FİZİK I

BÖLÜM 3: DOĞRUSAL HAREKET

Ders kaynakları:

1. **Serway Fizik I, Türkçesi (Farklı Baskılar).**

2. **Temel Fizik I, Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, Türkçesi., 2013.**

3. **Mühendisler ve Fen Bilimciler İçin FİZİK, Yusuf Şahin, Muhammed Yıldırım. 2. Baskı, 2019.**

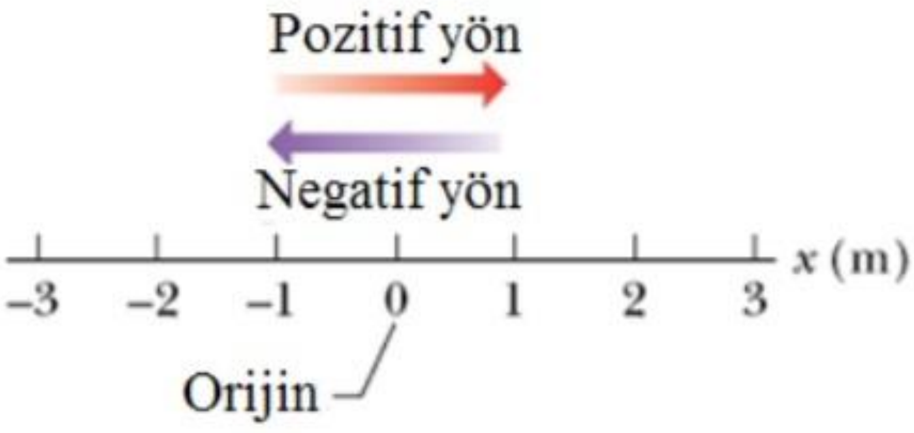
4. **Üniversiteler İçin Fizik, Bekir Karaoğlu, 3. Baskı, 2015.**

ÖĞRENİM KONULARI

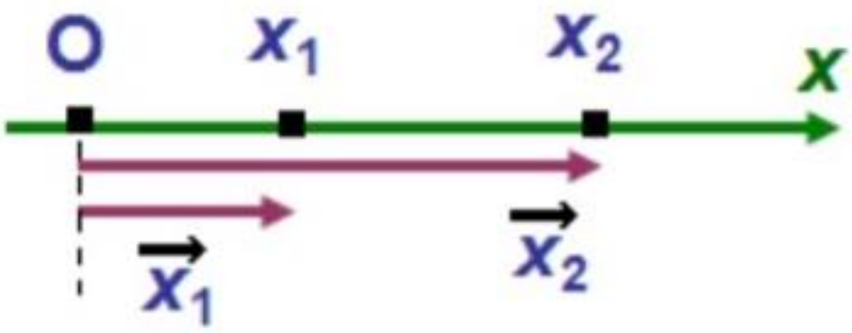
- Yerdeğiştirme kavramı.
- Ortalama ve ani hız.
- Ortalama ve ani ivme.
- Bir boyutta sabit ivmeli hareket.
- Serbest düşen cisimler.

3.1. Yerdeğiştirme, Hız ve Sürat

Konum: Bir cismin yerinin bir referansa göre belirlenmesidir. Herhangi bir *t* anından cismin konumu zamana göre *x(t)* ile gösterilir. Ve cismin konumu pozitif veya negatif olabilir.

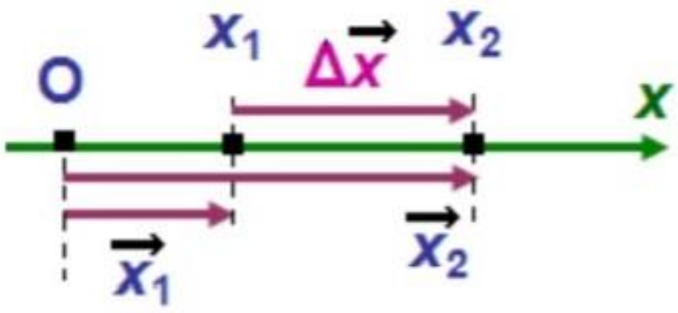


- Bir cismin "konum vektörü", bulunduğu koordinat sisteminin orijininden cismin bulunduğu noktaya çizilen vektördür.



3.1. Yerdeğiştirme, Hız ve Sürat

Yer-değiştirme Vektörü: Bir cisim x1 konumundan x2 konumuna hareket etmişse, konumundaki değişim yer-değiştirme ile tanımlanır.



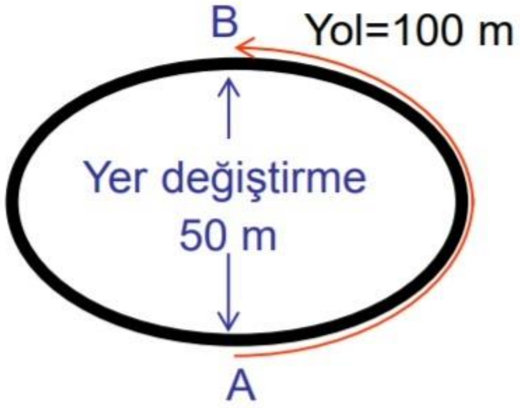
$$\underbrace{\Delta\vec{x}}_{\text{yer değiştirme}} = \underbrace{\vec{x}_2}_{\text{son konum}} - \underbrace{\vec{x}_1}_{\text{ilk konum}}$$

SI sisteminde birimi (m)

Ortalama hız; parçacığın yer değiştirmesinin, bu yer değiştirme süresine oranıdır.

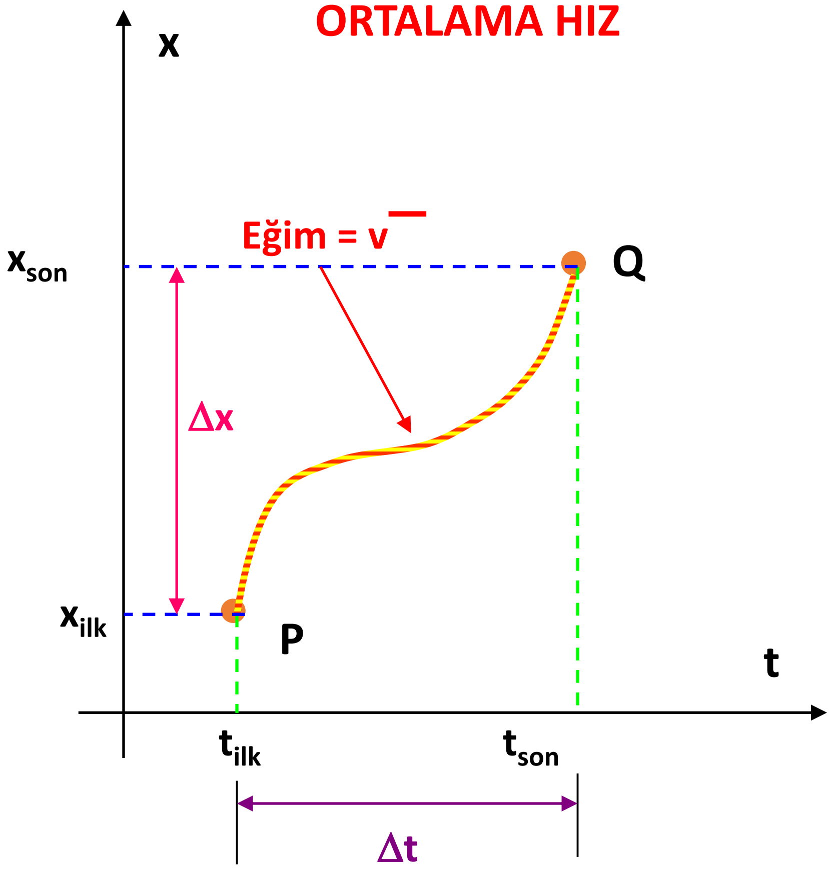
$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_{son} - x_{ilk}}{t_{son} - t_{ilk}}$$

Ortalama sürat (skaler bir niceliktir); alınan toplam yolun geçen toplam zamana oranıdır. Bir saat maraton koşup başlangıç noktasına gelen bir koşucunun hızı ve sürati için ne söyleyebilirsiniz?

