

11.1.4. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket

11.1.4.1. Bir boyutta sabit ivmeli hareketi örneklerle açıkla.

11.1.4.2. Bir boyutta sabit ivmeli hareket için konum-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafiklerini çiz ve açıkla.

a. Öğrencilerin var olan verileri ya da deneylerden elde edilen verileri kullanarak grafikler çizmeleri, bunları yorumlamaları ve çizilen grafikler arasında dönüşümler yapmaları sağlanır.

b. Öğrencilerin grafiği verilen hareketlilerin hareketlerini tahmin etmelerine fırsat verilir.

c. Öğrencilerin sabit ivmeli hareketin grafiklerinden yararlanarak hareket denklemlerini yorumlamaları sağlanır.

11.1.4.3. Havanın olmadığı ortamda serbest düşen cisimlerin hareketlerini analiz eder.

a. Öğrencilerin Newton'un hareket yasalarını kullanarak serbest düşme hareketi yapan cisimlerin ivmesinin havasız ortamda kütleden bağımsız olduğunu bulmaları sağlanır.

11.1.4.4. Serbest düşen cisimlere etki eden sürtünme kuvvetinin bağlı olduğu değişkenleri analiz eder.

a. Öğrencilerin deney yaparak veya simülasyonlar kullanarak serbest düşme hareketi ile ilgili verileri elde etmeleri, havanın sürtünmesine ilişkin sonuçlar çıkarmaları ve günlük hayattan örnekler vermeleri sağlanır.

11.1.4.5. Limit hız kavramını açıkla, düşen cisimlerin limit hızlarına etki eden değişkenleri analiz eder.

a. Öğrencilerin deney yaparak veya simülasyonlar kullanarak serbest düşme hareketi ile ilgili elde ettiği verilerden limit hızla ilişkin sonuçlar çıkarmaları ve günlük hayat örnekleri vermeleri sağlanır.

11.1.4.6. Bir boyutta sabit ivmeli hareket ile ilgili günlük hayattan problemler çözer.

1.4. BİR BOYUTTA SABİT İVMELİ HAREKET

Asansöre bindiğimizde asansör hızlanarak harekete başlar. Gitmek istediğimiz kata geldiğimizde asansör yavaşlayan hareket yapar. Hareket eden bir cismin hızının artması ya da azalması o cismin ivmeli hareket yaptığını gösterir.

Düz bir yolda hızı düzgün olarak artan ya da düzgün olarak azalan bir hareketlinin yaptığı harekete bir boyutta sabit ivmeli hareket denir.

Hızın düzgün olarak değişmesi demek sabit ivmeli hareket demektir. Sabit ivmeli hareket için cismin sabit bir kuvvetin etkisinde kalması gerekir.

1.4.1. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket Örnekleri

Sabit bir net kuvvetin etkisinde bir doğru boyunca çekilen bir cisim sabit ivmeli hareket yapar. Cismin ivmesi $F=m \cdot a$ bağıntısı ile hesaplanır. Cisim bu kuvvetin etkisinde kaldığı sürece hızı düzgün olarak artmaya devam eder.

Şehirler arası yolcu taşımacılığı yapan, hızlı trenler bir doğru boyunca hareket ederken birçok defa hızını azaltıp artırır. Bir doğru boyunca düzgün olarak hızlanan ya da düzgün olarak yavaşlayan hızlı tren bir boyutta sabit ivmeli hareket yapar.

Havaalanında piste indikten sonra ilerleyen uçaklar düz bir yolda yavaşlayarak durur. Piste indikten sonra ilerleyen uçağa etki eden sabit kuvvet, tekerleklerle zemin arasındaki sürtünme kuvvetidir. Sabit sürtünme kuvvetinin etkisinde düzgün olarak yavaşlayan uçak bir boyutta sabit ivmeli hareket yapar.

1.4.2. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket Örnekleri

Bir boyutta sabit ivmeli hareket eden bir hareketlinin hareketi, hareket grafikleri ile belirlenir. Hareket grafikleri bir cismin zamana göre konumunu, hızını ve ivmesini gösterir. Bir doğru boyunca hareket eden bir hareketlinin hareket grafiklerini çizmek için öncelikle hareketimiz bir doğru boyunca olduğu için doğrunun iki yönünü birbirinden ayırmamız gerekir.

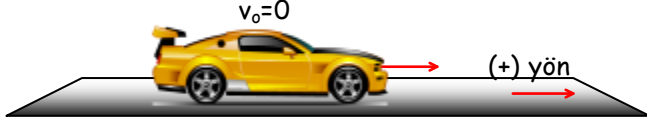
Bir doğru boyunca harekette hareketli doğrunun sağına ya da soluna doğru hareket edebilir. Bu iki yönü birbirinden ayırt etmek için şekildeki gibi iki yön tanımlanır. Bu tanımlama sadece yönleri birbirinden ayırt etmek için kullanılır.

(-) yön

(+) yön

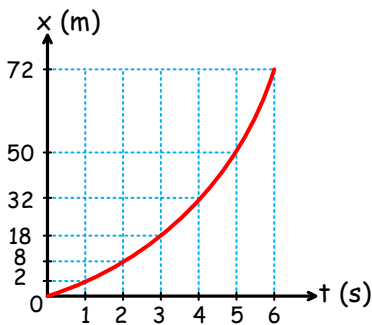
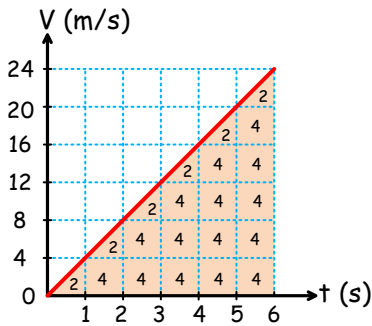
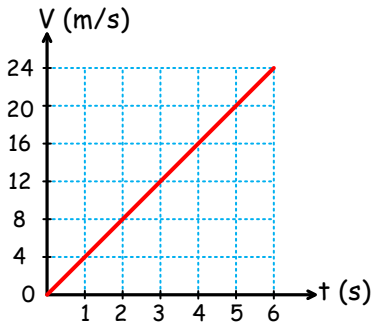


(+) Yönde Hızlanan Hareketlinin Hareket Grafikleri



Durmakta olan bir araba + yönde sabit ivmeyle hızlansın. Arabanın hızı her saniye 4 m/s artsın. Öncelikle bu arabanın hız-zaman grafiğini çizelim.

Arabanın hızı her saniye 4 m/s arttığı için arabanın hız-zaman grafiği şekildeki gibi olur. Hız-zaman grafiğinden, arabanın yer değiştirmesi bulunur.



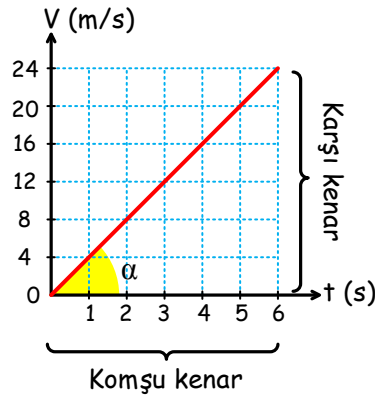
Arabanın hız-zaman grafiğinin altında kalan alan yer değiştirmeyi verir. Taralı alan hesaplandığında arabanın 6. saniye sonundaki yer değiştirmesi bulunur.

Grafiğin altında kalan alan üçgen alanıdır. Araba 6 s'de

$$\frac{6 \cdot 24}{2} = 72 \text{ m}$$

yer değiştirir. Hız-zaman grafiğinin altındaki alandan yararlanılarak bulunan yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimi şekildeki gibidir. **+ yönde hızlanan hareketin konum-zaman grafiği x eksenine doğru eğilir.** Bunun sebebi zaman düzgün olarak arttığında yer değiştirme zaman ilerledikçe artarak değişir.

Arabanın ivme-zaman grafiğini çizmek için birim zamandaki hız değişimi bulunur. Hız-zaman grafiğinin eğimi birim zamandaki hız değişimini verir.



$$\tan \alpha = \vec{a} = \frac{\text{Karşı kenar}}{\text{Komşu kenar}}$$

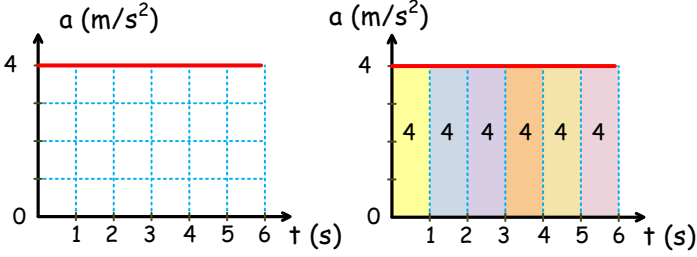
$$\vec{a} = \frac{24}{6} = 4 \text{ m/s}^2$$

İvme, birim zamandaki hız değişimi olduğu için hareketin ivmesi saniyedeki hız artışından da bulunabilir. Arabanın hızı her saniye 4 m/s arttığı için ivmesi 4 m/s² olur.

Hareketin ivmesi,

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{V}_{\text{son}} - \vec{V}_{\text{ilk}}}{t_{\text{son}} - t_{\text{ilk}}}$$

bağıntısı ile de bulunabilir.



İvme zaman grafiğinin altında kalan alan, hız değişimini verir.

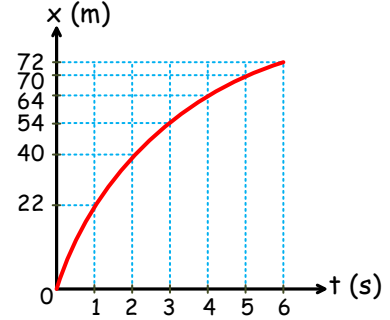
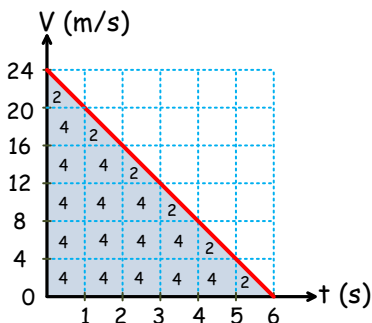
Şekildeki gibi hız-zaman grafiğinin altındaki alan taranır. Şeklin altında kalan alan her saniye zaman aralığında sabit ve 4 olduğu için 6. saniye sonunda cismin hızındaki değişim $6 \cdot 4 = 24 \text{ m/s}$ bulunur. Arabanın harekete başladığında bir ilk hızı varsa hız değişimleri ilk hızla eklenerek arabanın son hızı bulunur. Örneğimizde arabanın ilk hızı sıfır olduğu için 6 saniye sonundaki hızı 24 m/s olur.

(+) Yönde Yavaşlayan Hareketlinin Hareket Grafikleri



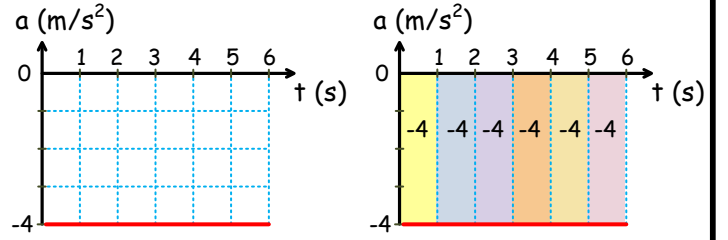
24 m/s ilk hızla harekete başlayan araba, + yönde hızı her saniye 4 m/s azalarak yavaşlasın. Arabanın hız-zaman grafiğini çizelim.

İlk hızı 24 m/s olan arabanın hızı her saniye 4 m/s azaldığı için 6 saniye sonunda hızı sıfır olur. Arabanın hız-zaman grafiği şekildeki gibi olur. Hız-zaman grafiğinin altındaki alan arabanın yer değiştirmesini verir.



+ yönde yavaşlayan hareketli zaman ilerledikçe birim zamanda daha az yol aldığı için hareketin konum- zaman grafiği, zaman eksenine doğru eğilir.

İvme-zaman grafiği



$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{V}_{\text{son}} - \vec{V}_{\text{ilk}}}{t_{\text{son}} - t_{\text{ilk}}} = \frac{0 - 24}{6 - 0} = -4 \text{ m/s}^2$$

Hareketin ivmesi sabit ve -4 m/s^2 olduğu için ivme-zaman grafiği şekildeki gibi çizilir. İvme-zaman grafiğinin altındaki alan hareketlinin hızındaki değişmeyi verir. Taralı alanlar hesaplanırsa her bir saniyede hız -4 m/s değişir. Bu alanların toplamı -24 , 6 saniye sonunda arabanın hızındaki değişmeyi verir. Arabanın ilk hızı 24 m/s olduğu için 6 saniye sonundaki hızı $24 - 24 = 0$ olur.

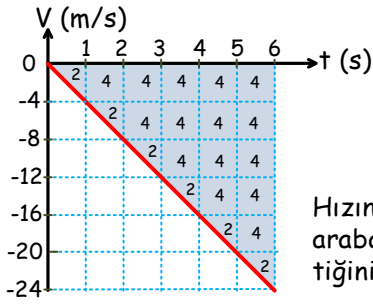
(-) Yönde Hızlanan Hareketlinin Hareket Grafikleri



Durmakta olan bir araba + yönde sabit ivmeyle hızlansın. Arabanın hızı her saniye 4 m/s artsın. Öncelikle bu arabanın hız-zaman grafiğini çizelim.

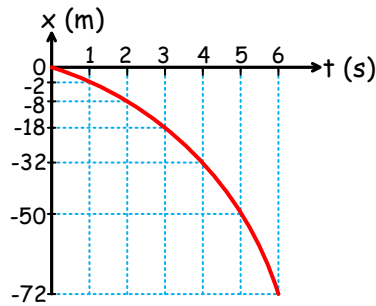
Arabanın hızı her saniye 4 m/s arttığı için arabanın hız-zaman grafiği şekildeki gibi olur. Hız-zaman grafiğinden, arabanın yer değiştirmesi bulunur.

Hız-zaman grafiği

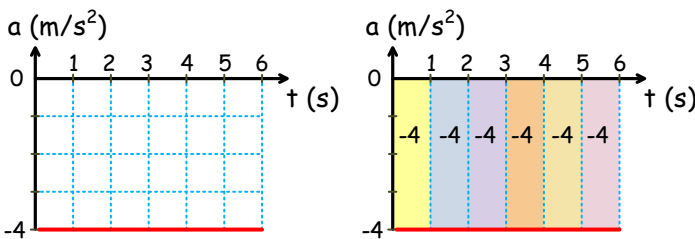


Hızın önündeki (-) işareti arabanın (-) yönde gittiğini gösterir.

Konum-zaman grafiği

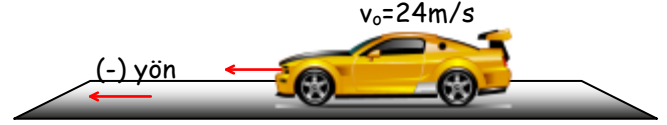


İvme-zaman grafiği



$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{V}_{\text{son}} - \vec{V}_{\text{ilk}}}{t_{\text{son}} - t_{\text{ilk}}} = \frac{-24 - 0}{6 - 0} = -4 \text{ m/s}^2$$

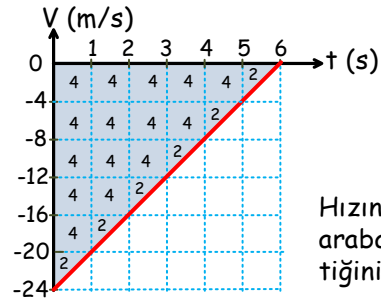
(-) Yönde Yavaşlayan Hareketlinin Hareket Grafikleri



24 m/s ilk hızla harekete başlayan araba, - yönde hızı her saniye 4 m/s azalarak yavaşlasın. Arabanın hız-zaman grafiğini çizelim.

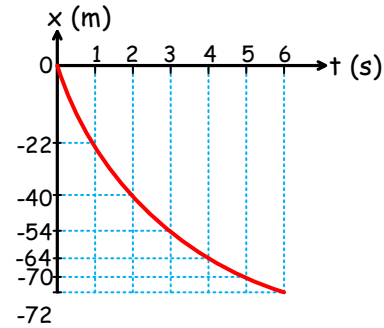
İlk hızı 24 m/s olan arabanın hızı her saniye 4 m/s azaldığı için 6 saniye sonunda hızı sıfır olur. Arabanın hız-zaman grafiği şekildeki gibi olur. Hız-zaman grafiğinin altındaki alan arabanın yer değiştirmesini verir.

Hız-zaman grafiği

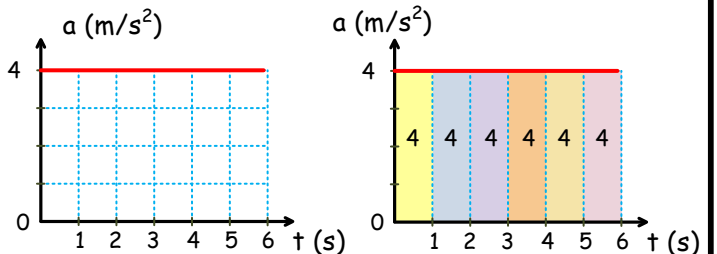


Hızın önündeki (-) işareti arabanın (-) yönde gittiğini gösterir.

Konum-zaman grafiği



İvme-zaman grafiği



$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{V}_{\text{son}} - \vec{V}_{\text{ilk}}}{t_{\text{son}} - t_{\text{ilk}}} = \frac{0 - (-24)}{6 - 0} = 4 \text{ m/s}^2$$

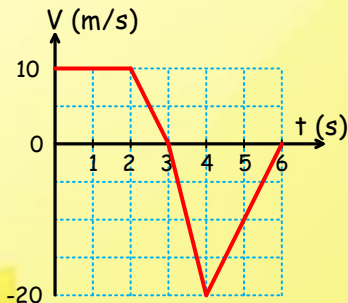
Hareket grafiklerinin genel özellikleri

- ❑ Hız-zaman grafiğinde zaman ekseninin üst tarafındaki hareketler (+) yönde, alt tarafındaki hareketler ise (-) yöndedir.
- ❑ Hız-zaman grafiğinde zaman ekseninin üst bölgesinden alt bölgesine geçiş noktaları hareketlinin yön değiştirdiği zaman değerlerini gösterir.
- ❑ Hız-zaman grafiğinin eğimi ivmeyi verir.
- ❑ Hız-zaman grafiğinin altında kalan alan yer değiştirmeyi verir.
- ❑ İvme-zaman grafiğinin altında kalan alan hız değişimini verir.
- ❑ Hızlanan hareketlerde hız ile ivme her zaman aynı yönlüdür.
- ❑ Yavaşlayan hareketlerde hız ile ivme her zaman ters yönlüdür.
- ❑ Hızlanan hareketlerde konum-zaman grafiği konum eksenine doğru eğrilir.
- ❑ Yavaşlayan hareketlerde konum-zaman grafiği zaman eksenine doğru eğrilir.

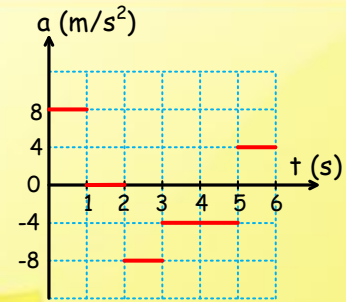
Kavram Yanılgıları

- Yan yana duran iki cisim aynı hıza sahiptir.
- İki cisimden önde (arkada) bulunan daha hızlıdır (yavaştır).
- İvme ve hız daima aynı doğrultudadır.
- Hız bir kuvvettir.
- Eğer hız sıfır ise ivme de sıfır olmalıdır.

