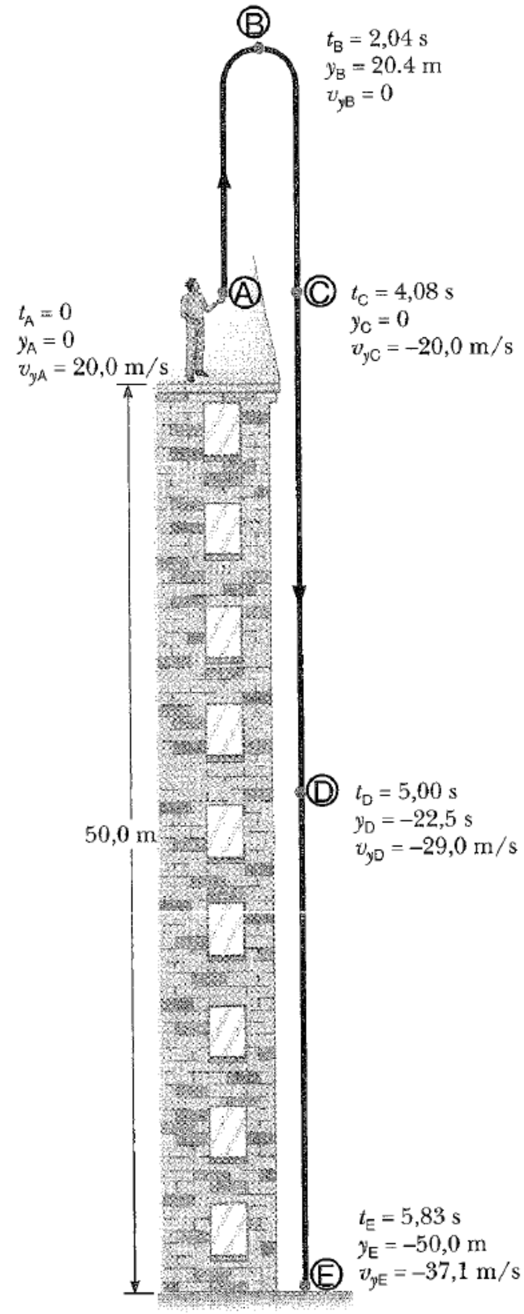
$$y_{maks} = y_B = v_{yA} t + \tfrac{1}{2}\ a_y t^2$$

$$y_B = (20 \text{ m/s})\ (2{,}04 \text{ s}) + \tfrac{1}{2}\ (-9{,}80 \text{ m/s}^2)\ (2{,}04 \text{ s})^2$$

$$= \boxed{20{,}4 \text{ m.}}$$

Tahminlerimiz yine oldukça doğru görünüyor.

(c) Taşın Ⓑ den Ⓒ ye kadar olan hareketi, Ⓐ dan Ⓑ ye kadar olan hareketinin tam tersidir. O halde Ⓐ dan Ⓒ ye kadar geçen süre Ⓐ dan Ⓑ ye kadar geçen zamanın iki katıdır. Taş tekrar atıldığı noktaya geldiğinde (Ⓒ



noktası) y koordinatı yine sıfırdır. $y_s = y_C = 0$ ve $y_i = y_A = 0$ olarak 2.11 Eşitliğini kullanırsak

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

$$0 = 20t - 4{,}9t^2$$

elde ederiz.

Bu ikinci dereceden bir denklemdir ve $t = t_c$ için iki çözümü vardır. Eşitliği çarpanlarına ayırırsak,

$$t(20 - 4{,}9t) = 0$$

olur. Çözümlerden biri $t = 0$ olup, bu, taşın harekete başladığı andır. Diğeri $t = 4{,}08$ s'dir ve aradığımız çözümdür. Bu sonucun t_B değerinin iki katı olduğuna dikkat edin.

(d) Ⓐ ve Ⓒ noktasında, hızların zıt yönlü olması dışında her şey aynıdır. (c) şıkkında bulunan t değerini Eş. 2.8'de yerine koyarak

$$v_{yC} = v_{yA} + a_y t = 20\ \text{m/s} + (-9{,}80\ \text{m/s}^2)\ (4{,}08\ \text{s})$$

$$= -20\ \text{m/s}$$

bulunur. Taş, atıldığı noktaya geri geldiğinde hızı büyüklükçe aynı, yönce zıt olduğundan hareket simetriktir.

(e) Bu şık için, taşın Ⓑ noktasından ilk hızsız olarak Ⓓ noktasına serbest düşmesini inceleyelim. Bu hareket için geçen süre yaklaşık 3 s olduğundan, yerçekimi ivmesi, hızı 30 m/s değerine kadar değiştirebilecektir. Eş. 2.8'i kullanarak bunu hesaplayabiliriz. $t = t_D - t_B$ alınarak,

$$v_{yD} = v_{yB} + a_y t = 0\ \text{m/s} + (-9{,}80\ \text{m/s}^2)\ (5\ \text{s} - 2{,}04\ \text{s})$$

$$= -29\ \text{m/s}$$

bulunur.

Zaman aralığını doğru seçerek, hareketi Ⓐ dan Ⓓ ye kadar da inceleyebilirdik, bu durumda $t = t_D - t_A = 5$ s alınacaktı ve sonuçta

$$v_{yD} = v_{yA} + a_y t = 20\ \text{m/s} + (-9{,}80\ \text{m/s}^2)\ (5\ \text{s})$$

$$= -29\ \text{m/s}$$

bulunacaktı.

Kinematik denklemlerinin ne kadar kullanışlı olduğunu göstermek için, Eşitlik 2.11 kullanarak, $t_D = 5$ s'de taşın konumunu, Ⓒ ve Ⓓ noktaları arasındaki yerdeğişimi hesaplanarak bulabiliriz. Bu durumda zamanı $t = t_D - t_C$ alarak,

$$y_D = y_C + v_{yC}t + \frac{1}{2}\ at^2$$

$$= 0\ \text{m} + (-20\ \text{m/s})\ (5\ \text{s} - 4{,}08\ \text{s})$$

$$+\frac{1}{2}\ (-9{,}80\ \text{m/s}^2)\ (5\ \text{s} - 4{,}08\ \text{s})^2$$

$$= -22{,}5\ \text{m.}$$

bulunur.

Alıştırma (a) Taşın yere çarptığı andaki (Ⓔ noktası) hızını, (b) Taşın havada geçirdiği toplam süreyi bulunuz.

Cevap (a) –37,1 m/s (b) 5,83 s

Soru 12: Balon ve kum torbası

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.

Soru 13: Balon ve kum torbası

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.

Soru 14:

51. Bir top 15 m/s lik bir ilk hızla yerden yukarı doğru düşey olarak fırlatılmaktadır. (a) Topun maksimum yüksekliğine ulaşması için geçen zaman nedir? (b) Maksimum yükseklik nedir? (c) Topun $t = 2$ s deki hızını ve ivmesini hesaplayınız.