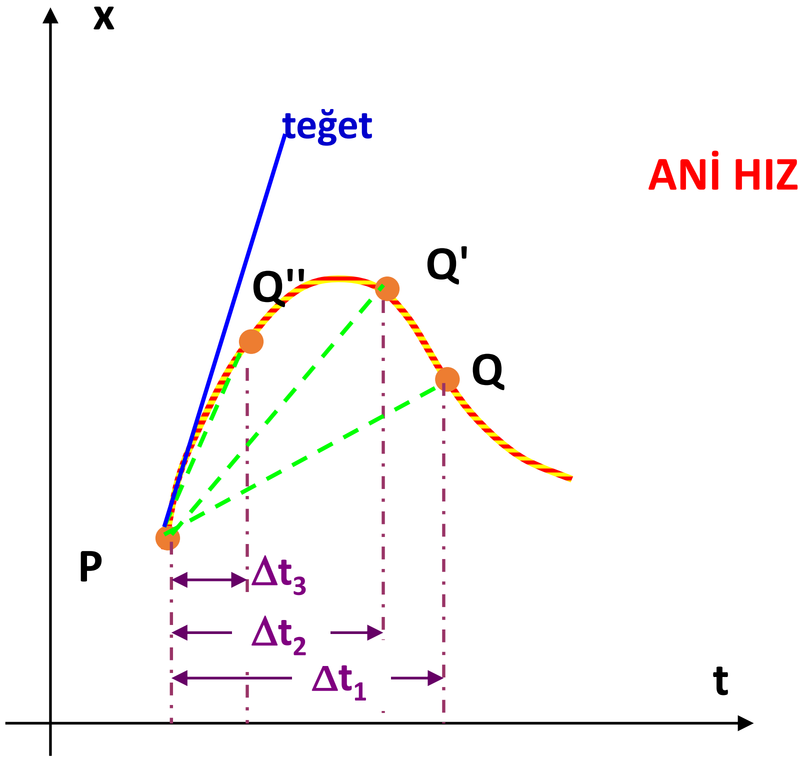


$$s\ddot{u}rat = \frac{toplamYOL}{toplamZAMAN}$$

3.1. Yerdeğiştirme, Hız ve Sürat



$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_{son} - x_{ilk}}{t_{son} - t_{ilk}}$$



Cismin herhangi bir andaki hızı olan v ani hızı, Δt sıfıra yaklaşırken Δx / Δt oranının limit değerine eşittir.

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

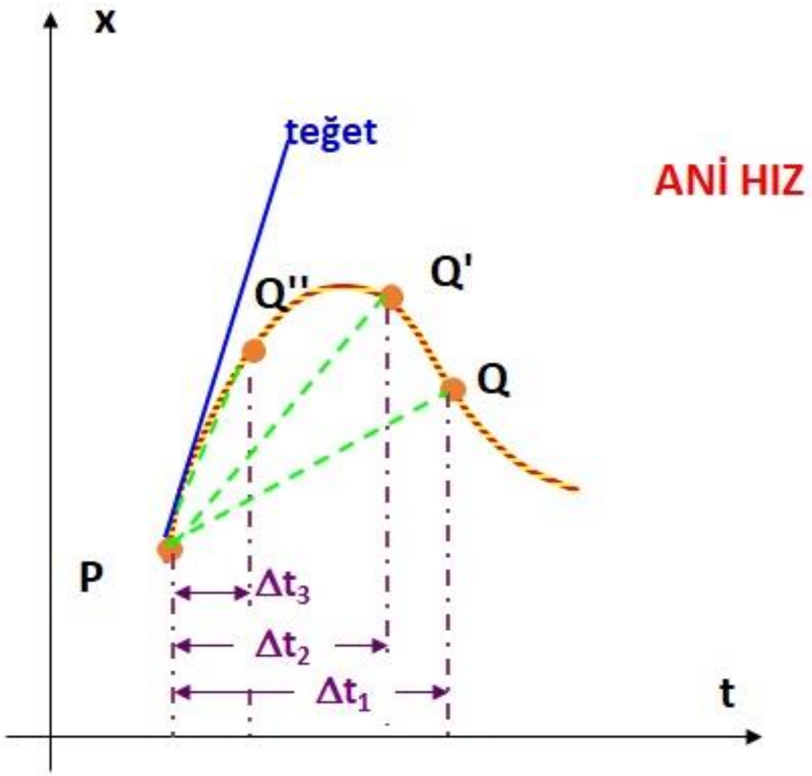
Matematik gösterimde bu limite, x'in t'ye göre türevi denir .

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

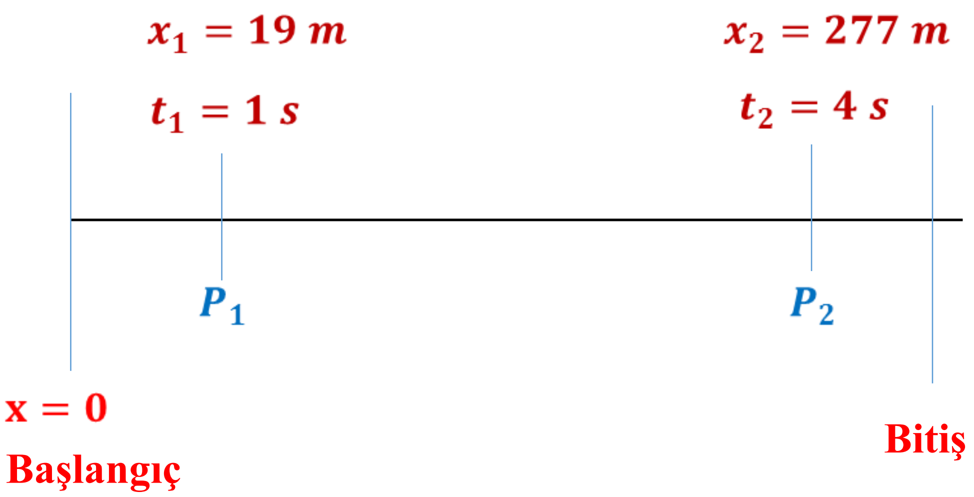
3.1. Yerdeğiştirme, Hız ve Sürat

- Zaman aralığı daraldıkça doğrunun eğimi artarak P noktasında bu doğru, eğriye teğet olmaktadır (mavi çizgi). Bu teğet aslında hareketlinin P noktasındaki *anlık* hızıdır.

- Anlık sürat, anlık hızın büyüklüğüdür.



Örnek: Şekildeki hareket için yerdeğiştirme ve ortalama hızı bulunuz.