Grafik Yorumları

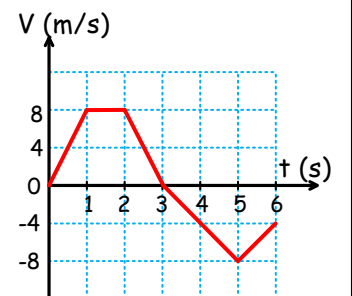
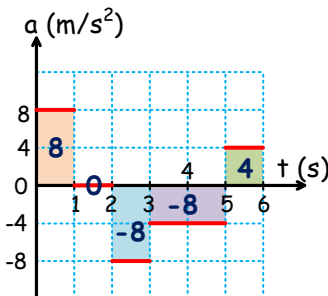


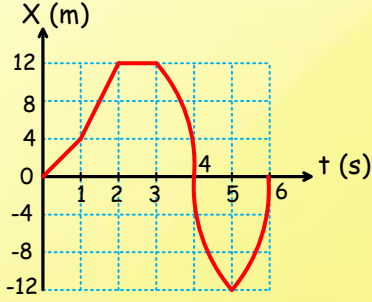
- ❑ 0-2 s arasında cismin hızı değişmediğinden sabit hızlı hareket,
- ❑ 2-3 s arasında (+) x yönünde 10 m/s^2 ivmeyle düzgün yavaşlayan hareket,
- ❑ 3-4 s arasında (-) x yönünde 20 m/s^2 ivmeyle düzgün hızlanan hareket,
- ❑ 4-6 s arasında (-) x yönünde 10 m/s^2 ivmeyle düzgün yavaşlayan hareket yapmıştır.



Duruştan harekete geçiyor.

- ❑ 0-1 s arasında, cisim duruştan harekete başladığından (+) x yönünde 8 m/s^2 ivmeyle hızlanan,
- ❑ 1-2 s arasında, ivmesi sıfırdır. Bu nedenle (+) x yönünde sahip olduğu hızla, sabit hızlı hareket,
- ❑ 2-3 s arasında, (+) x yönünde 8 m/s^2 ivmeyle düzgün yavaşlayan,
- ❑ Cismin hızı 3.s sonunda hızı sıfır olmuştur. Bu nedenle 3-5 s arasında (-) x yönünde 4 m/s^2 ivmeyle düzgün hızlanan,
- ❑ 5-6 s arasında (-) x yönünde 4 m/s^2 ivmeyle düzgün yavaşlayan hareket yapmıştır.





- ☐ 0-1 s arasında, (+) x yönünde sabit hızlı,
- ☐ 1-2 s arasında, (+) x yönünde sabit hızlı,
- ☐ 2-3 s arasında, (+) x yönünde durmuştur.
- ☐ 3-4 s arasında (-) x yönünde düzgün hızlanan,
- ☐ 4-5 arasında (-) x yönünde düzgün yavaşlayan,
- ☐ 5-6 s arasında (+) x yönünde düzgün hızlanan hareket yapmıştır.

Sabit İvmeli Hareket Denklemleri

Hız Denklemleri

Sabit ivmeyle hareket eden bir cismin t anındaki hızı

$$V_{\text{son}} = V_{\text{ilk}} \pm at$$

Düzgün hızlanan hareket ise ivme (+), düzgün yavaşlayan hareket ise ivme (-) alınır.



Trafik lambasına 18 m/s hızla yaklaşan bir otomobil sürücüsü trafik lambasının kırmızıya döndüğünü görünce frene basıyor. Araç 3 s sonra durduğuna göre aracın yavaşlama ivmesi kaç m/s^2 dir?

$$V_{\text{son}} = 0$$

$$V_{\text{ilk}} = 18 \text{ m/s}$$

$$t = 3 \text{ s}$$

$$V_{\text{son}} = V_{\text{ilk}} - at$$

$$0 = 18 - 3a$$

$$18 = 3a$$

$$a = 6 \text{ m/s}^2$$

Sabit İvmeli Hareket Denklemleri

Yer Değiştirme Denklemleri

Sabit ivmeyle hareket eden bir cismin t anındaki yer değiştirmesi,

$$X = V_{\text{ilk}} \cdot t \pm \frac{1}{2} at^2$$

Düzgün hızlanan hareket ise ivme (+), düzgün yavaşlayan hareket ise ivme (-) alınır.



Düz bir yolda seyahat eden bir araç 40 m/s hareket etmektedir. Aracın şoförü frene basarak 2 s'de aracın hızını 20 m/s'ye düşürüyor. Bu sırada aracın aldığı x yolunu bulunuz.

$$V_{\text{son}} = 20 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{ilk}} = 40 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$V_{\text{son}} = V_{\text{ilk}} - at$$

$$20 = 40 - 2a$$

$$20 = 2a$$

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

$$X = V_{\text{ilk}}t - \frac{1}{2} at^2$$

$$X = 40 \cdot 2 - \frac{1}{2} 10 \cdot 2^2$$

$$X = 60 \text{ m}$$

Sabit İvmeli Hareket Denklemleri

Zamansız Hız Denklemleri

Sabit ivmeyle hareket eden bir cismin zamandan bağımsız hızı,

$$(V_{son})^2 = (V_{ilk})^2 \pm 2ax$$

Düzgün hızlanan hareket ise ivme (+), düzgün yavaşlayan hareket ise ivme (-) alınır.



Duruştan harekete geçen bir aracın şoförü aracın hızını düzgün olarak her saniye 10 m/s arttırarak hızlandırmaktadır. Aracın hızı 30 m/s olduğunda aldığı yol kaç metredir?

$$V_{son} = 30 \text{ m/s}$$

$$V_{ilk} = 0$$

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

$$(V_{son})^2 = (V_{ilk})^2 \pm 2ax$$

$$(30)^2 = 2 \cdot 10x$$

$$900 = 20x$$

$$x = 45 \text{ m}$$

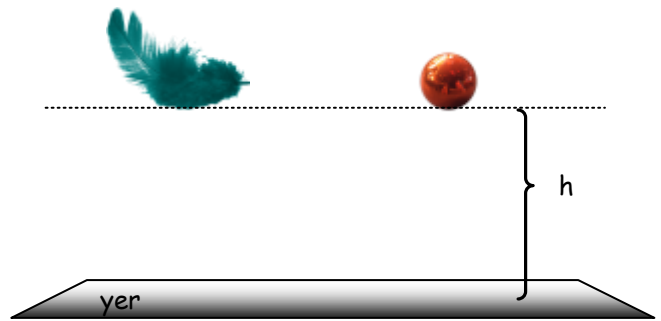
1.4.3. Havanın Olmadığı Ortamda Serbest Düşen Cisimler

Elimizde belirli bir yükseklikte tuttuğumuz tahta kalemi ve silgisini serbest bıraktığımızda cisimler yer çekimi kuvvetinin etkisinde yere doğru hızlanır. $F=m \cdot a$ bağıntısına göre iki cismi de çeken kuvvet, ağırlıkları olduğu için $m \cdot g = m \cdot a$ olur ve cisimlerin ivmesi $a=g$ bulunur. **Havasız ortamda belirli bir yükseklikten düşen cisimlerin ivmesi cisimlerin kütesinden bağımsızdır. Serbest düşen cisimlerin ivmesi havasız ortamda yer çekim ivmesidir.**

Hava direncinin ihmal edildiği ideal ortamlarda ilk hızı sıfır olan cisimlerin yaptığı düşme hareketine serbest düşme denir. Serbest düşen cisim bir doğru boyunca hareket eder. Bu yüzden hareket için + ve - yönü tanımlamamız gerekir. Serbest düşen cisim için yere doğru yapılan hareketin hareket yönünü - yön olarak kabul edeceğiz. Ayrıca serbest düşen cismin yer çekim ivmesi ile hareket ettiğini öğrendik. Yer çekim ivmesini hareket boyunca sabit ve $g = 10 \text{ m/s}^2$ alacağız.

Serbest düşme ile ilgili İtalyan fizikçisi Galileo serbest düşen nesnelere ilişkin yasayı formüle etmeyi başarmıştır. Galileo yaptığı deneylerde düşen cisimlerin kütleleri ne olursa olsun aynı hız değişimine sahip olduklarını buldu. Ayrıca **durgun hâlden harekete başlayan cismin aldığı mesafeler arasındaki oran, bu mesafelerin alınması için harcanan sürelerin karesi ile orantılı** olduğunu buldu.

Sürtünmenin ihmal edildiği ortamda tüy ve demir bilyeyi aynı yükseklikten bırakırsak aynı hız değişimi ile hızlanır. Tüy ve demir bilye aynı zamanda aynı yolu alır. İki cismin de yere çarpma hızı birbirine eşit olur.



Düşen Cisimlerin Hareket Grafikleri

Yerden h kadar yükseklikten ilk hızı sıfır bırakılan bir cismin yerçekimi kuvvetinin etkisiyle yaptığı harekettir.

Serbest düşme hareketinde cisim sabit ivmeli düzgün hızlanan hareket yapar.

Hareket bağıntıları düzgün doğrusal hareket konusundaki düzgün hızlanan hareket konusu ile aynıdır.

Alınan yol (x) yerine yükseklik (h), ivme (a) yerine yerçekimi ivmesi (g) yazılır. İlk hız (v_0) sıfırdır.

Buna göre serbest düşme ile ilgili bağıntılar şöyledir.

$$V_{son} = V_{ilk} \pm gt$$

$$h = V_{ilk} \cdot t \pm \frac{1}{2}gt^2$$

$$(V_{son})^2 = (V_{ilk})^2 \pm 2gh$$

Cisim, düşey doğrultuda aşağıdan yukarıya doğru v_0 hızıyla atılırsa, yer çekim kuvvetinin etkisinde, g ivmesiyle yavaşlamaya başlar. Bu durumda bağıntılarda g ivmesi (-) alınır.

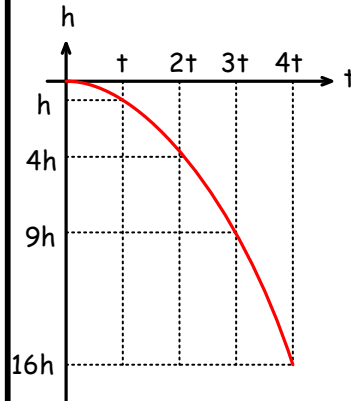
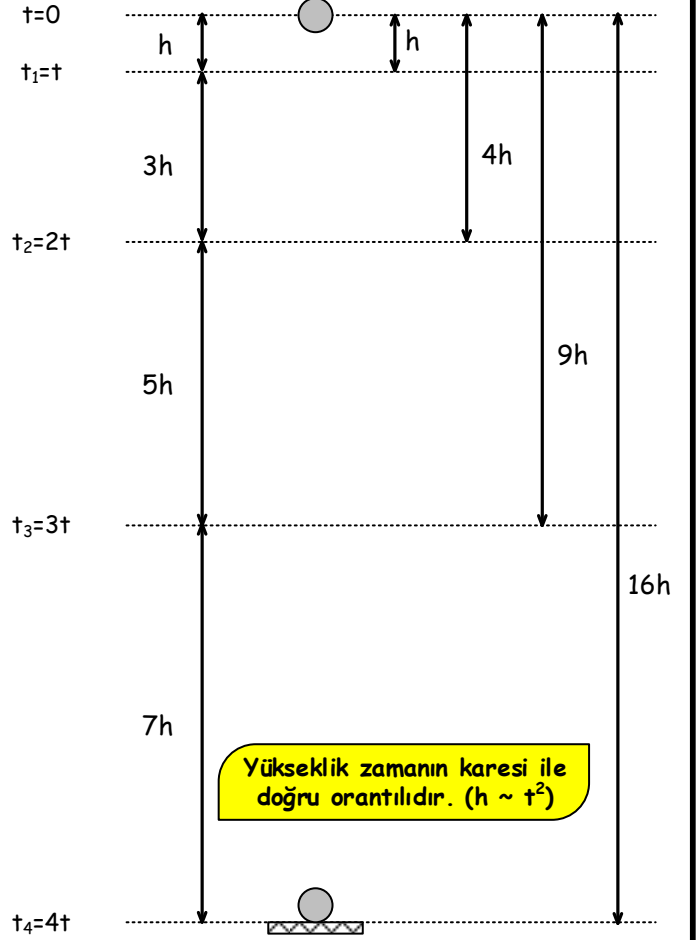
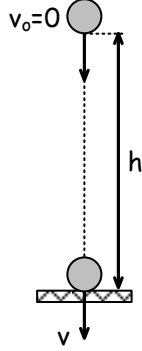
Maksimum yükseklikte hızı sıfır olur. Bu noktada cisim serbest düşmeye başlayarak yer çekim kuvvetinin etkisinde, g ivmesiyle yere doğru hızlanmaya başlar ve yere v hızıyla çarpar. Bu durumda bağıntılardaki ilk hız sıfır alınır.

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$V^2 = 2gh$$

$$V = gt$$

Cisim, düşey doğrultuda yukarıdan aşağıya doğru v_0 hızıyla atılırsa, yer çekim kuvvetinin etkisinde, g ivmesiyle hızlanmaya başlar. Bu durumda bağıntılarda g ivmesi (+) alınır.



Serbest düşme hareketi yapan cisim birim zaman dilimlerinde $h, 3h, 5h, 7h, \dots, nh$ yollarını alır.

Düşen Cisimlerin Hareket Grafikleri

Yerden h kadar yükseklikten ilk hızsız bırakılan bir cismin yerçekimi kuvvetinin etkisiyle yaptığı harekettir.

Serbest düşme hareketinde cisim sabit ivmeli düzgün hızlanan hareket yapar.

Hareket bağıntıları düzgün doğrusal hareket konusundaki düzgün hızlanan hareket konusu ile aynıdır.

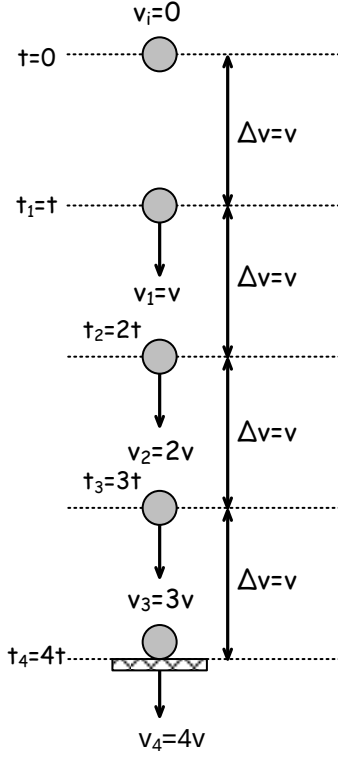
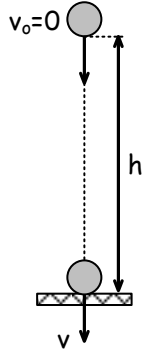
Alınan yol (x) yerine yükseklik (h), ivme (a) yerine yerçekimi ivmesi (g) yazılır. İlk hız (v_0) sıfırdır.

Buna göre serbest düşme ile ilgili bağıntılar şöyledir.

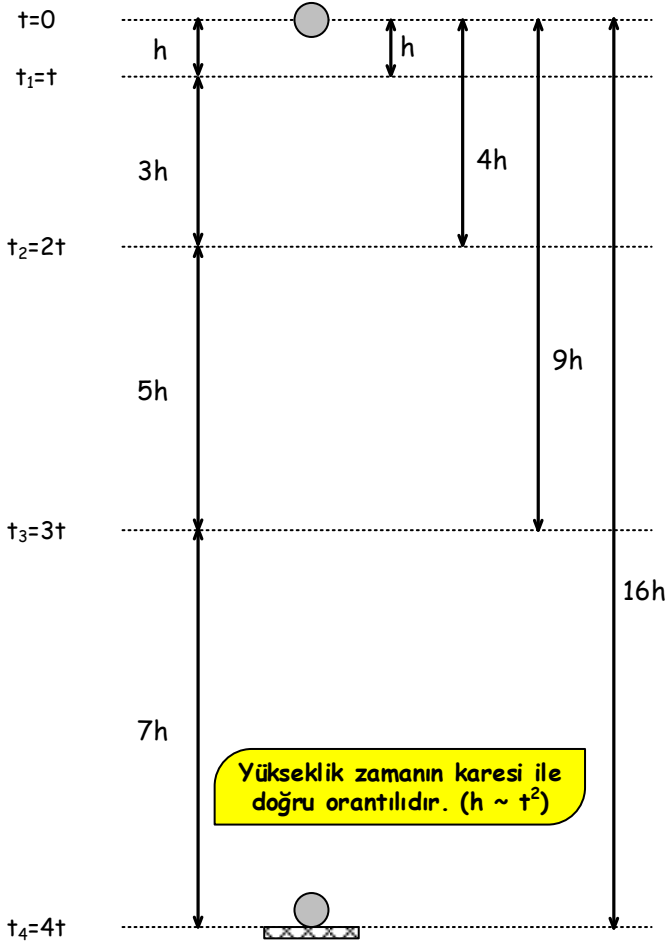
$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v^2 = 2gh$$

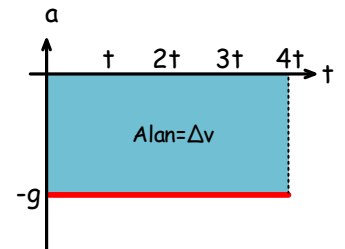
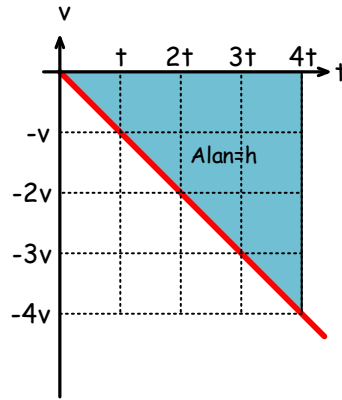
$$v = gt$$



Serbest düşme hareketinde cismin yere düşme süresi cismin kütlesinden bağımsız olup cismin yerden yüksekliğine bağlıdır.



Yükseklik zamanın karesi ile doğru orantılıdır. ($h \sim t^2$)



Kavram Yanılgıları

- ❑ Aynı yükseklikten bırakılan ağır cisimler hafif cisimlere göre daha önce yere düşer. İvme, hız ile aynı anlamdadır.
- ❑ Düşen bir cismin ivmesi kütesine bağlıdır.
- ❑ Serbest düşen cisimler sadece aşağı yönde hareket edebilir.
- ❑ Boşlukta yer çekimi ivmesi yoktur.
- ❑ Yer çekimi kuvveti cisimlere sadece düşerken etki eder.

1.4.4. Serbest Düşen Cisimlere Etki Eden Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Değişkenler

14 Ekim 2012 tarihinde Avusturyalı paraşütçü Felix Baumgartner, 39 bin metre yükseklikten atladı. Dünyaya yaklaşan Felix, belirli bir yükseklikte paraşütünü açarak 9 dakika süren atlayışını başarıyla tamamladı. Baumgartner'in yeryüzüne güvenli şekilde inmesini sağlayan sebep neydi?

Hava ortamında hareket eden cisimlerin hava ile temas eden yüzeylerine hava sürtünme kuvveti etki eder. Kendini serbest düşmeye bırakan Felix, havanın sürtünme kuvveti sayesinde yeryüzüne güvenli bir şekilde inmiştir. Hava sürtünme kuvveti, hava ortamında hareket eden cisimlere hareketin zıt yönünde etki eden direnç kuvvetidir. Bu kuvvete hava direnci denir.

Maddelerinin yüzeylerin farklı olması hava direncini değiştirmektedir. Hava molekülleri maddenin yüzeyine çarptığı için moleküllerin bu temasında yüzeyin cinsi önem taşır. **Hava direnci yüzeyin cinsine bağlıdır. Hava direnci, yüzey büyüdükçe artmaktadır.**

Felix'in paraşüt açmasının sebebi yüzey alanını büyütüp hava direncini artırmaktır. **Hava direnci yüzeyin büyüklüğü ile doğru orantılıdır.** Yapılan deneyler hava direnç kuvvetinin düşen cismin hızına bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Cismin hızı arttıkça cisme çarpan molekül sayısı artmaktadır. **Hava direnci cismin hızının karesi ile doğru orantılıdır.**

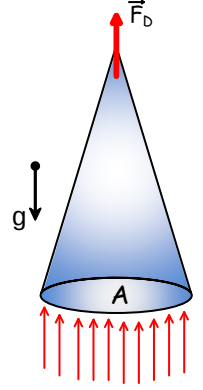
Taban alanı A olan koni şeklindeki cisim, serbest düşerken hareket yönünün tersi yönünde hava direnç kuvveti etki eder.

F_d : Hava direnç kuvveti

k : Cismin biçimine ve havanın öz kütesine bağlı katsayı A : En geniş yüzey

v : Cismin hızı olmak üzere hava direncini bulmak için

$$F_d = kAv^2 \quad \text{bağıntısı kullanılır.}$$



Bu bağıntıya göre **hava direnci, yüzeyin cinsi, düşen cismin en geniş yüzey alanı ve düşen cismin hızının karesine bağlıdır.** Hava ortamında serbest düşen cisimlere etki eden hava direnci hızının karesi ile arttığı için cisme etki eden hava direnç kuvveti cisim hızlandıkça artar. Hava direnç kuvveti arttığı zaman cisme etki eden net kuvvet azalır. Çünkü cismi aşağıya doğru ağırlığı çekerken hareket yönünün tersi yönünde etki eden hava direnç kuvveti yavaşlatma etkisi yapar.

Hız arttıkça artan hava direnç kuvveti cismin azalan ivme ile hızlanmasına sebep olur.

1.4.5. Limit hız (Terminal hız)

Yağmur damlaları neden sabit hızla başımıza düşer? Yağmur damlaları buluttan ayrıldıktan sonra yer çekiminin etkisinde yerin merkezine doğru çekilir. Hava ortamında hareket eden damlalara hava direnç kuvveti etki eder. Yağmur damlaları hızlandıkça damlalara etki eden hava direnç kuvveti artar.

Uçaktan atlayan paraşütçüler yer çekim kuvvetinin etkisinde hızlanırken, hareket yönlerinin tersi yönünde hava direnç kuvvetine maruz kalırlar. Hızları arttıkça hava direnç kuvveti artar. Paraşütçüler yaklaşık olarak 198 km/h hız değerinde limit hıza ulaşırlar. Bu hız değerinde paraşütlerini açarak yeryüzüne güvenli iniş gerçekleştirirler.

Paraşütün yüzey alanının artması düşme süresinin artmasına sebep olurken, paraşütün taşıdığı ağırlığının artması düşme süresinin azalmasına neden olur

Buluttan düşen yağmur damlası azalan net kuvvetin etkisinde hızlanır. Net kuvvetin azalmasının sebebi hava direnç kuvvetinin artmasıdır. Hava direnç kuvveti yağmur damlasının ağırlığına eşit oluncaya kadar artar. İki kuvvet eşit olunca yağmur damlası üzerindeki net kuvvet sıfır olur. Net kuvvet sıfır olduktan sonra yağmur damlasının hızı değişmez. Bu hız değerine limit hız denir.

$$G = F_d$$

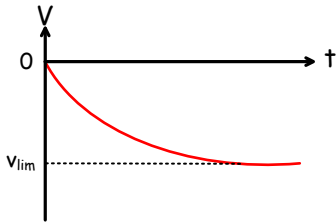
$$mg = k \cdot A \cdot v_{lim}^2$$

$$v_{lim} = \sqrt{\frac{mg}{k \cdot A}}$$

$$\vec{F}_d = kAv^2$$



Limit hız, yağmur damlasının ağırlığının karekökü ile doğru orantılıdır. Düşen yağmur damlasının limit hızı, düşme doğrultusunda dik en geniş kesit alanı ve sürtünme katsayısının karekökü ile ters orantılıdır. Buluttan düşen yağmur damlası azalan ivme ile hareket ettiği için hız-zaman grafiği zaman eksenine doğru eğrilir.



1.4.6. Bir Boyutta Sabit İvmeli Hareket ile İlgili Günlük Hayattan Problemler

180 m yükseklikten serbest bırakılan bir taş;

A) Kaç saniye sonra yere düşer?

B) Yere hangi hızla çarpar? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

$$A) h = \frac{1}{2} gt^2$$

$$180 = \frac{1}{2} 10t^2$$

$$t^2 = 36$$

$$t = 6 \text{ s}$$

$$B) V = gt$$

$$V = 10 \cdot 6$$

$$V = 60 \text{ m/s}$$

Bir taş h yükseklikten bırakıldıktan 2 saniye sonra başka bir taş aşağı doğru 30 m/s hızla atılıyor. Taşlar kaç saniye sonra karşılaşırlar? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

Taşlar aynı yükseklikten bırakıldığı için aldıkları yollar eşit olur. 2'nci taş t sürede yol alırken, 1'inci taş $(t+2)$ süre yol alır.

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= h_2 \\ \frac{1}{2} g(t+2)^2 &= 30t + \frac{1}{2} gt^2 \\ \frac{1}{2} g(t^2 + 2t + 4) &= 30t + \frac{1}{2} gt^2 \\ 5(t^2 + 2t + 4) &= 30t + 5t^2 \\ 5t^2 + 20t + 20 &= 30t + 5t^2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} 10t &= 20 \\ t &= 2 \text{ s} \end{aligned}$$

2'nci taş atıldıktan 2 s, 1'inci taş bırakıldıktan $2+2=4$ s sonra karşılaşırlar.

125 m yükseklikten bir taş serbest bırakıldıktan 2 saniye sonra başka bir taş bırakılıyor. Birinci taş yere çarptığında ikincisi yerden kaç metre yükseklikte olur? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

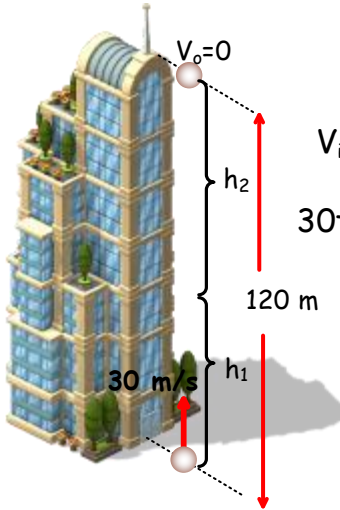
$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{1}{2} gt^2 \\ 125 &= \frac{1}{2} 10t^2 \\ t^2 &= 25 \\ t &= 5 \text{ s} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &1'inci taş 5 s'de yere ulaşmıştır. Buna göre, 2'nci taşın havada kalma süresi 5-2=3 s olur. 2'nci taşın 3 s'de aldığı yol, \\ h &= \frac{1}{2} gt^2 \\ h &= \frac{1}{2} 10 \cdot 3^2 \\ h &= 45 \text{ m} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{Yerden yüksekliği} \\ &125 - 45 = 80 \text{ m} \end{aligned}$$

h yüksekliğinden serbest bırakılan bir taş üç eşit zaman aralığında yere düşüyor. İkinci zaman aralığında alınan yol 42 m olduğuna göre h yüksekliği kaç metredir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

Serbest bırakılan cisim, üç eşit zaman aralığında sırasıyla h , $3h$ ve $5h$ yollarını alarak toplam aldığı yol $9h$ olur.

$$\begin{aligned} 3h &= 42 & 9h &= 9 \cdot 14 \\ h &= 14 \text{ m} & 9h &= 126 \text{ m} \end{aligned}$$

Bir taş 120 metre yükseklikten serbest bırakıldığı anda başka bir taş yerden yukarıya doğru düşey olarak 30 m/s hızla atılıyor. Taşlar kaç saniye sonra ve yerden ne kadar yükseklikte karşılaşsınlar? ($g=10 \text{ m/s}^2$)



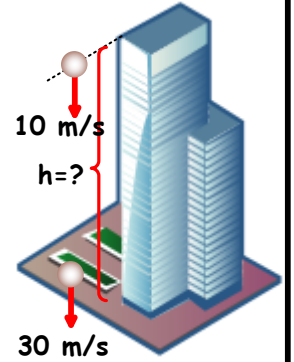
$$\begin{aligned} h_1 + h_2 &= 120 \\ V_{ilk} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 + \frac{1}{2} g t^2 &= 120 \\ 30t - \frac{1}{2} 10t^2 + \frac{1}{2} 10t^2 &= 120 \\ 30t &= 120 \\ t &= 4 \text{ s} \\ h_1 &= V_{ilk} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \\ h_1 &= 30 \cdot 4 - \frac{1}{2} 10 \cdot 16 \\ h_1 &= 40 \text{ m} \end{aligned}$$

Hava sürtünmesinin dikkate alındığı bir durumda serbest düşmekte olan 1 kg kütleli cismin hızı v olduğunda, etki eden sürtünme kuvveti $0,5v^2$ ise bu cismin ulaşabileceği maksimum hız kaç m/s dir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

$$\begin{aligned} G &= F_d \\ mg &= 0,5v^2 \\ 10 &= 0,5v^2 \\ v &= \sqrt{20} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Bir kulenin üzerinden aşağıya doğru düşey olarak 10 m/s hızla atılan bir cisim yere 30 m/s hızla çarptığına göre kulenin yerden yüksekliği kaç metredir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

$$\begin{aligned} (V_{son})^2 &= (V_{ilk})^2 + 2gh \\ 30^2 &= 10^2 + 2 \cdot 10 \cdot h \\ 900 &= 100 + 20h \\ 800 &= 20h \\ h &= 40 \text{ m} \end{aligned}$$



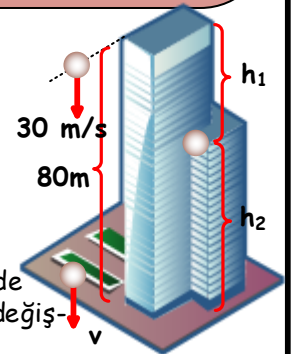
Bir binanın üzerinden aşağıya doğru düşey olarak 10 m/s hızla atılan bir cisim 1 saniye sonra yere çarptığına göre kulenin yerden yüksekliği kaç metredir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

$$\begin{aligned} h &= V_{ilk} \cdot t + \frac{1}{2} g t^2 \\ h &= 10 \cdot 1 + \frac{1}{2} 10 \cdot 1 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} h &= V_{ilk} \cdot t + \frac{1}{2} g t^2 \\ h &= 10 \cdot 1 + \frac{1}{2} 10 \cdot 1 \end{aligned}} \right\} h = 15 \text{ m}$$

80 m yüksekliğindeki bir binanın üzerinden aşağıya doğru düşey olarak 30 m/s hızla atılan bir cismin,

- A) 1 saniye sonraki hızı ve yerden yüksekliği nedir?
B) Cisim yere kaç saniye sonra ve hangi hızla çarpar? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

$$\begin{aligned} \text{A) } v &= v_0 + gt & h_1 &= V_{ilk} \cdot t + \frac{1}{2} g t^2 \\ v &= 30 + 10 \cdot 1 & h_1 &= 30 \cdot 1 + \frac{1}{2} 10 \cdot 1 \\ v &= 40 \text{ m/s} & h_1 &= 35 \text{ m} \\ h_2 &= 80 - 35 = 45 \text{ m} \end{aligned}$$



B) Düşey doğrultudaki hareketlerde cisimlerin her saniyedeki yer değiş-tirmeleri arasındaki fark 10 m 'dir. Buna göre cisim ilk saniyede 35 m yol almıştır. Geriye 45 m kaldığından cismin toplam hareket süresi 2 saniyedir.

$$v = v_0 + gt \quad v = 30 + 10 \cdot 2 \quad v = 50 \text{ m/s} \text{ hızla yere çarpar.}$$

Derinliği 68 m olan bir su kuyusunun ağzından 24 m/s hızla düşey olarak aşağıya doğru atılan bir taşın suya çarpma sesi atıldıktan kaç saniye sonra kuyunun ağzında duyulur? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(Sesin havada yayılma hızı 340 m/s dir.)

Taşın atıldıktan bir saniye içinde aldığı yol,

$$h_1 = v_{ilk}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$h_1 = 24.1 + \frac{1}{2}10.1$$

$$h_1 = 29 \text{ m}$$

Buna göre taş ilk saniyede 29 metre yol almıştır. Geriye $68-29=39 \text{ m}$ kaldığından taşın suya çarpma süresi 2 s'dir.

Taş suya çarptıktan sonra sesin kuyunun ağzına ulaşması için geçen süre, $68=340.t$; $t = 0,5 \text{ s}$ olur. Buna göre taş atıldıktan $2+0,5=2,5 \text{ s}$ sonra çarpma sesi duyulur.

Bir cisim yerden yukarıya doğru 50 m/s hızla düşey olarak atılıyor.

- A) Cismin 2 saniye sonraki hızı ve yerden yüksekliği nedir?
- B) Cisim yerden en fazla kaç metre yüksekliğe, kaç saniyede çıkar?
- C) Cisim atıldıktan kaç saniye sonra yere düşer? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

A) $h = v_{ilk}t - \frac{1}{2}gt^2$ $v = v_0 - gt$

$$h = 50.2 - \frac{1}{2}10.4$$

$$h = 80 \text{ m}$$

$$v = 50 - 10.2$$

$$v = 30 \text{ m/s}$$

B) Cisim, son hızı sıfır oluncaya kadar yükseklir.

$$(v_{son})^2 = (v_{ilk})^2 + 2gh$$

$$0 = 50^2 + 2.10.h$$

$$2500 = 20h$$

$$h = 125 \text{ m}$$

$$v = v_0 - gt$$

$$0 = 50 - 10.t$$

$$t = 5 \text{ s}$$

C) Cismin maksimum yüksekliğe çıkış süresi, maksimum yükseklikten yere varış süresine eşittir. Buna göre cisim, atıldıktan $5 + 5 = 10 \text{ s}$ sonra yere düşer.

Kendinizi deneyin.



v_0 hızıyla düşey olarak yukarı doğru atılan bir taşın hızı 60 metre yükseklikte yarıya düşüyor.

Buna göre, taş yerden en fazla kaç metre yüksekliğe çıkar? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(80 m)

Kendinizi deneyin.



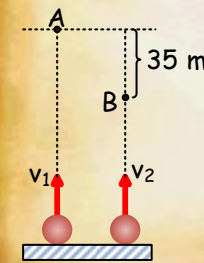
Düşey olarak yukarı doğru atılan bir top 4 saniye sonra yere düştüğüne göre yerden en fazla kaç metre yüksekliğe çıkar? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(20 m)

Kendinizi deneyin.



Yerden yukarıya doğru v_1 ve v_2 hızlarıyla aynı anda atılan iki taş A ve B noktalarına 35 m çıkıp 2 saniye arayla yere düşüyorlar. v_1 ve v_2 hızlarını bulunuz. ($g=10 \text{ m/s}^2$)



(40 m/s, 30 m/s)

Kendinizi deneyin.



Yerden yukarıya doğru düşey olarak atılan bir taş apartmanın penceresinden önce 1. saniyede, ikincisinde 4. saniyede geçiyor.

Taşın ilk hızını ve pencerenin yerden yüksekliğini bulunuz? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(25 m/s, 20 m)

Kendinizi deneyin.



160 m yüksekliğinde bir kulenin tepesinden aşağıya doğru bir top 20 m/s hızla atıldığı anda başka bir top kulenin dibinden yukarı doğru 60 m/s lik hızla atılıyor. İki top nerede ve ne zaman karşılaşır? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(yerden 100 m, 2 s)

Kendinizi deneyin.



Bir taş köprüden yukarı doğru düşey olarak 30 m/s hızla atılıyor. Taş atıldıktan 10 s sonra yere düşüyor.

- A) Taş yerden en fazla kaç m yüksekliğe çıkar?
B) Köprü'nün yerden yüksekliği nedir?
($g=10 \text{ m/s}^2$)

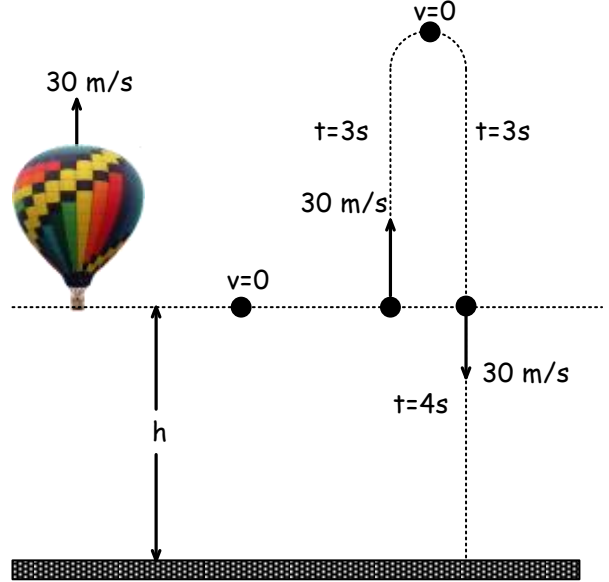
(245 m, 200 m)

Düşey olarak 30 m/s hızla yükselmekte olan bir balondan bırakılan bir taş 10 saniyede yere düşüyor. Taş bırakıldığı anda balonun yerden yüksekliği kaç metredir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

Sabit v hızıyla yükselmekte olan sıcak hava balonunda bulunan bir kişinin elindeki cismi serbest bırakması veya belli bir hızla atması sonucunda;

Balondaki kişi balonla birlikte aynı hızla hareket ettiğinden cismi bıraktığı veya attığı hızla görür.

Yerden balonu seyreden bir kişi ise cismin hareketini bileşke bir hareket olarak görür.



Balondaki kişi cismi balona göre serbest bırakırsa yerdeki gözlemci cismi yerden h kadar yükseklikten 30 m/s hızıyla aşağıdan yukarıya doğru düşey atış hareketi yaptığını görür.

$$V_{\text{yer}} = 30 + 0 = 30 \text{ m/s}$$

Taş, yer çekim kuvvetinin etkisinde maksimum yüksekliğe kadar önce düzgün yavaşlayan, daha sonra maksimum yükseklikten itibaren düzgün hızlanan hareket yapar.

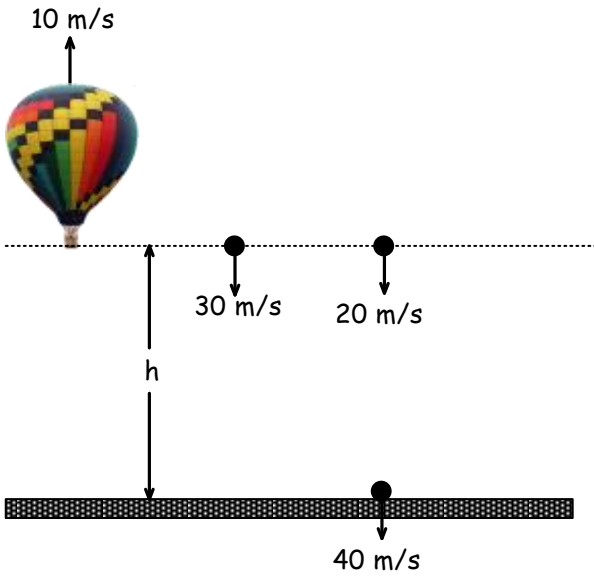
$$h = V_{\text{ilk}} \cdot t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = 30 \cdot 4 + \frac{1}{2} 10 \cdot 16$$

$$h = 200 \text{ m}$$

DüŖey olarak 10 m/s hızla yükselmekte olan bir balondan 30 m/s hızla düŖey olarak aŖağıya doğru atılan bir taŖ 40 m/s hızla yere çarpıyor. ($g=10 \text{ m/s}^2$)

- A) TaŖ kaç saniyede yere ulaŖmıŖtır?
B) TaŖın atıldığı anda balonun yerden yüksekliği kaç metredir?



Balondaki kiŖi taŖı balona göre 30 m/s hızla aŖağıya doğru atarsa yerdeki gözlemci cismi yerden h kadar yüksekten 20 m/s hızla yukarıdan aŖağıya atıŖ hareketi yaptığını görür.

$$V_{\text{yer}} = 30 - 10 = 20 \text{ m/s}$$

A) $v = v_0 + gt$ B) $h = v_{\text{ilk.}}t + \frac{1}{2}gt^2$
 $40 = 20 + 10.t$ $h = 20.2 + \frac{1}{2}10.4$
 $t = 2 \text{ s}$ $h = 60 \text{ m}$

Kendinizi deneyin.