Araba 1. s de P_1 den, 4. s de P_2 den geçiyorsa, 1-4 s aralığında yerdeğiştirmesi

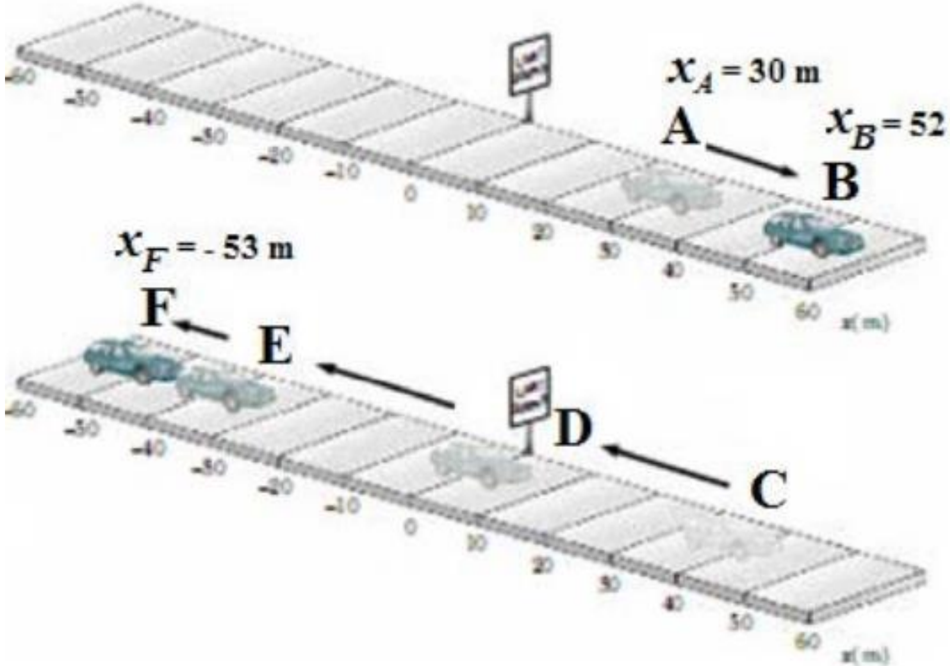
$Son\ konum\ - İlk\ konum = \Delta\mathbf{x}$ olur.

$$\Delta x = X_s - X_i = 277 - 19$$

Olarak bulunur. Bu yerdeğiştirme 4-1=3 s gerçekleştiğinden (x doğrultusunda ortalama hız

$$V_{ort} = \frac{X_s - X_i}{t_s - t_i} = \frac{258}{3} = 86\ {}^{m}/{}_{s}$$

Örnek: Şekildeki otomobilin, A ve F noktaları arasındaki, ortalama hızını ve süratini hesaplayınız (t_A= 0 ve x_A=30 m ; t_F 50 s ve x_F =53 m).



Çözüm:

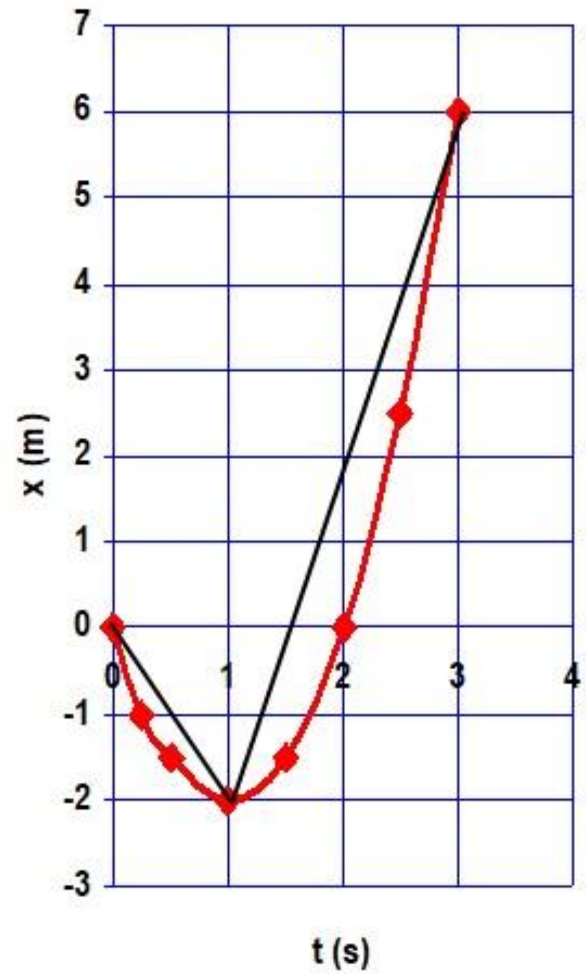
$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_F - x_A}{t_F - t_A}$$

$$= \frac{(-50-30)m}{(50-0)s} = -1{,}66 m/s$$

$$v_{sürat} = \frac{x_{AB} + x_{BD} + x_{DF}}{50}$$

$$= \frac{(22+52+53)m}{50s} = 2{,}54 m/s$$

Örnek: x ekseni boyunca hareket eden parçaçığın x koordinatı $x = -4t + 2t^2$ denklemine göre değişmektedir. Parçaçığın 0 ile 1 ve 1 ile 3 s arasındaki yerdeğiştirmesini hesaplayınız.



Çözüm: Parçaçık, 0 ile 1 s arasında negatif x doğrultusunda hareket etmekte ve 1 s de aniden durmaktatır. Daha sonra 1s ile 3s arasında pozitif x doğrultusunda hareket etmektedir.

t = 0 ile t = 1 s arasında

$\Delta x_{0\text{-}1} = x_{son} - x_{ilk} = [-4(1) + 2(1)^2] - [-4(0)+2(0)^2 = -2\text{m}$

$\Delta x_{1\text{-}3} = x_{son} - x_{ilk} = [-4(3) + 2(3)^2] - [-4(1)+2(1)^2 = 8\text{m}$

Bu aralıklardaki ortalama hızlar ise,

$$\bar{v}_{0-1} = \frac{\Delta x_{0-1}}{\Delta t} = \frac{-2}{1} = -2 \quad m/s$$

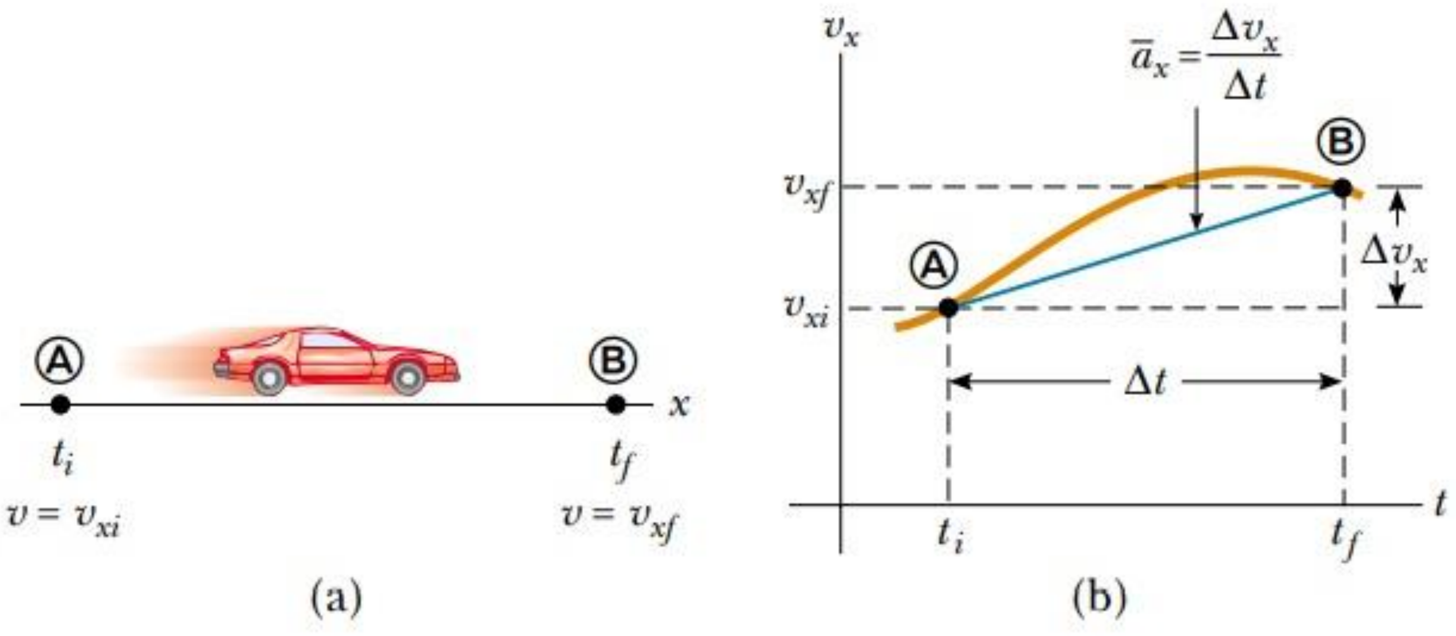
$$\bar{v}_{1-3} = \frac{\Delta x_{1-3}}{\Delta t} = \frac{-8}{2} = 4 \quad m/s$$