DüŖey olarak 30 m/s hızla yükselmekte olan bir balon, yerden 135 m yükseklikteyken balondan bir taŖ bırakılıyor. ($g=10 \text{ m/s}^2$)

- A) TaŖ kaç saniye sonra hangi hızla yere çarpar?
B) TaŖ yere çarptığı anda balonun yerden yüksekliği kaç metredir?

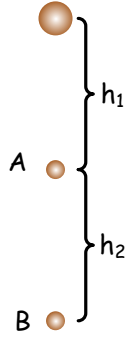
(9 s, 60 m, 405 m)

Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları

1) Serbest düşmeye bırakılan iki cisim yere 10 m/s ve 25 m/s hızla düşüyor. Cisimlerin yere düştükleri mesafelerin oranı kaçtır?

$$\frac{(v_1)^2}{(v_2)^2} = \frac{2gh_1}{2gh_2} \Rightarrow \frac{10^2}{25^2} = \frac{h_1}{h_2} \Rightarrow \frac{100}{625} = \frac{h_1}{h_2}$$

$$\frac{4}{25} = \frac{h_1}{h_2}$$



2) Serbest düşmeye bırakılan bir cisim A noktasından 10 m/s, B noktasından 30 m/s hızla geçtiğine göre $\frac{h_1}{h_2}$ oranını bulunuz.

$$(V_A)^2 = 2gh_1 \quad (V_B)^2 = 2g(h_1 + h_2)$$

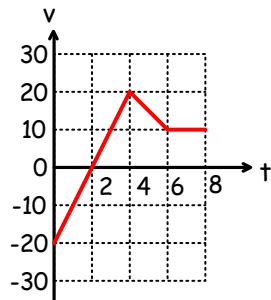
$$(10)^2 = 2 \cdot 10 \cdot h_1 \quad (30)^2 = 2 \cdot 10(h_1 + h_2)$$

$$h_1 = 5 \text{ m} \quad (h_1 + h_2) = 45 \text{ m}$$

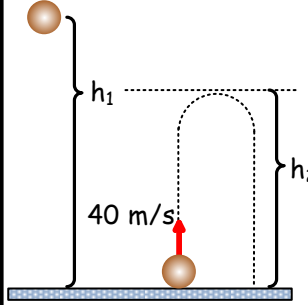
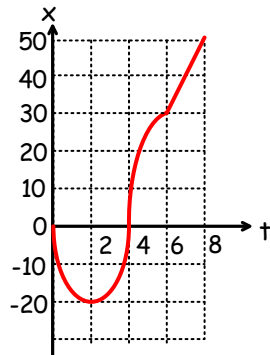
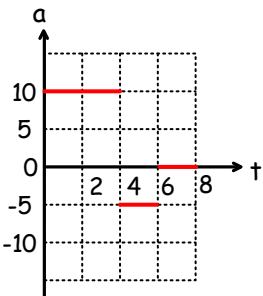
$$(5 + h_2) = 45 \text{ m}$$

$$h_2 = 40 \text{ m}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}$$



3) Bir hareketlinin v-t grafiği şekildeki gibidir. Bu hareketlinin x-t ve a-t grafiklerini çiziniz.



4) Aynı anda harekete başlayan cisimler aynı anda yere düştüğüne göre $\frac{h_1}{h_2}$ oranını bulunuz

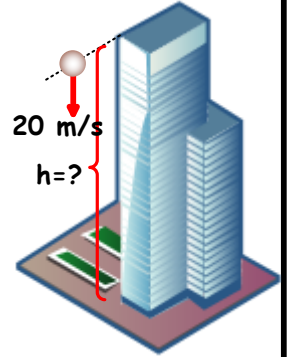
40 m/s hızla aşağıdan yukarıya atılan cisim yer çekim kuvvetinin etkisinde her saniye hızı 10 m/s azalacak şekilde düzgün yavaşlayan hareket yapar. Buna göre 4 s'de h_2 yüksekliğini alan cisim 4 s'de de aşağı iner. Toplam hareket süresi 8 s olur.

$$h_1 = \frac{1}{2}gt^2 \quad h_2 = V_0t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$h_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 8^2 \quad h_2 = 40 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4^2 \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{320}{80} = 4$$

$$h_1 = 320 \text{ m} \quad h_2 = 80 \text{ m}$$

5) Bir binanın tepesinden aşağıya doğru şekildeki gibi atılan cisim 6 s sonra yere düştüğüne göre binanın yerden yüksekliğini bulunuz.

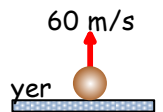


$$h = V_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$h = 20 \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 6^2$$

$$h = 300 \text{ m}$$

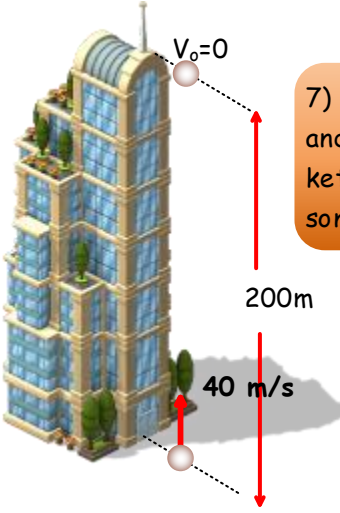
6) Şekildeki cisim 60 m/s hızla yerden yukarı doğru atılıyor. Cismin 8 s sonra yerden yüksekliğini bulunuz.



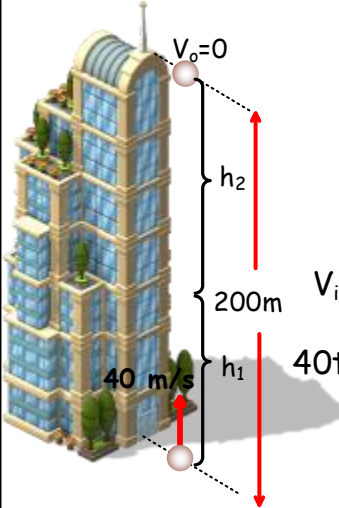
60 m/s hızla aşağıdan yukarıya atılan cisim yer çekim kuvvetinin etkisinde her saniye hızı 10 m/s azalacak şekilde düzgün yavaşlayan hareket yapar. Buna göre 6 s'de maksimum yüksekliğe çıkar. Buradan serbest düşmeye başlar. 2 s sonra hızı 20 m/s olur ve yere 4 s sonra ulaşır. Buna göre yerden yüksekliği,

$$h = V_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$h = 20 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4^2 \quad h = 160 \text{ m}$$



7) Şekildeki iki cisim aynı anda belirtilen hızlarla harekete başlıyor. Cisimler kaç s sonra karşılaşır?

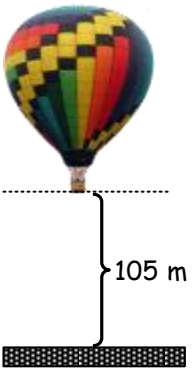


$$h_1 + h_2 = 200$$

$$V_{ilk} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 + \frac{1}{2} g t^2 = 200$$

$$40t - \frac{1}{2} 10 t^2 + \frac{1}{2} 10 t^2 = 200$$

$$t = 5 \text{ s}$$

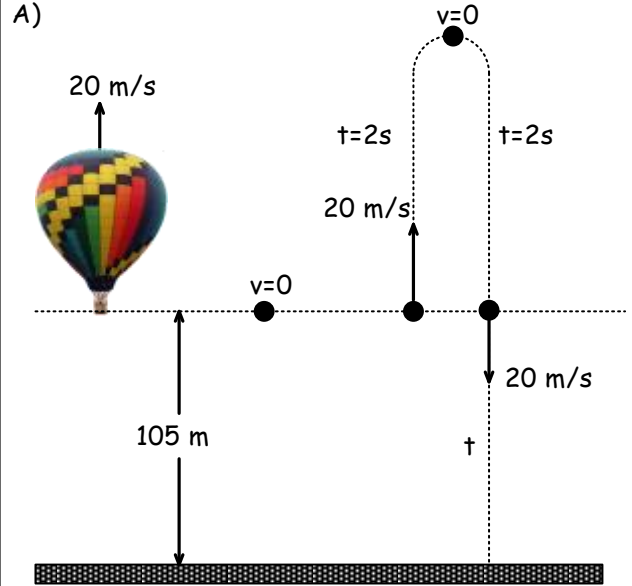


8) Şekildeki balon 20 m/s hızla yukarı doğru yükselmektedir. Balon yerden 105 m yükseklikten geçerken balondaki adam bir cismi balona göre ilk hızsız bırakıyor.

A) Cisim kaç saniye sonra yere düşer?
B) Cisim yere çarptığı anda balonun yerden yüksekliğini bulunuz.

Balondaki kişi cismi balona göre serbest bırakırsa yerdeki gözlemci cismi yerden 105 m kadar yükseklikten 20 m/s hızıyla aşağıdan yukarıya doğru düşey atış hareketi yaptığını görür.

$$V_{yer} = 20 + 0 = 20 \text{ m/s}$$



Taş, yer çekim kuvvetinin etkisinde maksimum yüksekliğe kadar önce saniyede 10 m/s hızla düzgün yavaşlayan, daha sonra maksimum yükseklikten itibaren saniyede 10 m/s hızla düzgün hızlanan hareket yapar. Buna göre cisim, bırakıldıktan 2 s sonra maksimum yüksekliğe ulaşır ve hızı sıfır olur. Maksimum yükseklikten itibaren 2 s sonra bırakıldığı noktaya döner ve hızı yine 20 m/s olur. Buradan itibaren 20 m/s hızla 105 m boyunca aşağıya doğru düzgün hızlanan harekete devam eder.

$$h = V_{ilk} \cdot t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = 20 \cdot 1 + \frac{1}{2} 10 \cdot 1$$

$$h = 25 \text{ m}$$

Cisim ilk saniyede 25 m yol alır. Buna göre her bir saniyedeki yer değiştirmeleri arasında 10 m fark olacağından;

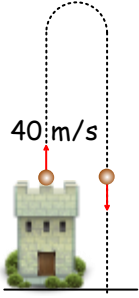
1 saniye	25 m
1 saniye	35 m
1 saniye	45 m
3 saniye	105 m

cisim, bırakıldığı noktadan t=3 saniyede yere ulaşır. Buna göre cisim, ilk bırakıldığı andan itibaren,

$$t_{top} = 2 + 2 + 3 = 7 \text{ saniyede yere ulaşmış olur.}$$

B) Balon 7 saniyede $20 \cdot 7 = 140 \text{ m}$ yol alacağından cisim yere çarptığı anda balonun yerden yüksekliği

$$105 + 140 = 245 \text{ m olur.}$$



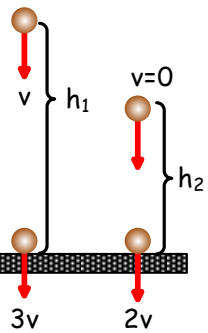
9) Bir cisim bir kulenin tepesinden yukarıya doğru 40 m/s hızla atılıyor. Cisim 12 s sonra yere düştüğüne göre kulenin yerden yüksekliğini bulunuz.

Cisim yer çekim kuvvetinin etkisinde maksimum yüksekliğe kadar önce saniyede 10 m/s hızla düzgün yavaşlayan, daha sonra maksimum yükseklikten itibaren saniyede 10 m/s hızla düzgün hızlanan hareket yapar. Buna göre cisim, atıldıktan 4 s sonra maksimum yüksekliğe ulaşır ve hızı sıfır olur. Maksimum yükseklikten itibaren 4 s sonra atıldığı noktaya döner ve hızı yine 40 m/s olur. Buradan itibaren 40 m/s hızla geriye kalan 4 s süresince kulenin yüksekliği boyunca aşağıya doğru düzgün hızlanan harekete devam eder.

$$h = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = 40 \cdot 4 + \frac{1}{2} 10 \cdot 4^2$$

$$h = 240 \text{ m}$$



10) Şekildeki iki cismin atıldığı andaki ve yere çarpma anındaki hızları verildiğine göre cisimlerin hareketlerine başladıkları yüksekliklerin oranını bulunuz.

$$(3v)^2 = v^2 + 2gh_1$$

$$9v^2 = v^2 + 2gh_1$$

$$8v^2 = 2gh_1$$

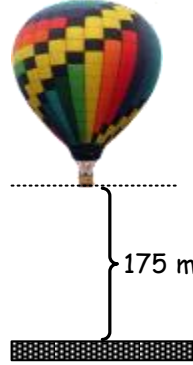
$$h_1 = \frac{8v^2}{2g}$$

$$(2v)^2 = 2gh_2$$

$$4v^2 = 2gh_2$$

$$h_2 = \frac{4v^2}{2g}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\frac{8v^2}{2g}}{\frac{4v^2}{2g}} = 2$$



11) Şekildeki balon 30 m/s hızla yukarı doğru yükselmektedir. Balon yerden 175 m yükseklikten geçerken balondaki adam bir cismi balona göre düşey aşağıya doğru 40 m/s hızla atıyor.

A) Cisim kaç saniye sonra yere düşer?
B) Cisim yere çarptığı anda balonun yerden yüksekliğini bulunuz.

A)

Balondaki kişi cismi balona göre 40 m/s hızla aşağıya doğru atarsa yerdeki gözlemci cismi yerden 175 m kadar yükseklikten 10 m/s hızıyla yukarıdan aşağıya doğru düşey atış hareketi yaptığını görür.

$$V_{\text{yer}} = 40 - 30 = 10 \text{ m/s}$$

$$h = V_{\text{ilk}} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = 10 \cdot 1 + \frac{1}{2} 10 \cdot 1$$

$$h = 15 \text{ m}$$

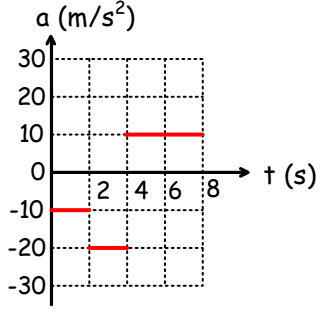
Cisim ilk saniyede 15 m yol alır. Buna göre her bir saniyedeki yer değiştirmeleri arasında 10 m fark olacağından;

1 saniye	15 m
1 saniye	25 m
1 saniye	35 m
1 saniye	45 m
1 saniye	55 m
5 saniye	175 m

cisim, atıldığı noktadan t=5 saniyede yere ulaşır.

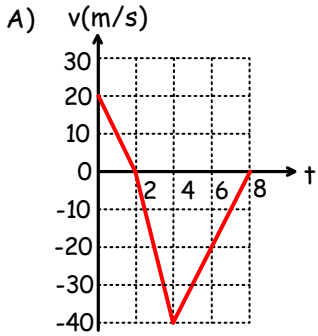
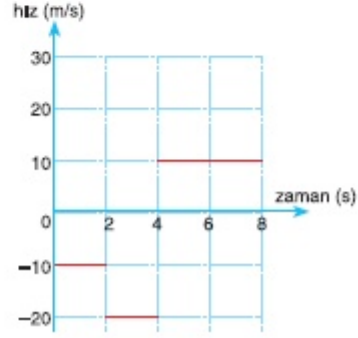
B) Balon 5 saniyede $30 \cdot 5 = 150 \text{ m}$ yol alacağından cisim yere çarptığı anda balonun yerden yüksekliği

$$175 + 150 = 325 \text{ m olur.}$$



12) İlk hızı 20 m/s olan bir aracın ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir.

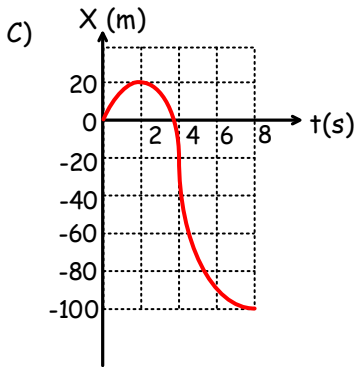
- A) Aracın hız-zaman grafiğini çiziniz.
 B) Aracın ortalama hızını bulunuz.
 C) Aracın konum-zaman grafiğini çiziniz.



B)

$$v_{\text{ort}} = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{|20-120|}{8}$$

$$= 12,5 \text{ m/s}$$



11.1.5. İki Boyutta Hareket

11.1.5.1. İki boyutta sabit ivmeli harekete örnekler verir ve tek boyutta sabit ivmeli hareket ile ilişkilendirir.

11.1.5.2. Atış hareketlerini yatay ve düşey boyutta analiz eder.

11.1.5.3. İki boyutta sabit ivmeli hareket ile ilgili günlük hayattan problemler çözer.

1.5. İKİ BOYUTTA HAREKET



Basketbolcu resimdeki gibi topu potaya doğru elinden çıkardıktan sonra basket topu düşey doğrultuda yukarı doğru, yatay doğrultuda ise ileriye doğru yol alır. Top çıkabileceği en yüksek noktaya ulaştıktan sonra düşeyde aşağıya doğru inerken yatayda ilerlemeye devam eder.

Basket topunun yaptığı bu harekete iki boyutta hareket denir. İki boyutta harekette hem düşeyde hem de yatayda yol alma söz konusudur.

1.5.1. İki Boyutta Sabit İvmeli Hareket

Tankların üzerinde bulunan toplardan ateş edildiğinde hedefe doğru giden top mermileri iki boyutta hareket eder. Top mermisi hem düşey doğrultuda hem de yatay doğrultuda yer değiştirir.

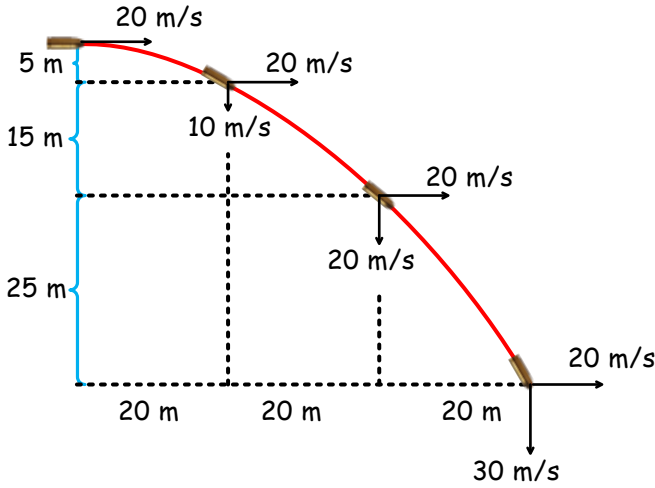
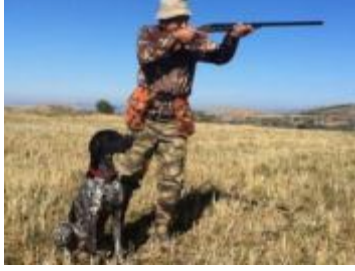
Dart oyununda atılan ok hedefe doğru giderken iki boyutta hareket eder. Ok, hem düşeyde hem de yatayda yol alır. Dart okunun düşeydeki hareketi yer çekimi kuvvetinin etkisinde meydana gelir.

İki boyutta harekette atılan cisim düşeyde yer çekimi kuvvetinin etkisinde kalır. Yer çekimi kuvvetinin etkisinde kalan cisimler sürtünmenin ihmal edildiği ortamlarda $F=m.a$ bağıntısından dolayı $m.g=m.a$, $a=g$ ivmesi ile hareket eder. İki boyutta harekette düşey doğrultuda yapılan hareket, tek boyutta sabit ivmeli harekettir.

Sapanla taş atan çocuk, nişan aldıktan sonra gerilen serum lastiğini bırakır. Sapandan çıkan taş iki boyutta hareket eder. Taş düşey düzlemde yukarıya doğru düşey atış hareketi yapar. Düşeyde yer çekim ivmesi ile önce yavaşlar. Çıkabileceği en yüksek noktaya ulaştıktan sonra düşeyde hızı sıfır olur. Taş daha sonra düşeyde serbest düşme hareketine başlar. Yatayda ise sürtünmeler ihmal edildiği için taşta etki eden kuvvet olmadığından sabit hızlı hareket yapar.

1.5.2. Atış Hareketlerinin Yatay ve Düşey Boyutta Analizi

Hedefe nişan alan bir avcı resimdeki gibi yere paralel doğrultuda ateş ederken silahtan çıkan mermi iki boyutta hareket eder.



Silahtan çıkan mermi şekildeki gibi 20 m/s hızla silahtan ayrılınsın. Mermi, hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda hareket etsin. **Yatayda mermiye kuvvet etmediği için merminin hızı değişmez.** Mermi yatayda sabit hızlı hareket ettiği için yatayda her saniyede 20 m yer değiştirir. 3 s sonra mermi yatayda atıldığı noktanın 60 metre uzağına düşer. **İki boyutlu atış hareketinde atılan cismin yatayda aldığı yola menzil denir. Düşey düzlemde merminin yaptığı hareket, serbest düşme hareketidir.** Merminin silahtan çıktığı anda düşey doğrultuda hızı sıfırdır. **Mermi düşeyde yer çekim kuvvetinin etkisinde sabit ivmeli hareket eder.** Merminin 3 s sonra yere düştüğünü varsayalım. Yer çekim ivmesi $g = 10 \text{ m/s}^2$ alınırsa merminin hızı düşeyde her saniye 10 m/s artar. 3 s sonra merminin hızı 30 m/s olur. Mermi, düşeyde serbest düşme hareketi yaptığı için,

1 s sonra düşeyde 5 m,

2 s sonunda düşeyde toplam $5 + 15 = 20 \text{ m}$,

3 s sonunda ise düşeyde toplam $5 + 15 + 25 = 45 \text{ m}$ yol alır.

Mermi yere çarparken iki ayrı hız değerine sahiptir. Düşeyde hızı 30 m/s, yatayda ise 20 m/s'dir. Merminin yere çarpma hızı iki hız bileşeninin vektörel toplamı ile bulunur.

$$V^2 = 20^2 + 30^2 = 1300$$

$$V = 10\sqrt{13} \text{ m/s}$$

❖ Yatay atış hareketinin yatay doğrultudaki hareket bağıntıları:

$$X = v_0 \cdot t_{\text{uçuş}}$$

$$t_{\text{uçuş}} = \frac{X}{v_0}$$

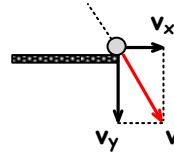
❖ Düşey doğrultudaki hareket bağıntıları:

$$v_y = g \cdot t_{\text{uçuş}}$$

$$(v_y)^2 = 2gh$$

$$h = \frac{1}{2} g(t_{\text{uçuş}})^2$$

❖ Cismin yere çarpma hızı:



Cisim yere çarptığı anda hızının yatay (v_x) ve düşey (v_y) olmak üzere iki bileşeni vardır.

$$v_x = v_0$$

$$v_y = g \cdot t_{\text{uçuş}}$$

$$v^2 = (v_x)^2 + (v_y)^2$$

$$v^2 = (v_0)^2 + 2gh$$

❖ Cismin herhangi bir t anındaki hızı da yine aynı şekilde hesaplanır.

❖ Cismin düşeyde aldığı yol (h):

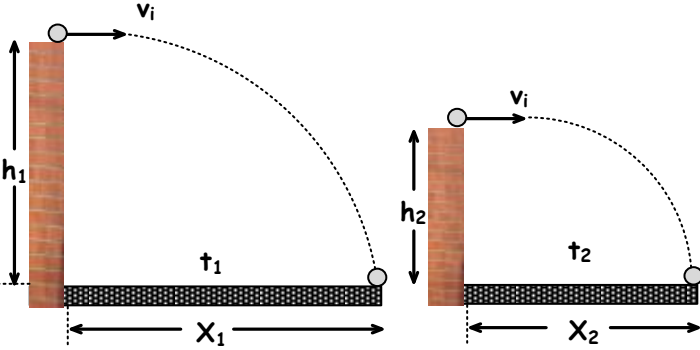
$$h = \frac{1}{2} g(t_{\text{uçuş}})^2$$

$$h = \frac{1}{2} g\left(\frac{X}{v_0}\right)^2$$

$$h = \frac{gX^2}{2(v_0)^2}$$

❖ Cismın yere düşme süresi kütesinden (m) ve ilk hızından (v_i) bağımsız olup sadece yerden yüksekliğe (h) bağlıdır.

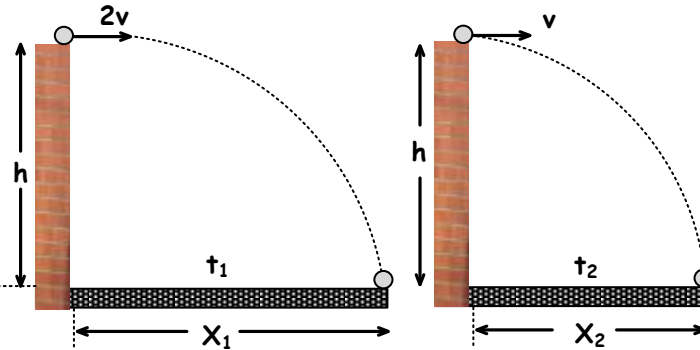
❖ Cismın yatay doğrultuda aldığı X yolu, cismın ilk hızına (v_i) ve yerden yüksekliğine (h) bağlıdır.



❖ İlk hızları eşit olan iki cismın yatay atış hareketinde;

$h_1 > h_2$ ise; $t_1 > t_2$ olur.

İlk hızları eşit olduğundan $X_1 > X_2$ olur.



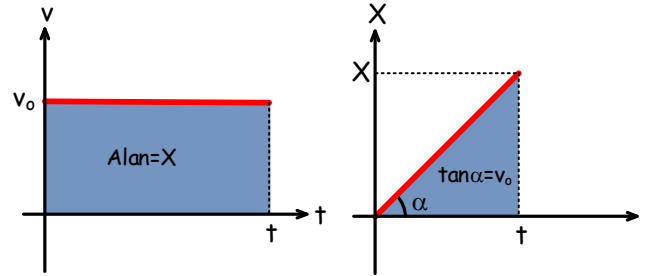
❖ Yerden aynı yükseklikten farklı hızlarla yatay olarak atılan iki cismın yere çarpma süreleri birbirine eşittir.

$h_1 = h_2$ ise; $t_1 = t_2$ olur.

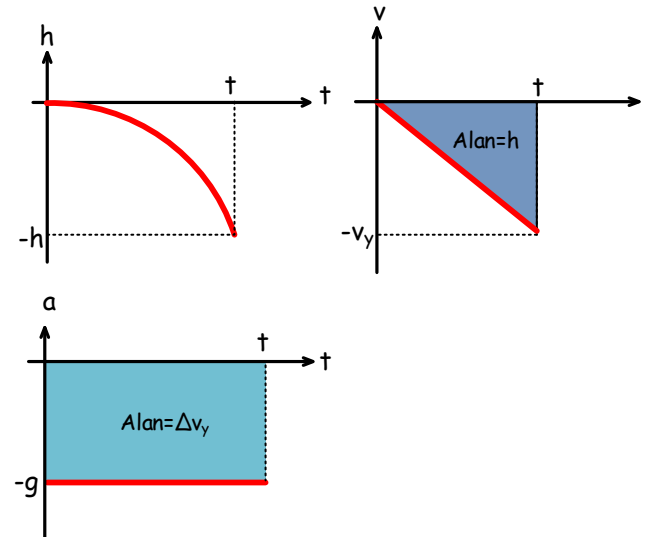
Bu durumda cisimlerin ilk hızları farklı olduğundan ilk hızı büyük olanın yatay doğrultuda aldığı yol daha fazla olacaktır.

$t_1 = t_2$ ise; $X_1 > X_2$ olur.

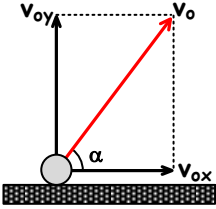
Yatay doğrultudaki harekete ait grafikler



Düşey doğrultudaki harekete ait grafikler



Resimdeki golf oyuncusu topa vurduktan sonra top, düşey ve yatay doğrultularda olmak üzere iki boyutta hareket eder.



Golf topunun şekildeki gibi v_0 hızı ile yatayla α açısı yapacak şekilde atıldığını düşünelim. Top, yatayda $v_0 \cos \alpha$ hızı ile hareket eder. Hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda golf topu, net kuvvetin etkisinde kalmadığı için yatayda sabit hızlı hareket eder. Golf topu düşeyde $v_0 \sin \alpha$ hızı ile harekete başlar. Golf topu düşeyde hava sürtünmesinin ihmal edildiği ortamda sadece yer çekim kuvvetinin etkisinde kalır. Golf topu yer çekim ivmesinin etkisinde düşeyde önce yavaşlar sonra durur sonra da serbest düşme hareketi yapar.

Golf topunun aşağıdaki şekilde olduğu gibi yatayla 53° lik açıyla ve 50 m/s hızla fırladığını düşünelim.

Golf topu düşeyde $v_y = 50 \cdot \sin 53^\circ = 50 \cdot 0,8 = 40 \text{ m/s}$, yatayda ise $v_x = 50 \cos 53^\circ = 50 \cdot 0,6 = 30 \text{ m/s}$ hız bileşen-leri ile harekete başlar.

Yatayda hız 30 m/s olduğu için golf topu yatayda her saniye 30 m yer değiştirir.

Düşeyde ise ivmeli hareket yaptığı için yer değiştirmeler hareket bağıntıları ile hesaplanabilir. Örneğin "Golf topu atıldığı andan 1 s sonra kaç metre yükselir?" sorusunun cevabı için zamansız hız denklemini kullanabiliriz.

$v^2 = v^2 - 2gh$ bağıntısında hız değerini ve ivme değerini yerine yazalım:

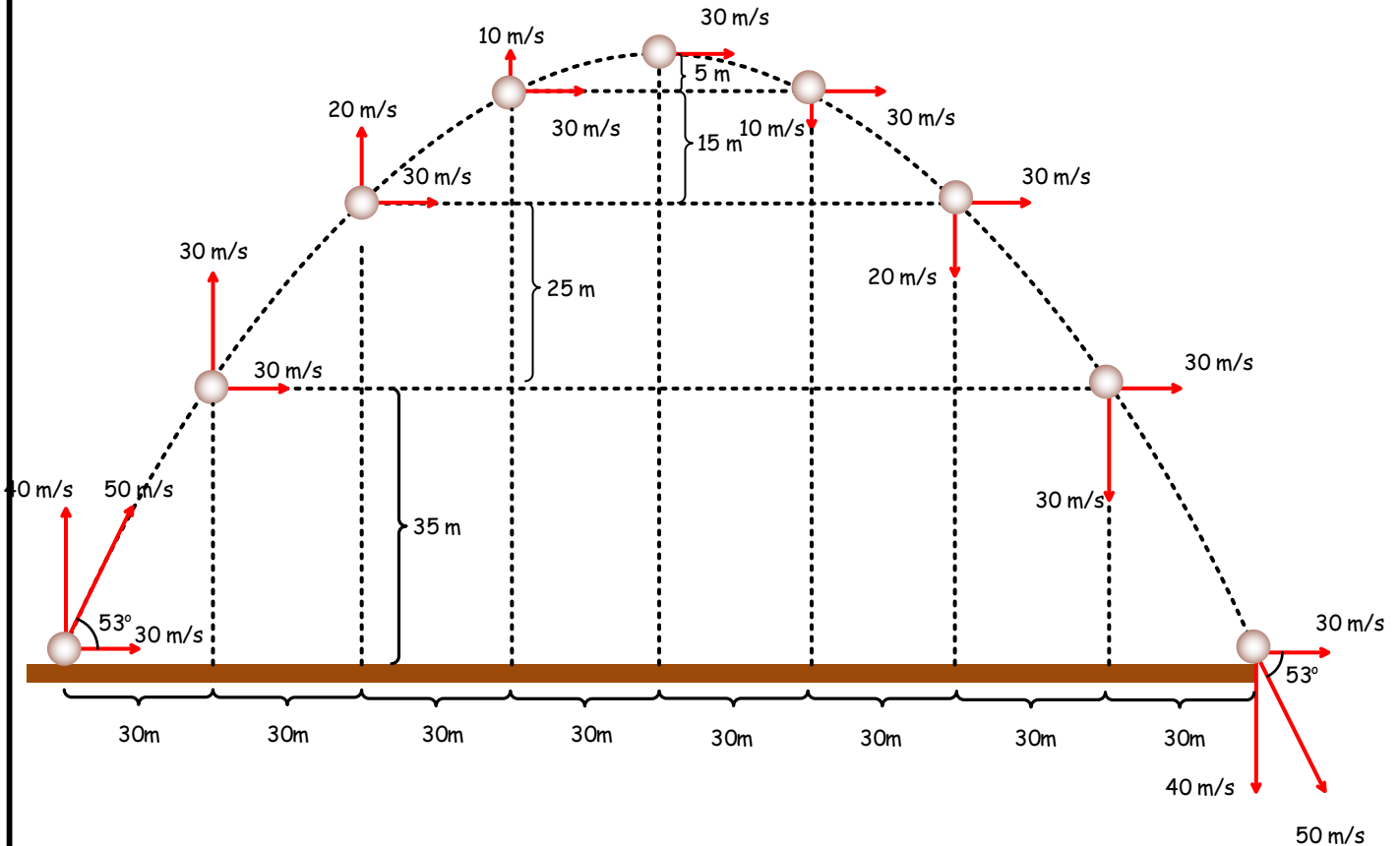
Düşeyde 40 m/s hızla atılan cismin 1 s sonra hızı 10 m/s azalarak (yer çekim ivmesinden dolayı) 30 m/s olur.

$$30^2 = 40^2 - 2 \cdot 10 \cdot h$$

$$900 = 1600 - 20h$$

$$20h = 1600 - 900 = 700 \text{ ve } h = 35 \text{ m bulunur.}$$

Golf topunun düşeyde en yüksek noktaya gelirken yaptığı hareket ile bu noktadan düşerken yaptığı hareket tepe noktasından geçen düşey eksene göre simetriktir.



Örneğin;

❑ Golf topunun çıkabileceği en yüksek noktaya gelmeden 2 s önceki ve bu noktaya geldikten 2 s sonra yüksekliği ve hız değeri birbirine eşittir. Bu noktada sadece hareket yönleri farklıdır.

❑ Cismın çıkabileceği en yüksek noktada düşey hız sıfır olduğu için sadece yatay hız bileşeni vardır. Bu yüzden yukarıya doğru eğik atılan cisimlerin yükselebilecekleri en yüksek noktada kinetik enerjileri en az olur.

❑ Golf topu atıldığı hızla yere çarpar. Örneğimizde topun yere çarpma hızı yine 50 m/s olur.

❑ Topun yatayda aldığı toplam yola **menzil** denir.

❑ Golf topunun düşeyde çıkabileceği en büyük yükseklik ise **maksimum yükseklik** ($h_{\max}$) ile ifade edilir.

Eğik atış hareketinin yatay doğrultudaki hareket bağıntıları

Cisim yatay doğrultuda sabit hızlı hareket yaptığından hareketin herhangi bir t anında yatay doğrultuda aldığı yol (X),

$$X = v_{ox} \cdot t$$
$$X = v_o \cos \alpha \cdot t$$

Cismin atıldığı noktadan yere çarpıncaya kadar süre içerisinde yatay doğrultuda aldığı yol (X),

$$X_{\text{menzil}} = v_{ox} \cdot t_{\text{uçuş}}$$
$$X_{\text{menzil}} = v_o \cos \alpha \cdot t_{\text{uçuş}}$$

Eğik atış hareketinin düşey doğrultudaki hareket bağıntıları

Cisim düşey doğrultuda yerçekimi kuvvetinin etkisiyle v_{oy} hızıyla aşağıdan yukarıya düşey atış hareketi yaptığından herhangi bir t anında düşey hız bileşenleri,

$$v_y = v_{oy} - gt$$
$$v_y = v_o \sin \alpha - gt$$

$v_y = v_{oy} - gt$ bağıntısında verilen t değeri cismin maksimum yüksekliğe çıkış süresinden büyükse v_y değeri negatif çıkacaktır.

Herhangi bir t anında v_y değerinin negatif olması cismin maksimum yükseklikten geçerek inişe geçtiğini gösterir.

Cismin herhangi bir t anındaki hızı;

Cismin herhangi bir t anındaki hızı;

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Cismin herhangi bir t anındaki yerden yüksekliği (h);

$$h = v_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$
$$h = v_o \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

Cismin maksimum yüksekliğe çıkış süresi ($t_{\text{çıkış}}$);

$$t_{\text{çıkış}} = \frac{v_{oy}}{g}$$
$$t_{\text{çıkış}} = \frac{v_o \sin \alpha}{g}$$

Cismin atıldıktan sonra maksimum yüksekliğe çıkış süresi, maksimum yükseklikten yere varma süresine eşittir. Buna göre cismin atıldıktan yere varıncaya kadar havada kalma süresi ($t_{\text{uçuş}}$)

$$t_{\text{uçuş}} = \frac{2v_{oy}}{g}$$
$$t_{\text{uçuş}} = \frac{2v_o \sin \alpha}{g}$$

Cismin çıkabileceği maksimum yükseklik ($h_{\max}$)

$$h_{\max} = \frac{(v_{oy})^2}{2g}$$

Cismin yatay doğrultuda alacağı maksimum yol (X_{menzil})

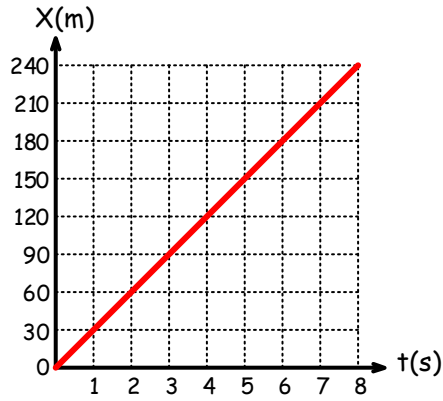
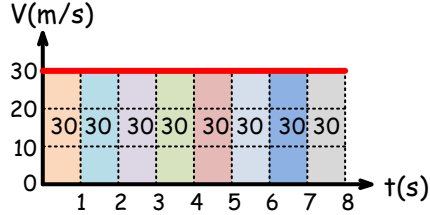
$$X_{\text{menzil}} = v_o^2 \frac{\sin 2\alpha}{g}$$

İki farklı cisim şekildeki gibi aynı noktadan ilk hızları eşit olacak şekilde birbirlerini 90° tamamlayan açılarla atılırsa yatay doğrultuda alacakları yol birbirine eşit olur.

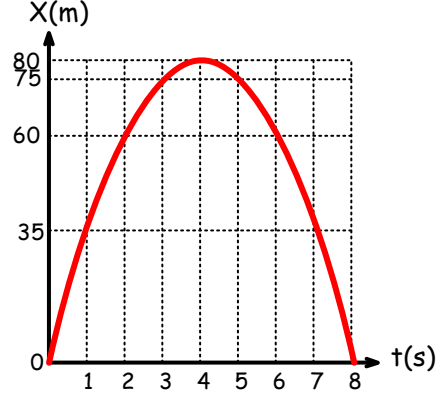
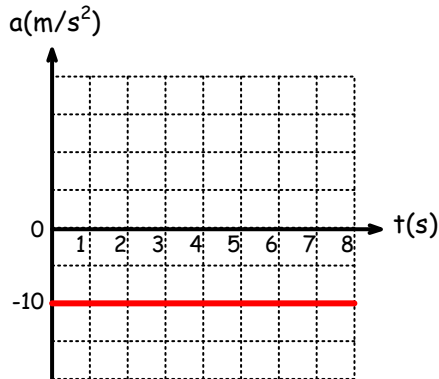
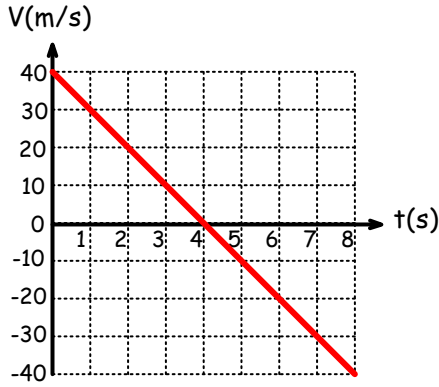
$$X_1 = X_2$$

Eğik atış hareketinde cismin maksimum uzaklığa ulaşması için 45° açı ile atılması gerekir.