Bu değerler şekilde bu noktaları birleştiren doğruların eğimleridir.

t = 2,5 s de ani hız,

$V_{2,5} = dx/dt = -4 + 4t = -4 + 4.(2,5) = 6$ m/s

3.2. İvme



Bir parçaçığın zaman aralığı başına hız değişimine ivme denir. **a = Δv / Δt;**

Şekilde A dan B ye x ekseni boyunca hareket eden aracın hız-zaman grafiğinde, B noktası A noktasına yaklaştığında *Δt* sıfıra yaklaşırken limiti ani ivmeyi verir;

ortalama ivme

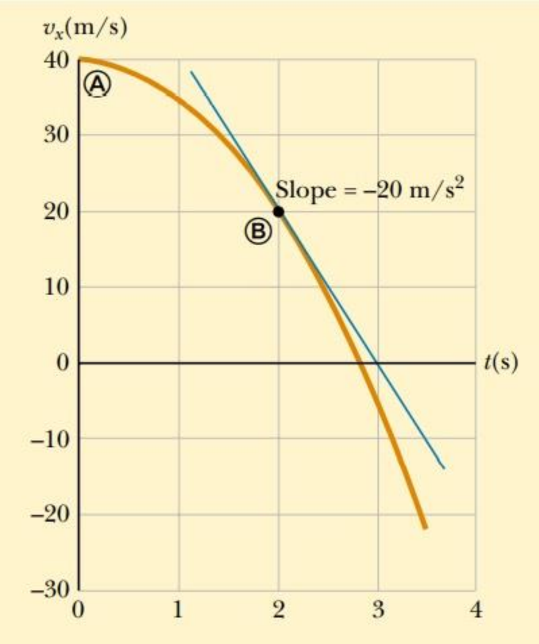
$$\bar{a} = \frac{v_{son} - v_{ilk}}{t_{son} - t_{ilk}} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

ani ivme

$$a \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

Ortalama ve Ani İvme

x ekseni boyunca hareket eden bir parçacığın hızı $v_x = (40 - 5t^2)$ m/s ifadesine göre zamanla değişmektedir. Burada t, s cinsindendir. (a) $t = 0$ ile $t = 2$ s zaman aralığındaki ortalama ivmeyi bulunuz.



$t_i = t_A = 0$ 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:

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

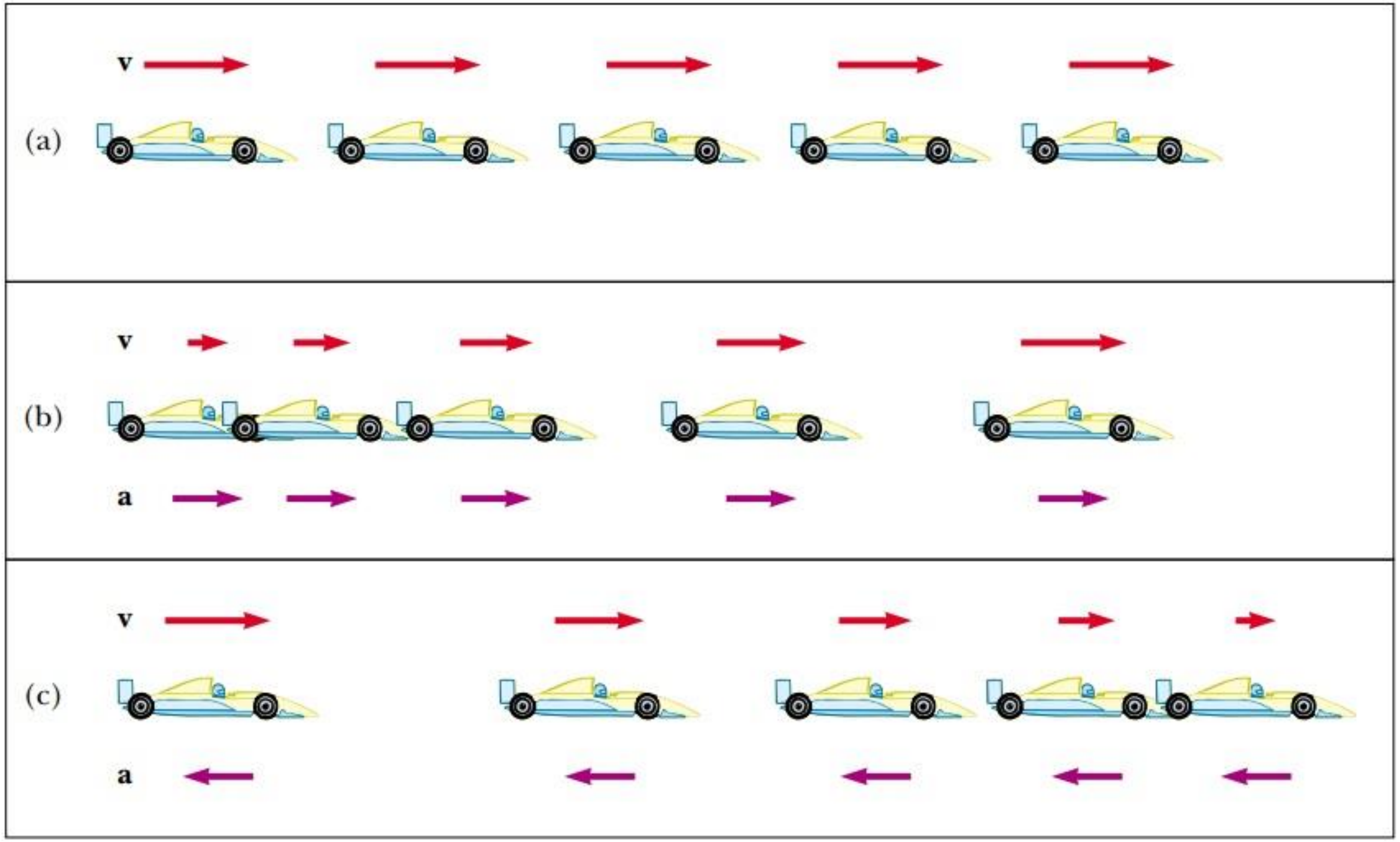
$t\ =\ 2$ s de,

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

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.