Yatay doğrultudaki hareketin grafikleri

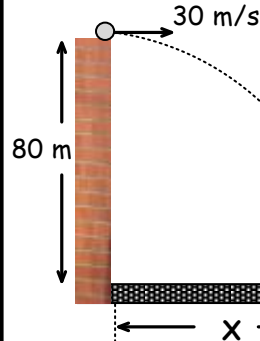


Düşey doğrultudaki hareketin grafikleri



1.5.3. İki Boyutta Sabit İvmeli Hareket ile İlgili Günlük Hayattan Problemler

İki boyutta sabit ivmeli hareketi kavramak için günlük hayatta karşılaştığımız bazı örnek olayların problem durumlarını çözelim.



Bir taş yerden 80 m yükseklikteki bir kuleden yatay olarak atılıyor.

A) Taş atıldıktan kaç s sonra yere çarpar?

B) Taş atıldığı yerin hizasından yatay olarak kaç metre uzaklığa düşer?

C) Yere çarpma hızını bulunuz. ($g=10 \text{ m/s}^2$)

$$A) h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$80 = \frac{1}{2} 10 t^2$$

$$t^2 = 16$$

$$t = 4 \text{ s}$$

$$B) X = v_0 \cdot t$$

$$X = 30 \cdot 4$$

$$X = 120 \text{ m}$$

$$C) v_x = v_0 = 30 \text{ m/s}$$

$$v_y = g t$$

$$v_y = 10 \cdot 4 = 40 \text{ m/s}$$

$$v^2 = (v_x)^2 + (v_y)^2$$

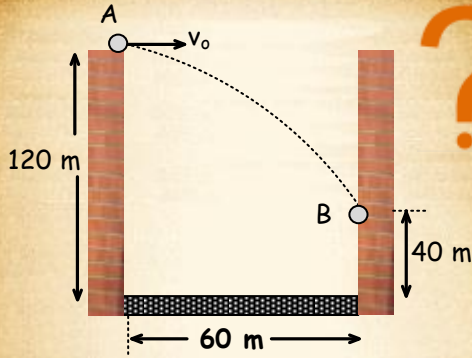
$$v^2 = (30)^2 + (40)^2$$

$$v^2 = 900 + 1600$$

$$v^2 = 2500$$

$$v = 50 \text{ m/s}$$

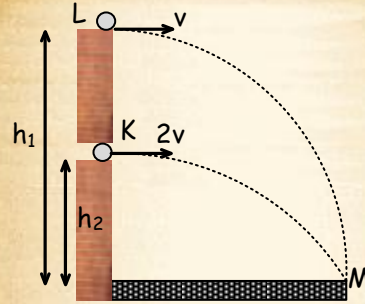
Kendinizi deneyin !.....



A noktasından v_0 hızıyla yatay olarak atılan bir cisim B noktasına çarpıyor. v_0 hızı kaç m/s dir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(15 m/s)

Kendinizi deneyin !.....



K ve L noktalarından v ve $2v$ hızlarıyla atılan cisimler M noktasına düşüyorlar. $\frac{h_1}{h_2}$ oranı nedir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(4)

Kendinizi deneyin !.....

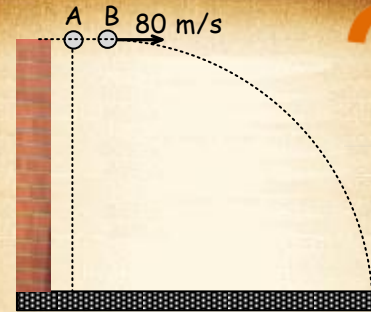
Yerden 320 m yükseklikteki bir noktadan yere paralel olarak 16 m/s hızla atılan bir cismin,

- 1,2 s sonraki hızı ve yerden yüksekliği nedir?
- Cisim yere kaç saniyede düşer?
- Cisim atıldığı yerin hizasından yatay olarak kaç metre uzaklığa düşer?

($g=10 \text{ m/s}^2$)

(A) 312,8 m, 20 m/s (B) 8 s (C) 128 m

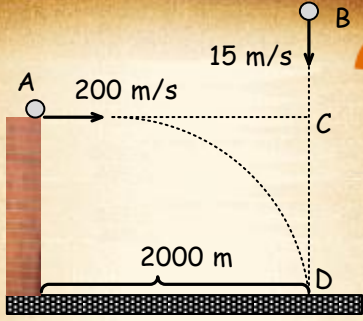
Kendinizi deneyin !.....



Aynı yükseklikte bulunan A ve B cisimlerinden A serbest bırakılırken, B cismi 80 m/s lik hızla yatay olarak atılıyor. A cismi yere 6 saniyede düştüğüne göre B cismi yere hangi hızla çarpar? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(100 m/s)

Kendinizi deneyin !.....



A ve B noktalarından aynı anda şekildeki gibi atılan iki cisim, D noktasına aynı anda varıyorlar. Buna göre BC uzaklığı kaç metredir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(150 m)

Bir cisim yatayla 53° açı yapacak şekilde 50 m/s lik hızla eğik olarak atılıyor.

A) Cismin 2 saniye sonraki hızı ve bulunduğu noktanın koordinatları (x,y) nedir?

B) Cisim yerden en fazla kaç metre yüksekliğe ve kaç saniyede çıkar?

C) Cisim atıldığı noktadan yatay olarak kaç metre uzaklığa, kaç saniyede düşer? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

$$\begin{aligned} A) \quad v_{ox} &= v_o \cos 53^\circ & v_{oy} &= v_o \sin 53^\circ \\ v_{ox} &= 50 \cdot 0,6 & v_{oy} &= 50 \cdot 0,8 \\ v_{ox} &= 30 \text{ m/s} & v_{oy} &= 40 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_x &= v_{ox} = 30 \text{ m/s} & v^2 &= (v_x)^2 + (v_y)^2 \\ v_y &= v_{oy} - gt & v^2 &= (30)^2 + (20)^2 \\ v_y &= 50 \cdot 0,8 - 10 \cdot 2 & v^2 &= 900 + 400 \\ v_y &= 20 \text{ m/s} & v^2 &= 1300 \\ & & v &= 10\sqrt{13} \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$X = v_{ox} \cdot t = 30 \cdot 2 = 60 \text{ m}$$

$$Y = v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$Y = 40 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2$$

$$Y = 60 \text{ m}$$

$$A (X,Y) = (60,60)$$

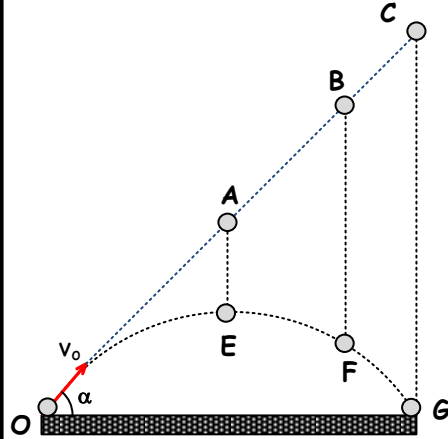
$$B) \quad t_{gıkış} = \frac{v_{oy}}{g} = \frac{40}{10} = 4 \text{ s} \quad h_{max} = \frac{(v_{oy})^2}{2g} = \frac{(40)^2}{2 \cdot 10} = 80 \text{ m}$$

$$C) \quad t_{uçuş} = 2t_{gıkış} = 2 \cdot 4 = 8 \text{ s}$$

$$X = v_{ox} \cdot t_{uçuş} = 30 \cdot 8 = 240 \text{ m}$$

80 metre uzakta ve 60 metre yüksekliğindeki bir kulenin tepesine nişan alarak atış yapılıyor.

Merminin ilk hızı 500 m/s ise mermi kulenin neresine isabet eder? ($g=10 \text{ m/s}^2$)



OC doğrultusunda yatayla α açısı yapacak şekilde v_o ilk hızıyla atılan cismin,

❖ O'dan E'ye gelme süresi, A'dan serbest bırakılan cismin E'ye gelme süresine,

❖ O'dan F'ye gelme süresi, B'den serbest bırakılan bir cismin F'ye gelme süresine,

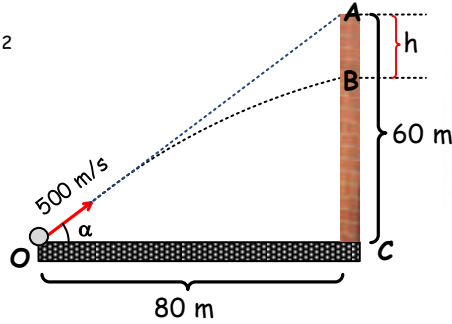
❖ O'dan G'ye gelme süresi, C'den serbest bırakılan bir cismin G'ye gelme süresine eşit olur.

$$|OA|^2 = |OC|^2 + |AC|^2$$

$$|OA|^2 = 80^2 + 60^2$$

$$|OA|^2 = 10000$$

$$|OA| = 100 \text{ m}$$



$$\cos \alpha = \frac{80}{100} = 0,8$$

$$v_{ox} = 500 \cdot 0,8 = 400 \text{ m/s}$$

$$\sin \alpha = \frac{60}{100} = 0,6$$

$$v_{oy} = 500 \cdot 0,6 = 300 \text{ m/s}$$

$$80 = v_{ox} \cdot t = 400t$$

$$t = 0,2 \text{ s}$$

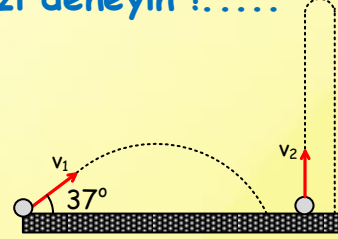
$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

$$h = \frac{1}{2} 10 (0,2)^2$$

$$h = 0,2 \text{ m}$$

Mermi kulenin tepesinden 0,2 m aşağıya isabet eder.

Kendinizi deneyin !.....



Yerden şekilde görüldüğü gibi biri eğik, diğeri düşey olarak v_1 ve v_2 hızlarıyla aynı anda atılan cisimler, aynı anda yere düşüyorlar.

Cisimlerin hızları $\frac{v_1}{v_2}$ oranı nedir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

($\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$)

(5/3)

Kendinizi deneyin !.....



Yatayla α açısı yapacak şekilde eğik olarak atılan bir cisim 10 saniye sonra yere düşüyor. Cisim yerden en fazla kaç metre yüksekliğe çıkmıştır? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

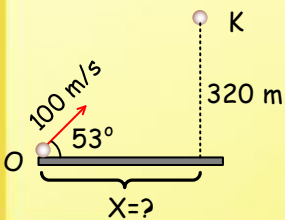
(125 m)

Yatayla α açısı yapacak şekilde eğik olarak atılan bir cisim menzil uzaklığı, maksimum yüksekliğinin 4 katı ise cismin atış açısı kaç derecedir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

(45°)

Kendinizi deneyin !.....

($\sin 53^\circ = 0,8$; $\cos 53^\circ = 0,6$) ($g=10 \text{ m/s}^2$)



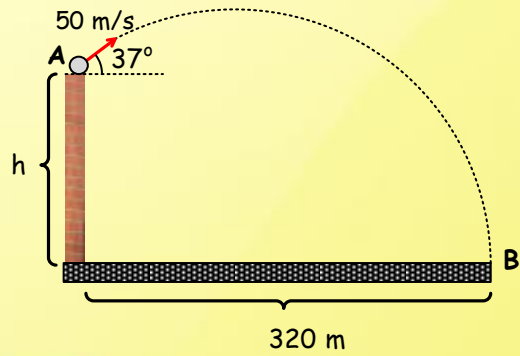
O noktasından bir top yatayla 53° açı yapacak şekilde 100 m/s hızla atılıyor.

A) Topun K noktasındaki hedefi vurması için X uzaklığı kaç metre olmalıdır?

B) Atıştan kaç saniye sonra hedefi vurur?

(480 m, 8 s)

Kendinizi deneyin !.....

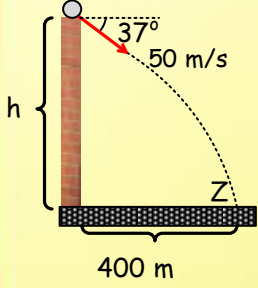


A noktasından şekildeki gibi 50 m/s'lik hızla atılan bir cisim B noktasına düşüyor. Buna h yüksekliği kaç metredir? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

($\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$)

(80 m)

Kendinizi deneyin !.....



Bir uçak yatayın aşağısına doğru 37° açıyla 50 m/s lik hızla giderken pilot bombayı bırakıyor. Bomba Z noktasındaki hedefi vurduğuna göre;

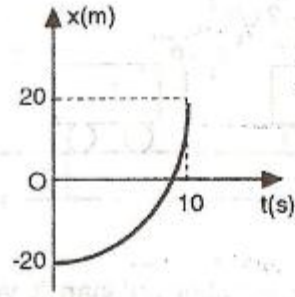
- A) Bomba havada kaç saniye kalmıştır?
B) Uçak bombayı bıraktığında yerden kaç metre yükseklikteydi? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

($\sin 37^\circ=0,6$; $\cos 37^\circ=0,8$)

(10 s, 800 m)

TEST SORULARI

1

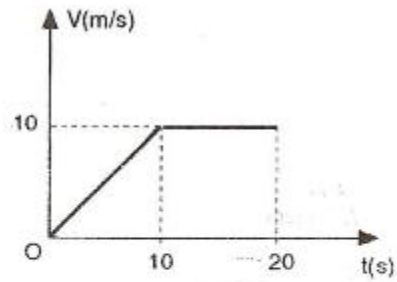


Duruş halinden harekete geçen bir cisim düzgün hızlanıyor.

Hareketine ilişkin konum-zaman grafiği şekildeki gibi olduğuna göre 10. s-deki hızı kaç m/s dir?

- A) 2 B) 4 C) 6 D) 8 E) 0

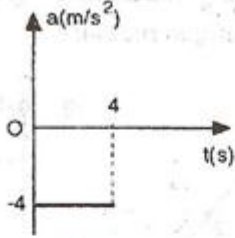
2



Hız-zaman grafiği şekildeki gibi olan hareketlinin (0-20) s zaman aralığında ortalama hızı kaç m/s dir?

- A) 2,5 B) 5 C) 7,5 D) 10 E) 15

3



$t = 0$ anında pozitif yönde hareket etmekte olan hareketlinin ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Hareketli 1. s de durduğuna göre $t=0$ anındaki ve $t = 4$ s deki hızları için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

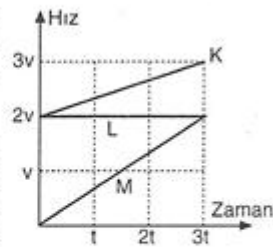
$t = 0$ anında $t = 4$ s'de

- | | |
|-------|-----|
| A) +4 | -12 |
| B) +2 | -10 |
| C) +4 | -8 |
| D) +2 | -12 |
| E) +8 | -8 |

4

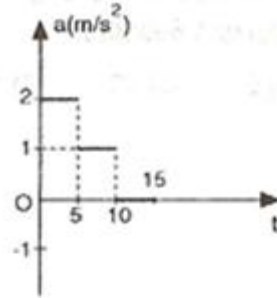
Aynı noktadan harekete başlayan K, L, M hareketlilerine ait hız - zaman grafiği şekildeki gibidir.

Hareketlilerin $3t$ sürede yer değiştirmeleri, x_K , x_L , x_M ise, bunlar arasındaki ilişki nedir?



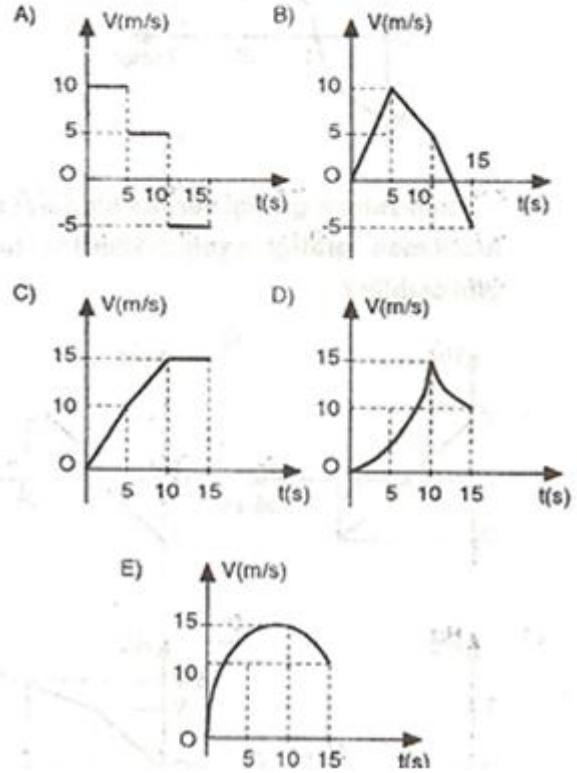
- | | |
|----------------------|----------------------|
| A) $x_K > x_L > x_M$ | B) $x_L = x_M > x_K$ |
| C) $x_L > x_M > x_K$ | D) $x_M > x_L > x_K$ |
| E) $x_K = x_L = x_M$ | |

5

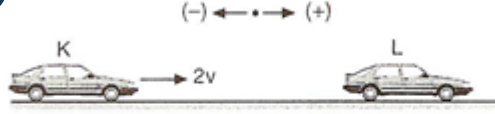


$t = 0$ anında durmakta olan cismin ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Hız-zaman grafiği hangi seçenekte doğru verilmiştir?



6



Yatay doğrultuda hareket eden K ve L araçlarından K, $2v$ hızı ile (+) yönde gitmektedir.

K aracının şoförü, L yi (-) yönde v hızı ile gidiyor olarak görüyorsa, L nin yere göre hızı nedir?

- A) (-) yönde, v B) (-) yönde, $2v$
 C) (+) yönde, v D) (+) yönde, $2v$
 E) (+) yönde, $3v$

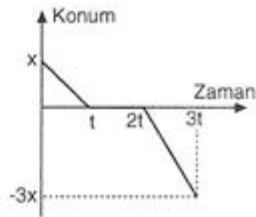
7

Konum – zaman grafiği verilen hareketli için,

- I. Hareketlinin $0-3t$ zaman aralığındaki yer değiştirmesi $-4x$ dir.
 II. En büyük hızı $(2t-3t)$ zaman aralığında ulaşmıştır.
 III. Hareketli $(t-2t)$ zaman aralığında durmaktadır.

yargılarından hangileri doğrudur?

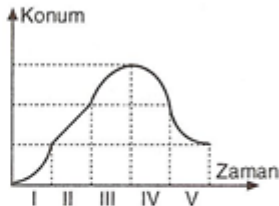
- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
 D) II ve III E) I, II ve III



8

Konum – zaman grafiği verilen cismin hareketi için söylenenlerden hangisi yanlıştır?

- A) I. zaman aralığında ileri yönde hızlanmıştır.
 B) II. zaman aralığında ileri yönde sabit hızla gitmiştir.
 C) III. zaman aralığında yön değiştirmiştir.
 D) IV. zaman aralığında geri yönde hızlanmıştır.
 E) V. zaman aralığında geri yönde yavaşlamıştır.

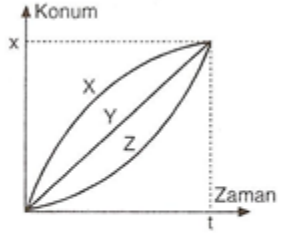


9

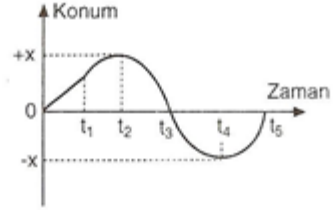
Şekilde X, Y ve Z cisimlerinin konum – zaman grafikleri verilmiştir.

Bu cisimlerin t süresi içerisinde ortalama hızları v_X , v_Y ve v_Z ise, bu hızlar arasında nasıl bir ilişki vardır?

- A) $v_X > v_Y > v_Z$ B) $v_X = v_Z < v_Y$
 C) $v_X = v_Y > v_Z$ D) $v_X < v_Y < v_Z$
 E) $v_X = v_Y = v_Z$



10



Konum – zaman grafiği verilen hareketli hangi anlarda yön değiştirmiştir?

- A) Yalnız t_2 B) t_1 ve t_3 C) Yalnız t_4
 D) t_2 ve t_4 E) Yalnız t_3

11

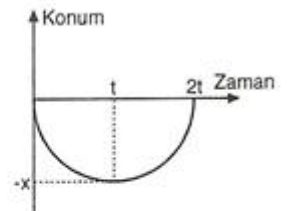
Doğrusal yolda hareket eden bir cismin konum – zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre,

- I. $2t$ anında başlangıç noktasındadır.
 II. t anında yön değiştirmiştir.
 III. $2t$ sürede $2x$ kadar yer değiştirmiştir.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve III
 D) II ve III E) I, II ve III

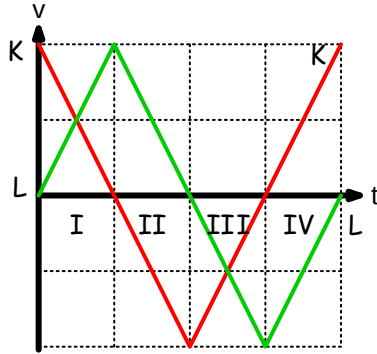


12

K ve L araçlarının hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

$t=0$ anında yan yana olan bu araçlar hangi aralıklarda zıt yönlerde hareket etmektedirler?

(Bölmeler eşit aralıklıdır.)

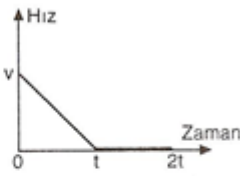


- A) Yalnız II B) Yalnız IV C) I ve III
D) II ve IV E) I, II ve III

13

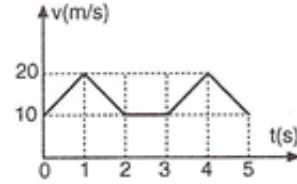
Doğrusal yörüngedeki $x=0$ konumunda bulunan bir hareketlinin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre, bu hareketlinin konum-zaman grafiği aşağıdakilerden hangisidir?



- A) B) C)
D) E)

14



İlk hızı 10 m/s olan bir cismin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Buna göre, hareketlinin (0 - 5) saniye zaman aralığındaki ortalama hızı kaç m/s dir?

- A) 10 B) 12 C) 14 D) 16 E) 20

15

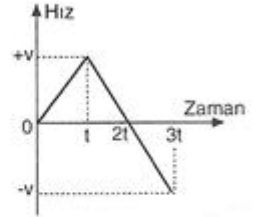
Doğrusal yörüngedeki bir hareketlinin hızı zamanla şekildeki gibi değişiyor.

Cisim t anında $x=0$ konumunda olduğuna göre,

- I. $t=0$ anında $x=0$ konumunun gerisindedir.
II. $2t$ anında $x=0$ konumunun ilerisindedir.
III. $3t$ anında $x=0$ konumundadır.

yargılarından hangileri doğrudur?
(+ yön ileri kabul ediliyor.)

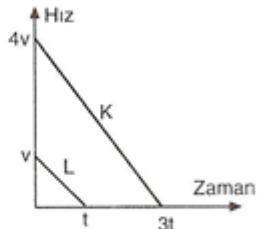
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III



16

K ve L cisimlerinin hız-zaman grafiği şekildeki gibidir.

Cisimlerin ivmeleri a_K ve a_L olduğuna göre, $\frac{a_K}{a_L}$ oranı kaçtır?

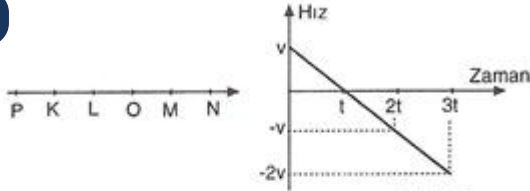


- A) $\frac{3}{4}$ B) $\frac{4}{3}$ C) 2 D) $\frac{2}{3}$ E) $\frac{3}{2}$

- 17 2000 m uzunluğundaki bir tüneli, hızı 40 m/s olan 400 m uzunluğundaki tren, kaç saniyede geçer?

A) 20 B) 40 C) 60 D) 80 E) 100

18



Başlangıçta Şekil - I deki yörüngeyi O noktasında bulunan bir hareketliye ait hız-zaman grafiği Şekil-II deki gibidir.

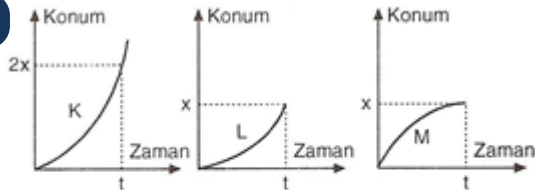
Araç t süresi sonunda M noktasına geldiğine göre;

- I. 2t anında O noktasındadır.
- II. 3t anında P noktasındadır.
- III. 3t anında N nin sağındadır.

yargılarından hangileri doğrudur?
(Noktalar eşit aralıktır.)

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III

19



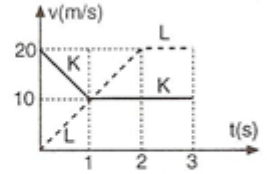
K, L, M cisimlerinin konum - zaman grafikleri şekillerdeki gibidir.

Bu cisimlerin aynı t süresi içindeki ortalama hızları v_K , v_L , v_M ise bu hızlar arasındaki ilişki nasıldır?

A) $v_K > v_L > v_M$ B) $v_M > v_K > v_L$
C) $v_K = v_L = v_M$ D) $v_K > v_L = v_M$
E) $v_L > v_K = v_M$

20

Başlangıçta yanyana olan K ve L hareketlerinin hız - zaman grafikleri şekillerdeki gibidir.

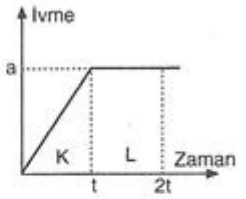


Buna göre, K ve L araçları kaç saniye sonra yanyana gelirler?

A) 1 B) $\frac{3}{2}$ C) 2 D) $\frac{5}{2}$ E) 3

21

Durgun halden harekete geçen bir hareketlinin ivme - zaman grafiği şekillerdeki gibidir.



Buna göre hareketlinin;

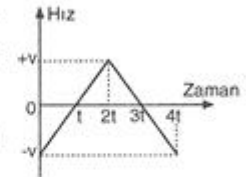
- I. K ve L zaman aralıklarında hızı artmaktadır.
- II. L zaman aralığında hızı sabittir.
- III. K zaman aralığındaki hız değişimi, L zaman aralığındakinin $\frac{1}{2}$ katıdır.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

22

Doğrusal bir yolda hareket eden cismin hız - zaman grafiği şekillerdeki gibidir.



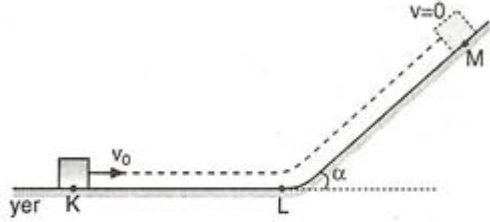
Bu cismin hareketi ile ilgili;

- I. Sadece t - 3t zaman aralığında yavaşlamıştır.
- II. t - 2t ve 3t - 4t zaman aralığında düzgün hızlanmıştır.
- III. t ve 3t anında cisim yön değiştirmiştir.

yargılarından hangileri yanlıştır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

23



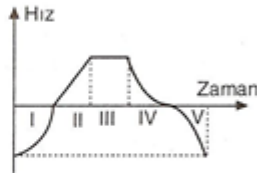
Düşey kesiti şekildeki gibi verilen sürtünmelerin ihmal edildiği yolun, K noktasından v_0 hızıyla hareketle geçen cisim, M noktasına kadar çıkabilmektedir.

Cisim, KL ve LM aralarını eşit sürede aldığına göre, $\frac{IKLI}{ILMI}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{2}$ B) 1 C) $\frac{3}{2}$ D) 2 E) 3

24

Hız – zaman grafiği şekildeki gibi olan hareketli hangi zaman aralıklarında yavaşlamaktadır?

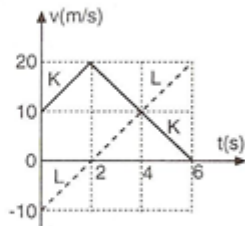


- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III
D) I ve IV E) I, IV ve V

25

Hız – zaman grafikleri şekildeki gibi olan K ve L cisimlerinden, K cismi L cisiminden 40 m geridedir.

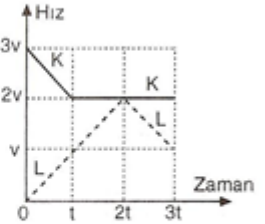
Araçların 6 saniye sonra aralarındaki uzaklık kaç m dir?



- A) 0 B) 10 C) 20 D) 40 E) 80

26

Başlangıçta yan yana olan K ve L araçları arasındaki uzaklık hangi zaman aralıklarında en fazla olur?

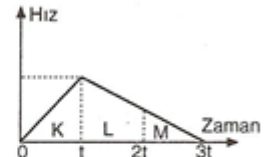


- A) t anında B) t – 2t aralığında
C) 2t anında D) 2t – 3t aralığında
E) 3t anında

27

Bir hareketlinin hız – zaman grafiği şekildeki gibidir.

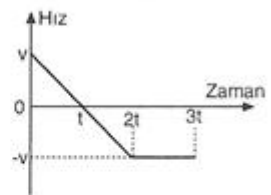
Bu hareketlinin K, L ve M bölgelerindeki ortalama hızları, v_K , v_L ve v_M ise bu hızlar arasında nasıl bir ilişki vardır?



- A) $v_L > v_K > v_M$ B) $v_K > v_L = v_M$
C) $v_K > v_M > v_L$ D) $v_K = v_L > v_M$
E) $v_M > v_L > v_K$

28

Doğrusal yol boyunca hız – zaman ilişkisi grafikteki gibi olan cisme ait;



- I. 0 – 2t zaman aralığında düzgün yavaşlayan hareket yapmaktadır.
II. t anında yön değiştirmiştir.
III. 3t anında t = 0 anındaki konumundadır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

29

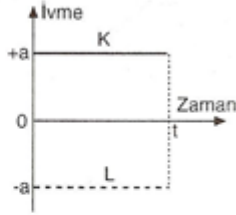
Doğrusal yörünge üzerinde aynı konumda olan K ve L cisimlerinin ivmeleri zamanla şekildeki gibi oluyor.

$t = 0$ anında iki hareketli de aynı yönde hareket ettiğine göre,

- I. K hızlanmakta, L yavaşlamaktadır.
- II. K sabit hızla gitmekte, L yavaşlamaktadır.
- III. K, L den uzaklaşmaktadır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) II ve III

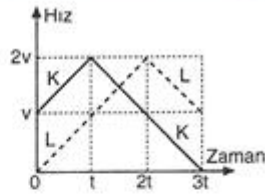


30

Doğrusal bir yolda aynı noktadan aynı anda harekete geçen K ve L hareketlilerinin hız-zaman grafiği verilmiştir.

L hareketlisi $0 - t$ zaman aralığında x kadar yer değiştiriyorsa, $3t$ anında iki hareketli arasındaki uzaklık kaç x olur?

- A) 5 B) 4 C) 3 D) 2 E) 0

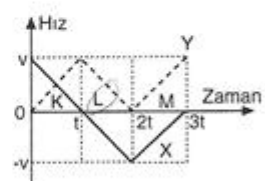


31

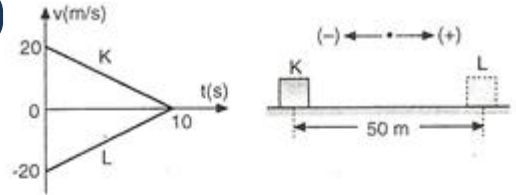
Başlangıçta yanyana olan X ve Y hareketlilerine ait hız - zaman grafiği şekildeki gibidir.

Cisimler hangi zaman aralıklarında aynı yönde hareket etmektedirler?

- A) Yalnız K B) Yalnız L C) Yalnız M
D) K ve L E) L ve M



32



$t = 0$ anında, aralarında 50 metre uzaklık olan K ve L hareketlilerinin hız - zaman grafikleri şekildeki gibidir.

Araçlar durduktan sonra aralarındaki uzaklık kaç metredir?

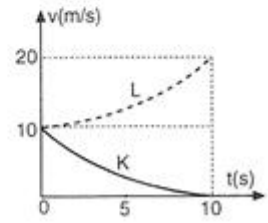
- A) 50 B) 100 C) 150 D) 200 E) 250

33

$t = 0$ anında yanyana olan K ve L hareketlilerine ait hız - zaman grafiği şekildeki gibidir.

10 saniye sonra K ve L arasındaki uzaklık kaç metre olur?

- A) 50 B) 65 C) 75 D) 100 E) 125

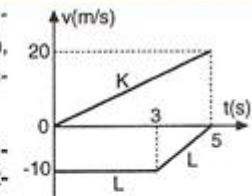


34

Hız - zaman grafikleri verilen K ve L cisimlerinden, $t = 0$ anında K cismi L cisminden 10 m önündedir.

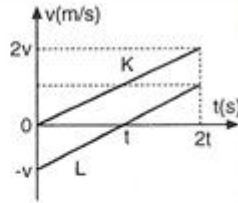
Buna göre, 5 s sonra cisimlerin konumları hakkında ne söylenebilir?

- A) K cismi, L cisminden 90 m öndedir.
B) K cismi, L cisminden 10 m öndedir.
C) Cisimler yanyanadır.
D) K cismi, L cisminden 20 m öndedir.
E) K cismi, L cisminden 100 m öndedir.



35

$t = 0$ anında yanyana olan K ve L cisimlerinin hız – zaman grafiği şekildeki gibidir.



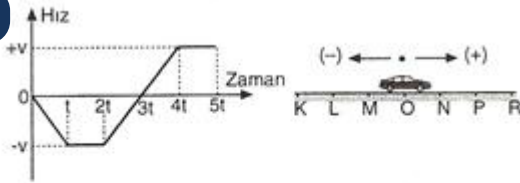
Cisimlerin hareketi için,

- I. $0 - t$ zaman aralığında K, L den uzaklaşmaktadır.
- II. $t - 2t$ zaman aralığında L, K ye yaklaşmaktadır.
- III. $2t$ anında K ile L yanyanadırlar.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

36



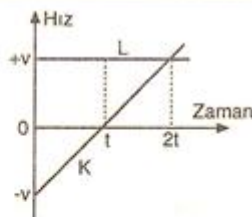
$t = 0$ anında, Şekil - II deki yörüngeyi O noktasında bulunan cismin hız – zaman grafiği Şekil - I de verilmiştir.

Cisim t süre sonra M noktasına gelmiş ise, $5t$ süre sonunda hangi noktada bulunur? (Noktalar arası uzaklıklar eşittir.)

- A) K B) L C) M D) N E) P

37

$t = 0$ anında yanyana olan K ve L hareketlilerinin doğrusal bir yoldaki hız – zaman grafikleri şekildeki gibidir.



Bu hareketliler için,

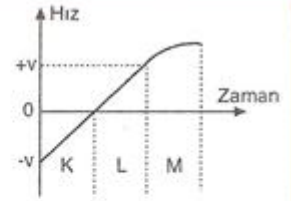
- I. $0 - t$ zaman aralığında K ile L yanyana gitmektedir.
- II. $t - 2t$ zaman aralığında L, K den uzaklaşmaktadır.
- III. $0 - t$ zaman aralığında K ile L birbirinden uzaklaşmaktadır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

38

Hız – zaman grafiği şekildeki gibi verilen bir hareketli için,



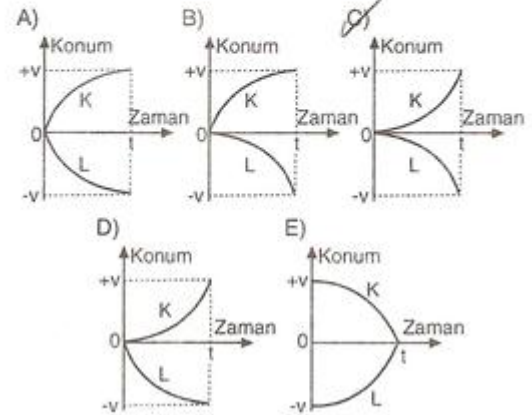
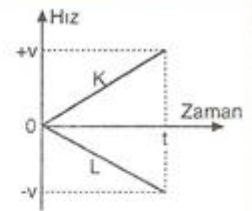
- I. K bölgesinde pozitif yönde yavaşlamaktadır.
- II. M aralığında pozitif yönde yavaşlamaktadır.
- III. K ve L aralığında ivmesi sabittir.

yargılarından hangileri yanlıştır?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

39

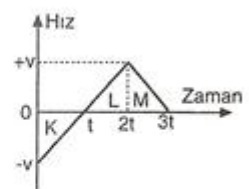
Hız – zaman grafikleri verilen K ve L cisimlerinin konum – zaman grafikleri aşağıdakilerden hangisidir?



40

Doğu – batı doğrultusunda hareket eden bir cismin hız – zaman grafiği şekildeki gibidir.

(-) Batı $\leftarrow$ $\rightarrow$ Doğu (+)

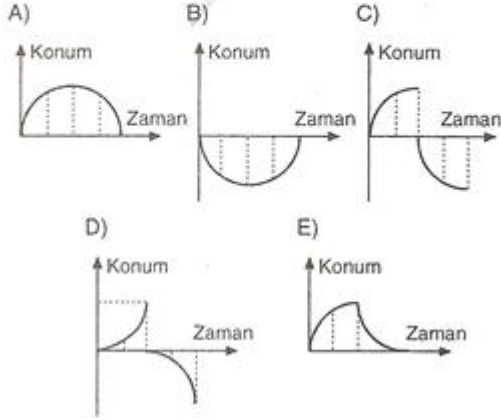
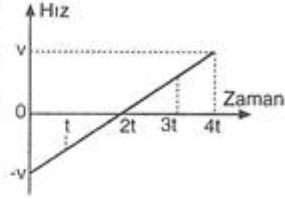


Hareketli hangi zaman aralığında doğu yönünde hareket etmiştir?

- A) Yalnız K B) Yalnız L C) K ve L
D) L ve M E) Yalnız M

41

Hız – zaman grafiği
şekildeki gibi olan
bir hareketlinin ko-
num – zaman grafiği
nasıldır?



42

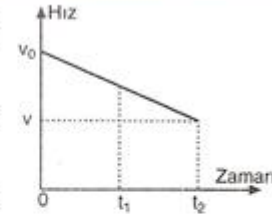
Bir hareketliye ait hız –
zaman grafiği şekildeki
gibidir.

Grafikteki v_0 , v , t_1 ve
 t_2 bilinenleri ile,

- I. t_1 süresinde aldığı
yol
- II. Hareketlinin ivmesi
- III. Hareketlinin t_1 anındaki hızı

niceliklerinden hangileri bulunabilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III



TEST SORULARI

1

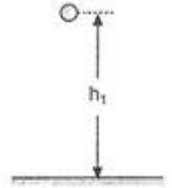
m kütleli bir cisim hava orta-
mında, yerden h_1 yüksekliğin-
den serbest bırakılıyor.