3.3. Hareket Diyagramları

Şekilde bir arabanın (a) pozitif yönde sabit hızlı (ivmesiz), (b) pozitif yönde sabit ivmeli ve © pozitif yönde sabit ivmeli hareketleri gösterilmektedir.



Sağa doğru sabit hızlı (ivmesiz),

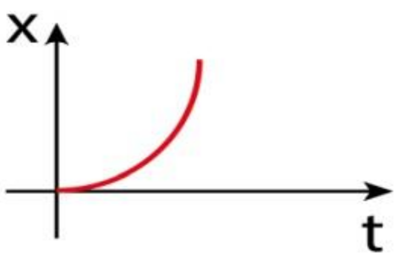
Sağa doğru HIZLANAN

Sağa doğru YAVAŞLAYAN

3.3. Hareket Diyagramları

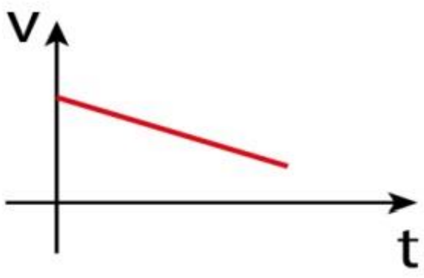
a. Düzgün Hızlanan Doğrusal Hareket

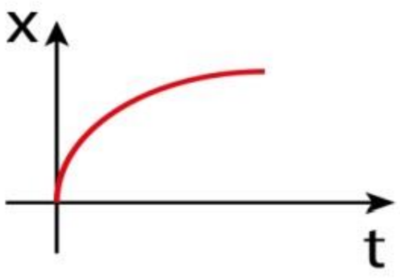
Bu hareket tipinde aracın hızı her saniye ivme kadar artıyordur. Pozitif yönde düzgün hızlanan araca ait grafikler aşağıdaki gibidir.

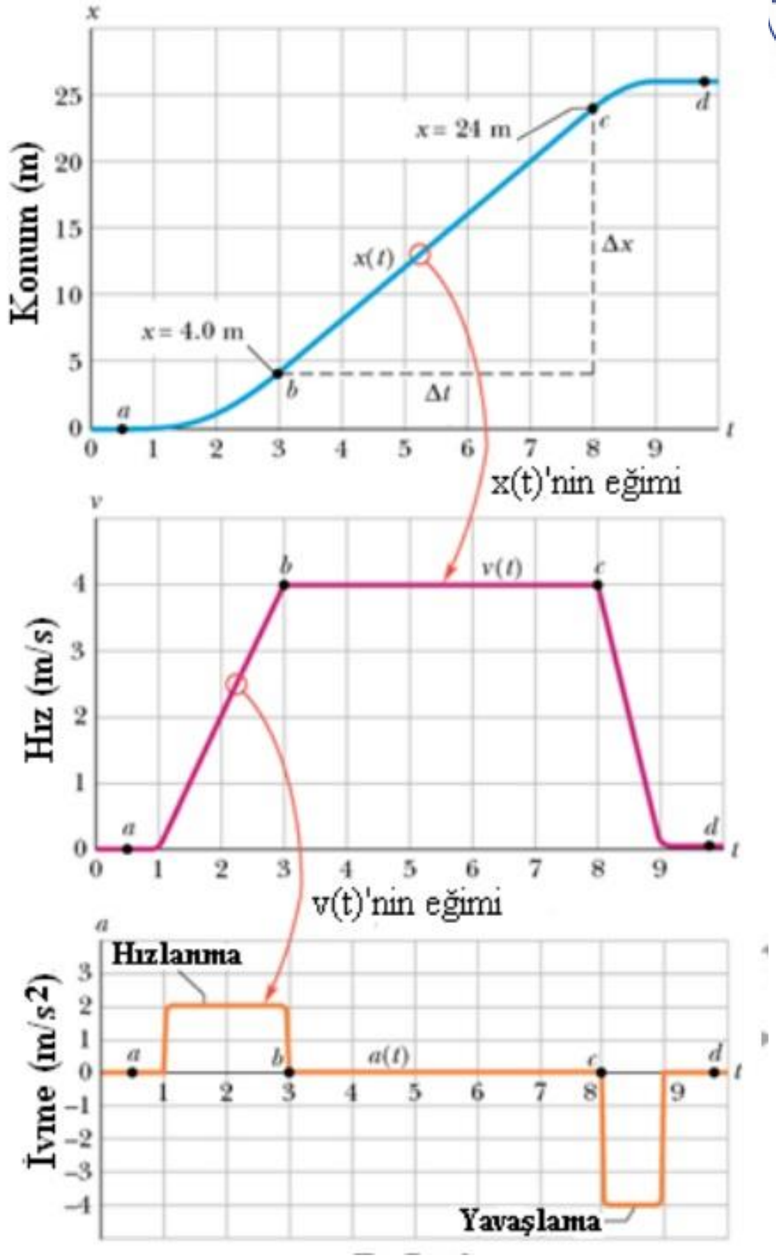


b. Düzgün Yavaşlayan Doğrusal Hareket

Bir doğru boyunca hareket eden cismin hızı zamana bağlı olarak düzgün azalıyorsa Düzgün Yavaşlayan Doğrusal Hareket yapıyordur.







3.4. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket

İvme sabit olduğunda ortalama ivme ve ani ivme birbirine eşittir ve hız hareketin başından sonuna kadar aynı oranda artar veya azalır. Hareketin başlangıcında hız v_0 , sonunda v ise ve hareket t süresi kadar devam ediyorsa, ivme tanımından yola çıkarak,

$$a = \frac{v - v_0}{t} \qquad\qquad v = v_0 + at$$

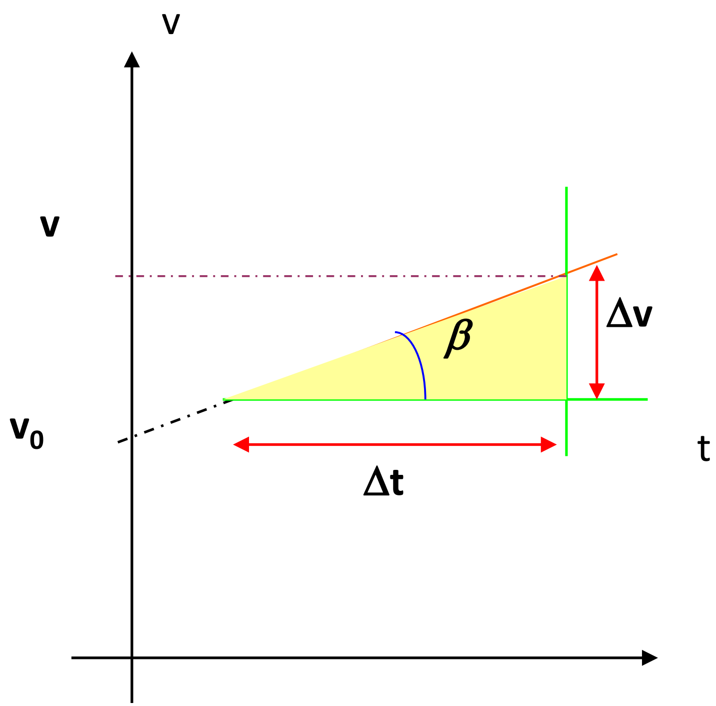
yazılabilir.

$$\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

sarı üçgende ki β açısının tanjantıdır.

tanım

$$tg\beta = \frac{\Delta v}{\Delta t} = eğim$$



O halde sabit ivmeli hareketin hız-zaman grafiğindeki doğrunun eğimi hareketin ivmesine eşittir.

Hareketin başlangıç hızı v_0, son hızı v olduğuna göre, sabit ivmeli hareket için, ortalama hız (*aritmetik ort*.),

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$$

bağıntısı ile ifade edilebilir.

3.4. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket

Bu hareket süresince alınan yol, ortalama hız ile hareket süresinin çarpımına eşittir.

$$\Delta x = \bar{v}.t = x_s - x_i = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

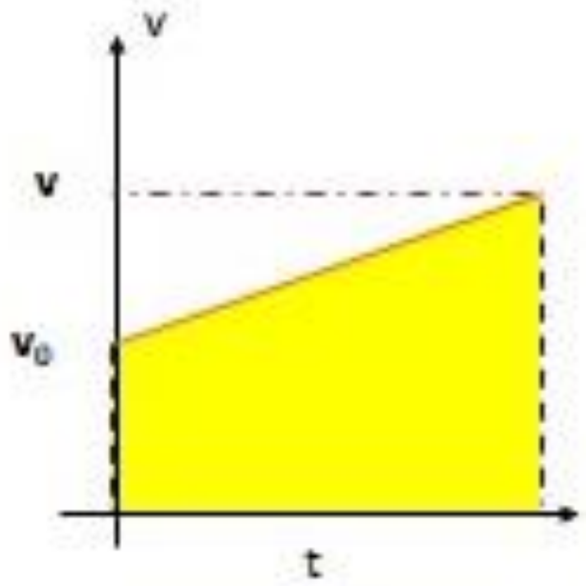
burada v yerine [$v = v_0 + at$] değeri yerine yazılırsa, sabit ivmeli harekette yerdeğiştirme ifadesi olarak

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

$$\Delta x = v_o t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

3.4. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket



$$\Delta x = \bar{v}.t = \frac{v_0 + v}{2}t$$

denklemi ile şekildeki grafik karşılaştırılırsa Δx büyüklüğünün, sarı renkli yamuğun alanına eşdeğer olduğu gözlenir.

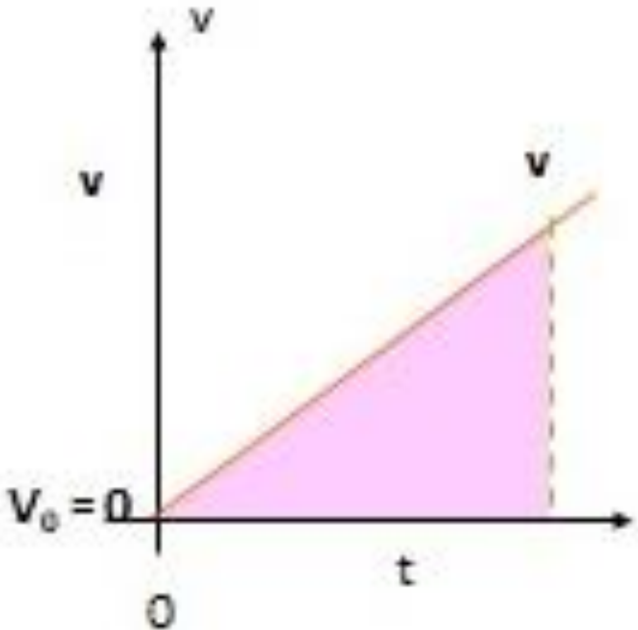
$$\text{alan} = \frac{\text{taban uzunlugu} + \text{üst kenar uzunlugu}}{2}\text{yükseklik}$$

Sabit ivmeli harekette hız – zaman grafiğinin altında kalan alan mutlak değer olarak hareket boyunca alınan yola eşittir.

Cisim ilk hızsız olarak harekete başlıyorsa yol denklemi,

$$\Delta x = \bar{v}.t = \frac{v}{2}t = \frac{\text{taban uzunlugu x yükseklik}}{2}$$

halini alır. Görüleceği gibi bu büyüklük yine hız – zaman grafiğinin altında kalan üçgenin alanına eşdeğerdir.



Sabit ivmeli harekette hız – zaman grafiğinin altında kalan alan mutlak değer olarak hareket boyunca yerdeğiştirmeye eşittir.

3.4. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket

Son olarak [v = v_0 + at] ifadesinden t değerini alır, Δx de yerine yazalım;

$$\Delta x = \bar{v}.t = \frac{v_0 + v}{2} t$$

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

$$\Delta x = \bar{v}.t = \frac{v_0 + v}{2} t = (\frac{v_0 + v}{2})(\frac{v - v_0}{a})$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x_s - x_i)$$

1. $v = v_0 + at$ Zamanın fonksiyonu olarak hız

2. $\Delta x = (\frac{v + v_0}{2})t$ Hızın ve zamanın fonksiyonu olarak Δx

3. $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ Zamanın fonksiyonu olarak Δx

4. $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$ Yerdeğiştirmenin fonksiyonu olarak hız

Kinematik denklemler

ÖRNEK: İVMELENEN ELEKTRON

Bir televizyon cihazının katod ışınlı tüpünde flamandan fırlatılan elektron 2 cm lik mesafede 3.10^4 m/s lik hızdan 5.10^6 m/s lik hıza düzgün olarak ivmelenmektedir.

Elektron bu bölgede ne kadar süre kalır ?

Elektronun bu bölgedeki ivmesi nedir ?

$$\Delta x = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$$

$$t = \frac{2\Delta x}{v_0 + v} = \frac{2.2.10^{-2}}{3.10^4 + 5.10^6} = 7,95.10^{-9}\ s$$

$$v = v_0 + at$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{5.10^6 - 3.10^4}{7,95.10^{-9}} = 6,25.10^{14} \quad m/s^2$$

ÖRNEK: SÜPERLÜKS YARIŞ OTOMOBİLİ

Bir otomobil üreticisi ürettiği otomobilin durgun halden 100 km/h hıza 8 s de ulaştığını iddia ederek reklam yapmaktadır. Bu otomobilin

İvmesini

8 s de aldığı yolu

Bu ivme ile ivmelenmeye devam ettiği takdirde 10 s sonunda hızını hesaplayınız.

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{100.\frac{1000}{3600}}{8} = 3,472\frac{m}{s^2}$$