Cismin yere düşme süresi,

- I. h_1 yüksekliği
- II. m kütlesi
- III. cismin şekli

niceliklerinden hangilerine bağlıdır?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III



2

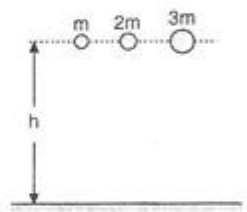
Hava sürtünmeleri ih-
mal edilen ortamda, ay-
nı yükseklikten m , $2m$
ve $3m$ kütleli cisimler
aynı anda serbest bira-
kılıyor.

Buna göre,

- I. $3m$ kütleli cisim en önce yere çarpar.
- II. Üç cisimde aynı anda yere çarparlar.
- III. m kütleli cisim en az hızla yere çarpar.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve III E) II ve III

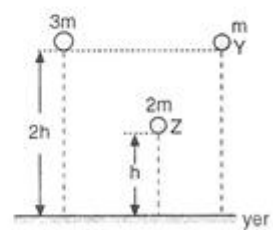


3

Kütleleri sırasıyla $3m$,
 m ve $2m$ olan X, Y ve
Z cisimleri şekildeki
gibi serbest düşmeye
bırakılıyor.

Havanın sürtünmesi
ihmal edildiğine gö-
re, bu cisimlerin yere düşme süreleri olan t_X , t_Y
ve t_Z arasında nasıl bir ilişki vardır? (t = süre)

- A) $t_X > t_Y > t_Z$ B) $t_X = t_Y > t_Z$
C) $t_Z > t_X = t_Y$ D) $t_Y > t_X > t_Z$
E) $t_Z > t_Y > t_X$



- 1) D
- 2) C
- 3) A
- 4) A
- 5) C
- 6) C
- 7) E
- 8) C
- 9) E
- 10) D

- 11) E
- 12) D
- 13) B
- 14) C
- 15) E
- 16) B
- 17) C
- 18) C
- 19) D
- 20) D

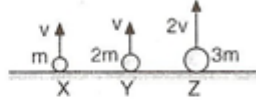
- 21) D
- 22) A
- 23) D
- 24) D
- 25) A
- 26) E
- 27) A
- 28) B
- 29) D
- 30) E

- 31) A
- 32) C
- 33) D
- 34) E
- 35) A
- 36) C
- 37) E
- 38) B
- 39) C
- 40) D

- 41) B
- 42) E
- 43)
- 44)
- 45)
- 46)
- 47)
- 48)
- 49)
- 50)

4

Kütleleri m , $2m$ ve $2m$ olan X, Y, Z cisimleri yerden v , v ve $2v$ lik hızlarla düşey olarak atılmaktadır.



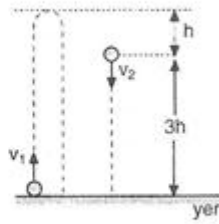
Cisimlerin çıkabilecekleri maksimum yükseklikleri olan h_X , h_Y ve h_Z arasında nasıl bir ilişki vardır?

- A) $h_X > h_Y > h_Z$ B) $h_Z > h_X > h_Y$
C) $h_Z > h_X = h_Y$ D) $h_Z > h_Y > h_X$
E) $h_Y = h_Z > h_X$

5

v_1 ve v_2 hızlarıyla şekildeki gibi atılan cisimlerin yere çarpma hızları eşittir.

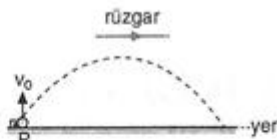
Hava sürtünmeleri ihmal edildiğine göre, $\frac{v_1}{v_2}$ oranı kaçtır?



- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 6

6

Sabit bir hızla esen rüzgarlı hava ortamında, yerden yukarı doğru $\vec{v}_0$ hızıyla düşey olarak atılan bir cismin yörüngesi şekildeki gibidir.



Rüzgarın hızı daha büyük olsa idi,

- I. Çıkış yüksekliği değişmezdi.
II. Yatayda daha uzağa düşerdi.
III. Yere düşme süresi artardı.

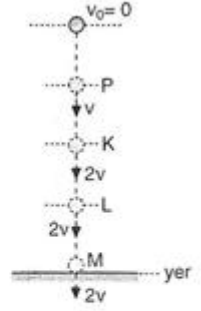
yargılarından hangileri doğrudur?
(Hava sürtünmeleri ihmal ediliyor.)

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

7

Hava ortamında belirli bir seviyeden serbest bırakılan bir cisim, P noktasından $\vec{v}$, K ve L noktasından $2\vec{v}$ hızı ile geçerek M noktasında yere $2\vec{v}$ hızı ile çarpıyor.

Cisme P, K, L noktalarında etki eden hava sürtünme kuvveti F_P , F_K , F_L ise bunlar arasındaki ilişki nedir?



- A) $F_P > F_K > F_L$ B) $F_P > F_K = F_L$
C) $F_K = F_L > F_P$ D) $F_K > F_L > F_P$
E) $F_P = F_K = F_L$

8

Kütleleri eşit olan küp, küre ve silindir biçimli cisimler, hava ortamında ve aynı seviyeden serbest bırakılıyor.

Cisimlerin hava ile temas ettiği en büyük yüzey alanları eşit ise,

- I. Yere çarpma hızları
II. Yere düşme süreleri
III. İvmeleri

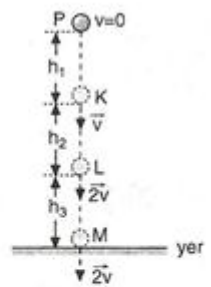
niceliklerinden hangileri eşit olur? (Hava sürtünme kuvveti $F_s = ksv^2$ olup üç cisim içinde k aynıdır.)

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

9

Hava ortamında P noktasından serbest bırakılan bir cisim, K seviyesinden $\vec{v}$, L seviyesinden $2\vec{v}$ hızı ile geçerek M noktasında yere yine $2\vec{v}$ hızı ile çarpıyor.

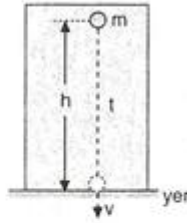
Cisim PK, KL ve LM arasında eşit sürelerde aldığına göre, h_1 , h_2 ve h_3 yükseklikleri arasındaki ilişki nedir?



- A) $h_1 > h_2 > h_3$ B) $h_3 > h_2 > h_1$
C) $h_2 > h_3 > h_1$ D) $h_2 > h_1 > h_3$
E) $h_2 = h_3 > h_1$

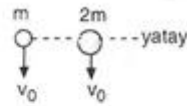
- 10 Hava ortamında m kütleli cisim serbest bırakıldığında yere v hızı ile ve t sürede düşüyor.

Cismin boyutları sabit kalacak şekilde sadece kütlesi artırılırsa t ve v ilk duruma göre nasıl değişir?



- | t | v |
|-------------|----------|
| A) Azalır | Artar |
| B) Azalır | Azalır |
| C) Azalır | Değişmez |
| D) Değişmez | Artar |
| E) Artar | Artar |

- 11 m ve $2m$ kütleli cisimler aşağı doğru v_0 hızıyla, düşey olarak aynı anda atılmaktadır.



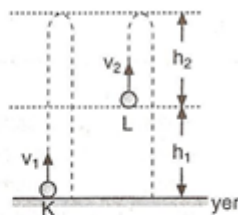
Cisimler atıldıktan t süre sonra, bu iki cisme ait,

- I. İvmeleri
- II. Hızları
- III. Yerden yükseklikleri
- IV. Yerin cisimlere uyguladığı çekim kuvvetleri

niceliklerinden hangileri eşit olur? (Sürtünmeler önemsiz.)

- A) Yalnız I B) I ve II C) III ve IV
D) I, II ve III E) I, II, III ve IV

- 12 Eşit kütleli K ve L cisimleri şekildeki konumlarından düşey yukarı doğru atış hareketi yaparak, yere düşüyorlar.



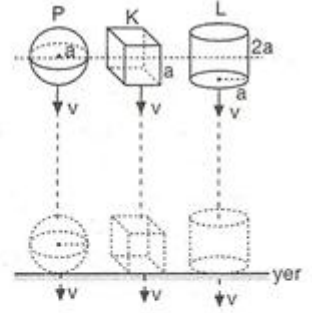
Buna göre, K ve L cisimleri için;

- I. Havada kalma süreleri
- II. Yere çarpma hızları
- III. Ağırlıkları

niceliklerinden hangileri kesinlikle birbirine eşittir? (Hava sürtünmesi önemsizdir.)

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

- 13 Aynı yatay seviyeden, eşit ilk hızlarla atılan P, K ve L katı cisimleri, yere yine aynı hızlarla çarpıyorlar.



Kürenin yarıçapı a , küpün bir kenarı a ve silindirin yarıçapı a , yüksekliği $2a$ olduğuna göre, bu cisimlerin m_P , m_K , m_L kütleleri arasında nasıl bir ilişki vardır? (Hava sürtünme kuvveti $F_s = ksv^2$ olup üç cisim içinde k aynıdır.)

- A) $m_P > m_K > m_L$ B) $m_P > m_L > m_K$
C) $m_P = m_L > m_K$ D) $m_L > m_P > m_K$
E) $m_P = m_K = m_L$

- 14 Sürtünmeli bir hava ortamında yerden v_0 hızı ile atılan cisim maksimum L noktasına kadar çıkabiliyor.



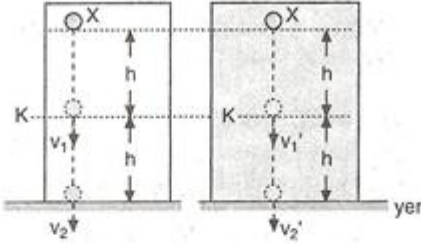
Cismin L ye çıkma süresi t olduğuna göre,

- I. Cisim L den yere yine t zamanda gelir.
- II. Çıkarken ivmesi inerkenki ivmesinden büyüktür.
- III. Cisim yere v_0 hızı ile çarpar.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

15



Şekil - I

Şekil - II

Şekil - I de havası alınmış ortamda, Şekil - II de ise hava ortamında aynı seviyeden serbest bırakılan bir cismin K ve yer seviyesindeki hızları v_1 , v_2 ; v_1' , v_2' dır.

Buna göre,

- I. $v_1 > v_1'$
- II. $v_2 > v_2'$
- III. $v_1 = v_2'$

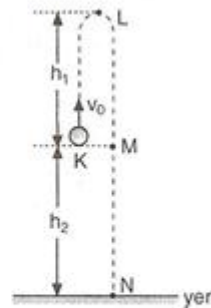
yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) II ve III

16

K noktasındaki şekildeki gibi v_0 hızıyla yukarı doğru düşey olarak atılan bilye KL, LM ve MN yolunu eşit zamanlarda alıyor.

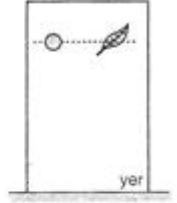
Hava sürtünmeleri ihmal edildiğine göre, $\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$ oranı kaçtır?



- A) $\frac{1}{3}$
- B) $\frac{1}{5}$
- C) $\frac{3}{5}$
- D) $\frac{2}{5}$
- E) $\frac{1}{8}$

17

Havası tamamen alınmış bir ortamda, çelik bilye ile kuş tüyü aynı anda serbest bırakılmaktadır.



Buna göre,

- I. Aynı anda yere çarparlar.
- II. Aynı hızla yere çarparlar.
- III. Bilyenin yere çarpma hızı daha büyük olur.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) I ve III

18

Yukarı doğru v sabit hızı ile gitmekte olan bir balondan cisim atılıyor. Cisme, balona göre, sırasıyla v hızı ile aşağı düşey atış, serbest düşme ve v hızıyla yukarı düşey atış hareketleri yaptırıldığında, yerdeki gözlemciye göre cismin atıldığı andaki hızının büyüklüğü sırasıyla v_1 , v_2 , v_3 olmaktadır.

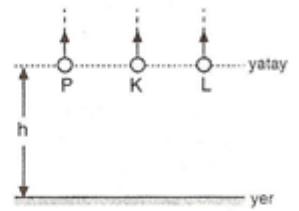


Buna göre, bu hızlar arasında nasıl bir ilişki vardır?

- A) $v_1 > v_2 > v_3$
- B) $v_3 > v_2 > v_1$
- C) $v_2 > v_1 > v_3$
- D) $v_3 > v_1 > v_2$
- E) $v_1 = v_2 = v_3$

19

Hava sürtünmelerinin önemsiz olduğu bir ortamda, aynı yatay seviyeden atılan P, K ve L cisimlerinden K cismi yere göre en fazla yüksekliğe, L cismi de en az yüksekliğe çıkıyor.



Buna göre,

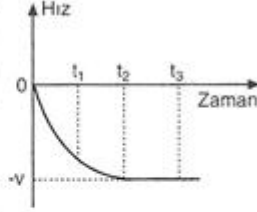
- I. L cismi ilk önce yere çarpar.
- II. Atıldıkları yatay seviyeye ilk önce K cismi gelir.
- III. En büyük hızla K cismi atılmıştır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) I, II ve III

20

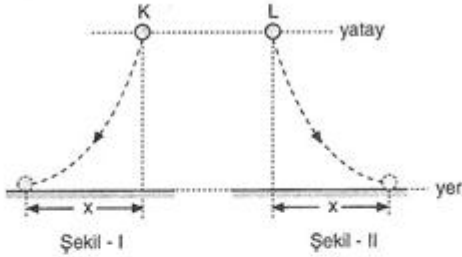
Sürtünmeli hava ortamında serbest bırakılan bir cismin hızı zamanla şekildeki gibi değişmektedir.



Cisme t_1 , t_2 ve t_3 anlarında etki eden hava sürtünme kuvvetlerinin büyüklükleri sırasıyla F_1 , F_2 ve F_3 ise, bunlar arasındaki ilişki nedir?

- A) $F_1 > F_2 > F_3$ B) $F_2 > F_3 > F_1$ C) $F_2 = F_3 > F_1$
D) $F_1 > F_2 = F_3$ E) $F_1 = F_2 = F_3$

21



Yere göre aynı yatay seviyeden serbest bırakılan özdeş K ve L cisimleri Şekil - I ve Şekil - II deki yörüngeleri izliyorlar.

Buna göre,

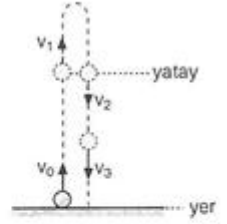
- I. Ortamlarda rüzgar vardır.
II. K cisminin bulunduğu ortamdaki rüzgarın hızı, L nin bulunduğu ortamındakinden büyüktür.
III. Ortamlardaki rüzgarlar birbirine göre ters yönde esmektedir.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) I ve II B) I ve III C) II ve III
D) Yalnız I E) I, II ve III

22

Sürtünmeli hava ortamında yerden yukarı doğru düşey olarak atılan bir cismin yörüngesi şekildeki gibidir.



Cismin yörüngesi üzerindeki hızların büyüklükleri v_1 , v_2 ve v_3 olduğuna göre,

- I. $v_1 > v_2$
II. $v_1 = v_3$
III. $v_3 > v_2$

yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

23

Sürtünmeli hava ortamında,

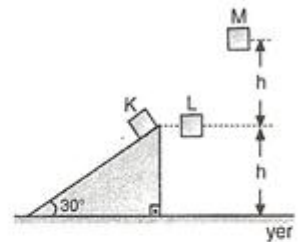
- I. Limit hızdan küçük bir hızla aşağı düşey olarak atılan bir cisim yavaşlayarak yere iner.
II. Limit hızla eşit bir hızla aşağı düşey olarak atılan bir cisim sabit hızla yere iner.
III. Limit hızdan büyük bir hızla aşağı düşey olarak atılan bir cisim, önce yavaşlar sonra sabit hızla yere iner.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

24

Özdeş K, L, M cisimlerinden K cismi eğik düzlemde L ve M cisimleri ise şekildeki gibi h ve $2h$ yüksekliklerinden serbest bırakılıyorlar.

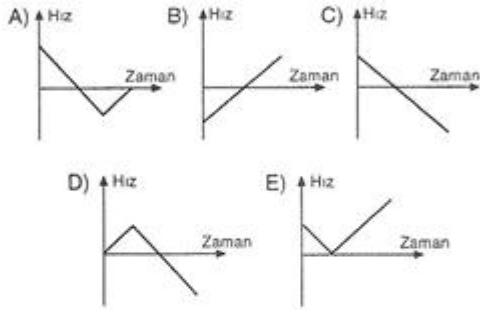


Cisimlerin yere gelme süreleri t_K , t_L , t_M arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisi gibidir?

(Sürtünmeler önemsenmiyor; $\sin 30^\circ = 0,5$)

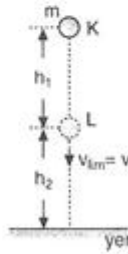
- A) $t_K = t_L = t_M$ B) $t_M > t_K = t_L$ C) $t_K = t_M > t_L$
D) $t_K > t_M > t_L$ E) $t_M > t_L > t_K$

- 25 Hava ortamında $2v$ hızıyla yukarı yükselmekte olan balondan, balona göre düşey olarak aşağı yönde v hızıyla atılan cismin hız - zaman grafiği nasıl olur? (Taşa etkiyen hava direnci önemsenmiyor.)



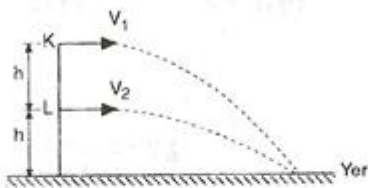
- 26 Sürtünmeli hava ortamında, K noktasından serbest bırakılan m kütleli cisim L noktasından sonra limit hızla hareket ediyor.

Cismin limit hızının büyüklüğünü, h_2 yüksekliği, f_s havanın sürtünme kuvveti, mg cismin ağırlığı, niceliklerinden hangileri etkilemez? (g : Yerçekim ivmesi)



- A) Yalnız h_2 B) Yalnız mg C) mg ve f_s
D) h_2 ve mg E) h_2 , mg ve f_s

27

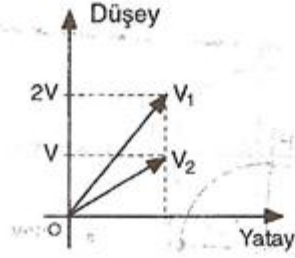


K ve L noktalarından V_1 ve V_2 hızlarıyla yatay olarak atılan cisimler şekildeki gibi aynı noktaya düşüyor.

Buna göre $\frac{V_1}{V_2}$ oranı kaçtır?

- A) $1/\sqrt{2}$ B) 2 C) $\sqrt{2}$ D) $\sqrt{3}$ E) 3

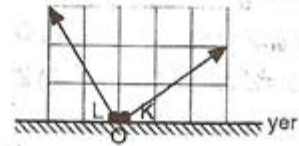
28



V_1 ve V_2 hızları ile şekildeki gibi eğik atılan iki cismin, atış uzaklıkları x_1 ve x_2 ise $\frac{x_1}{x_2}$ oranı kaçtır?

- A) $\frac{1}{2}$ B) 1 C) $\frac{3}{2}$ D) 2 E) 4

29



Hızları ölçekli olarak şekildeki gibi olan K ve L cisimleri aynı noktadan atılıyor.

Cisimlerin yere düşme süreleri t_K , t_L ve atış uzaklıkları x_K , x_L arasındaki ilişki için hangisi doğrudur?

- A) $t_K > t_L$ B) $t_K < t_L$
 $x_K = x_L$ $x_K = x_L$
C) $t_K = t_L$ D) $t_K > t_L$
 $x_K < x_L$ $x_K > x_L$
E) $t_K < t_L$
 $x_K < x_L$

- 1) E
2) B
3) B
4) C
5) B
6) C
7) C
8) E
9) B
10) A

- 11) D
12) D
13) C
14) B
15) D
16) A
17) D
18) B
19) D
20) C

- 21) B
22) A
23) D
24) D
25) C
26) A
27) A
28) D
29) B