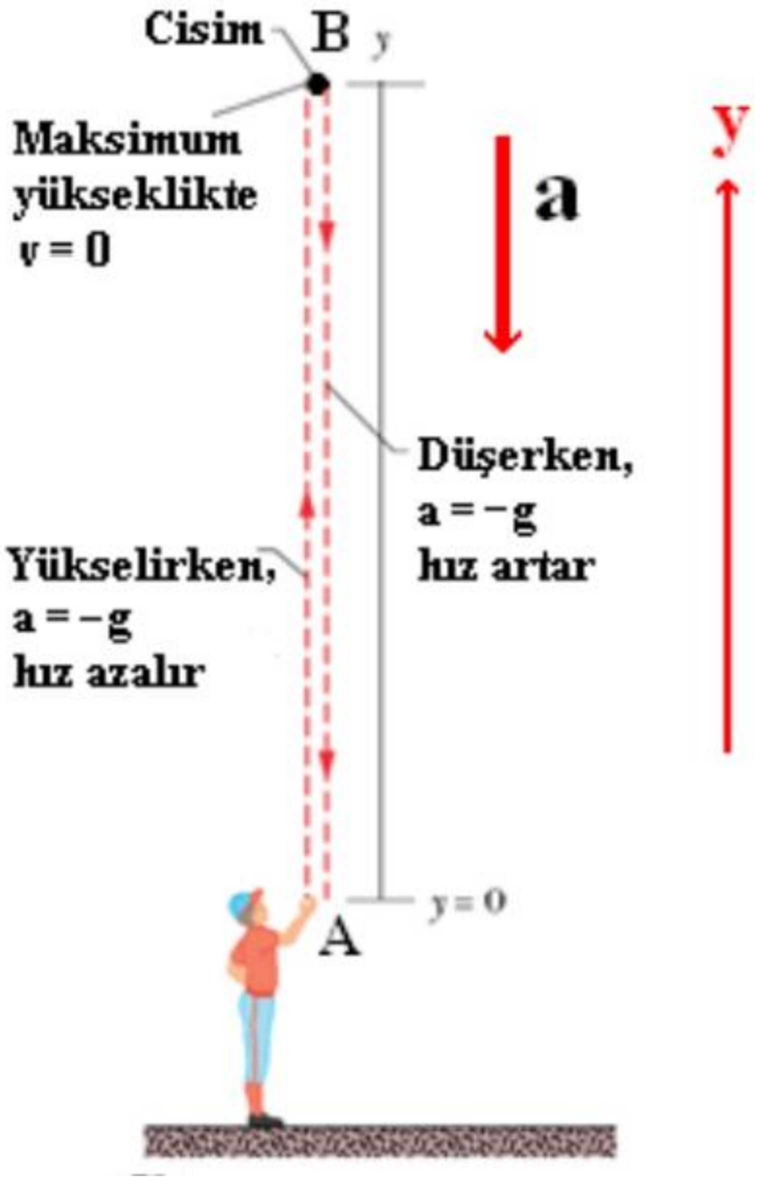
$$x = \frac{1}{2}(v_0 + v)t = \frac{1}{2}27,77.8 = 111,5 \quad m$$

$$v = v_0 + at = 0 + 3,472.10 = 34,72\frac{m}{s}$$

$$= \frac{34,72.3600}{1000} = 124,99\frac{km}{h}$$

3.5. Serbest Düşen Cisimler

Hava direncini ihmal eder ve yer yüzüne yakın yüksekliklerde g gravitasyon ivmesinin değişmediğini varsayarsak, serbest düşen bir cismin hareketi için sabit ivmeli, bir boyutlu hareket tanımını yapabiliriz. Ve hareket için **a=-g** dir. Ve kinematik denklemler bu kez y yönü için yine bir boyutlu hareket olarak kullanılır.



ÖRNEK Bir acemi için, iyi bir atış!

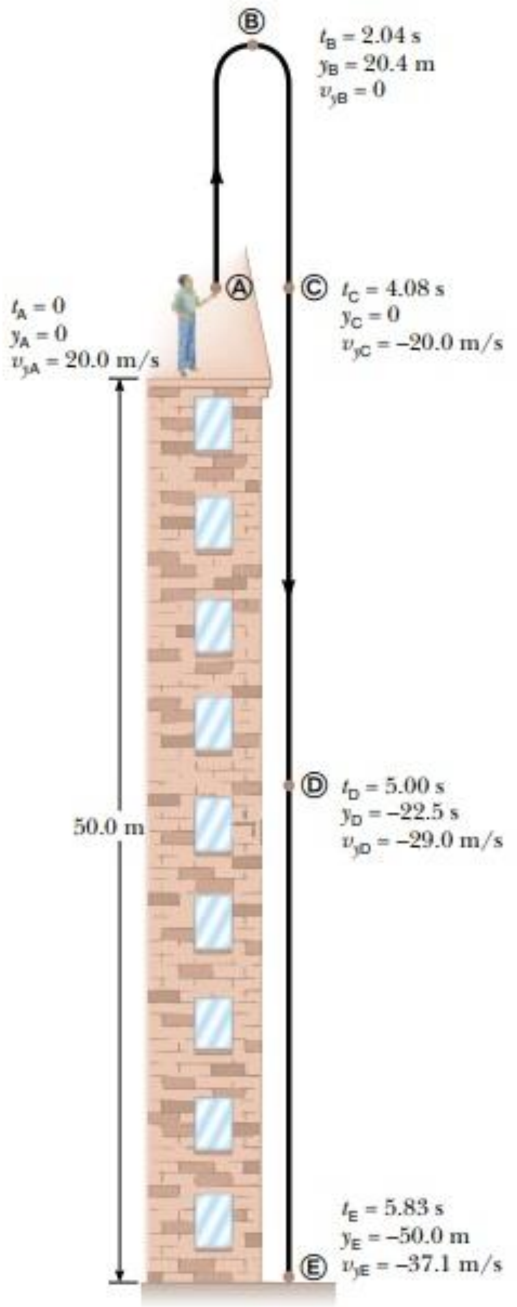
Bir binanın tepesinden yukarı doğru düşey olarak 20 m/s ilk hızla bir taş atılmıştır. Taş düşerken yüksekliği 50 m olan binanın çatısını Şekil te gösterildiği gibi sıyırarak geçer. Taşın atıldığı Ⓐ noktasında $t_A = 0$ seçerek, (a) taşın maksimum yüksekliğe ulaştığı zamanı, (b) Maksimum yüksekliği, (c) Taşın atıldığı noktaya geri dönüş zamanını, (d) taşın bu andaki hızını ve (e) $t = 5$ s'deki taşın hızını ve konumunu bulunuz.

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:

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

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

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.

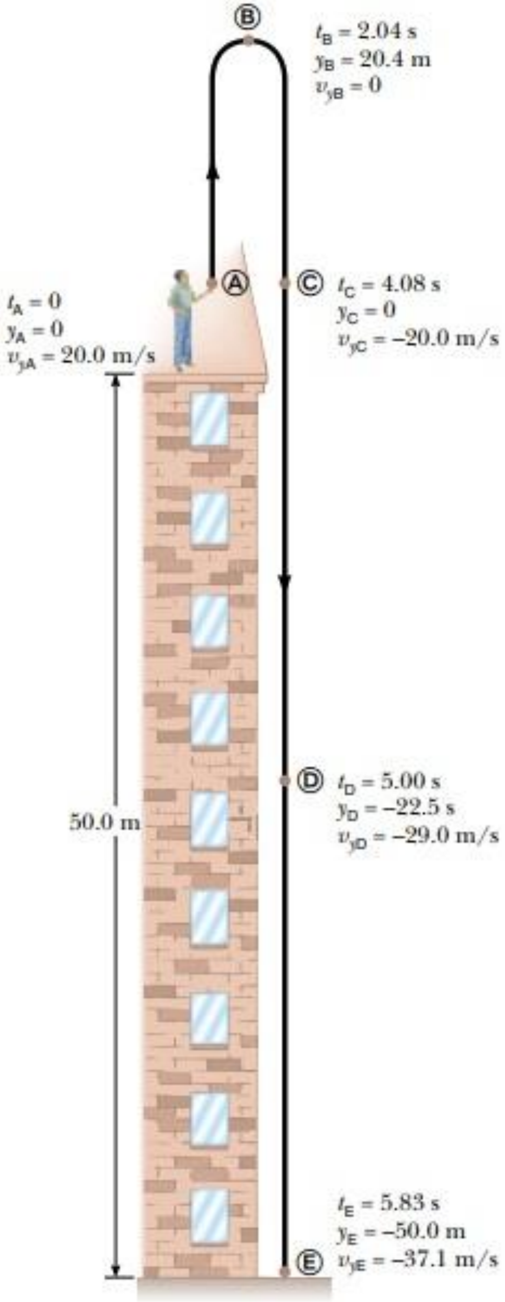
taşın atıldığı nokta-

dan ($y_i = y_A = 0$) itibaren ölçülen maksimum yüksekliği hesaplarız:

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

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

$$= 20{,}4\ \mathrm{m.}$$



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

C)

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

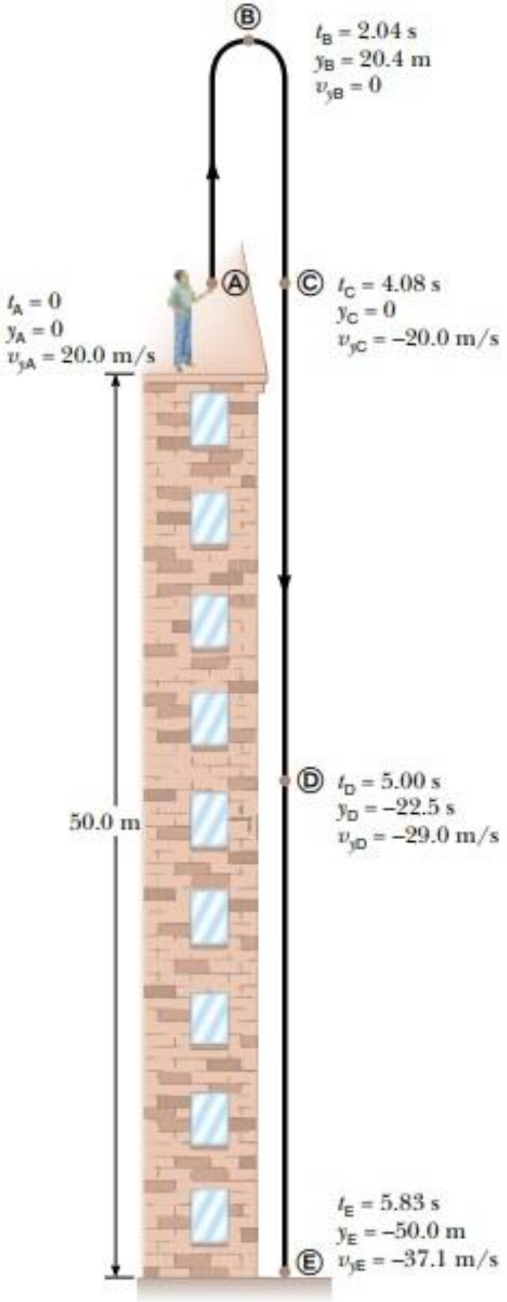
$$0 = 20t - 4{,}9t^2$$

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.

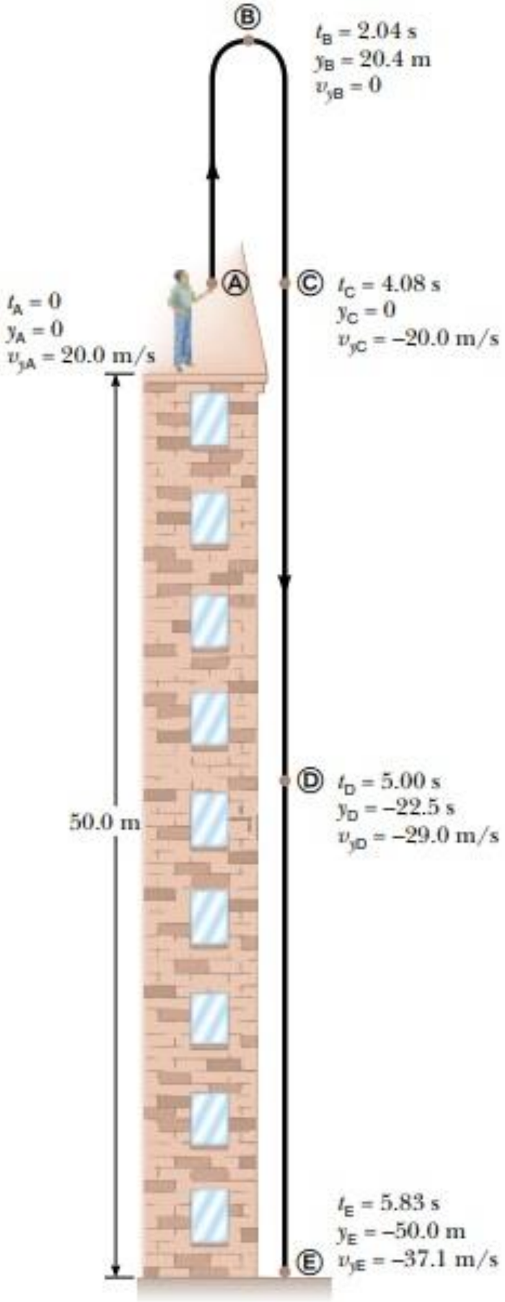


(d) Ⓐ ve Ⓒ noktasında, hızların zıt yönlü olması dışında her şey aynıdır. (c) şıkkında bulunan t değerini Eş. 2.8'de yerine koyarak

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

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

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



e)

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

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

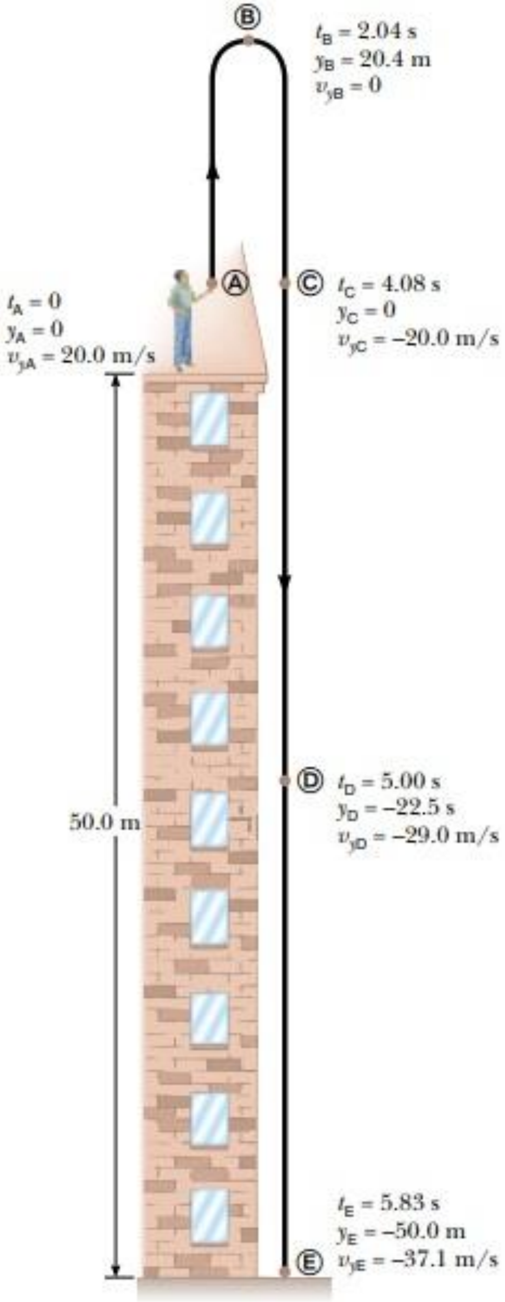
bulunacaktı.

$$y_D = y_C + v_{y\,C}t + \tfrac{1}{2}\ at^2$$

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

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

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



DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

ve

TEKRAR ETMEYİ UNUTMAYINIZ