

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

DENİZCİLİK

HIZ VE İVME

Ankara, 2015

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. HAREKETLER.....	3
1.1. Hız.....	3
1.2. Yer Değiştirme.....	4
1.2.1. Konum	4
1.3. Ortalama Hız.....	6
1.4. Sürat	6
1.5. Ani Hız.....	7
1.6. Bağlı Hız	8
1.6.1. Nehir Hareketleri	9
1.7. İvme	18
1.7.1. Ortalama İvme	18
1.7.2. Ani ivme	19
1.8. Doğrusal Hareket Çeşitleri.....	21
1.8.1. Düzgün Doğrusal Hareket	21
1.8.2. Düzgün Değişen Doğrusal Hareket	22
1.9. Bir Doğru Boyunca Sabit İvmeli Hareket.....	22
1.9.1. İlk Hızı Olmayan İvmeli Hareket	22
1.9.2. İlk Hızı Belli Olan ve Düzgün Hızlanan Hareket	22
1.9.3. İlk Hızı Olan ve Düzgün Yavaşlayan Hareket.....	23
1.10. Serbest Düşme	24
1.10.1. Duran Bir Cismin Serbest Düşmesi	24
1.10.2. Aşağı Atılan Bir Cismin Serbest Düşmesi.....	25
1.10.3. Yukarı Atılan Bir Cismin Serbest Düşmesi	25
1.11. Yatay ve Eğik Atış	26
1.11.1. Yatay Atış	26
1.11.2. Eğik Atış.....	27
UYGULAMA FAALİYETİ	31
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	37
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	39
2. SÜRTÜNME VE SÜRTÜNME KANUNU	39
2.1. Sürtünme Nedir?	39
2.2. Sürtünme Kuvveti	39
2.3. Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Etkenler	42
2.3.1. Yüzeyin Pürüzlü Olması.....	42
2.3.2. Cismin Ağırlığı	42
2.4. Kayma Sürtünmesi.....	42
2.4.1. Kinetik Sürtünme Kuvveti	42
2.4.2. Statik Sürtünme Kuvveti (Fs)	43
2.5. Eğik Düzlem	44
2.5.1. Sürtünmesi Önemsiz Eğik Düzlem.....	44
2.5.2. Sürtünmeli Eğik Düzlem	45
2.6. Newton'un II. Hareket Kanunu.....	46

UYGULAMA FAALİYETİ	49
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	52
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	54
3. MADDESEL NOKTANIN DİNAMİĞİ	54
3.1. Kuvvet.....	54
3.1.1. Merkezkaç Kuvvet.....	55
3.2. İş ve Enerji	56
3.3. Güç.....	58
3.4. Enerji.....	59
3.4.1. Kinetik Enerji	59
3.4.2. Potansiyel Enerji.....	60
3.5. Mekanik Enerjinin Korunumu	62
3.6. Tork (Dönme Momenti).....	64
3.7. İmpuls	68
3.8. Momentum.....	68
3.9. Momentum ve Kinetik Enerji İlişkisi.....	69
3.10. Çarpışmalar	69
3.10.1. Merkezi Çarpışma.....	69
3.10.2. Tamamen Esnek Olmayan Çarpışma.....	70
3.10.3. Merkezi Olmayan Çarpışmalar.....	71
UYGULAMA FAALİYETİ	74
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	81
MODÜL DEĞERLENDİRME	84
CEVAP ANAHTARLARI	85
KAYNAKÇA	86

AÇIKLAMALAR

ALAN	Denizcilik
DAL	Gemi Makineleri İşletme
MODÜLÜN ADI	Hız ve İvme
MODÜLÜN SÜRESİ	40/28
MODÜLÜN AMACI	Bireye / öğrenciye hız, ivme ile ilgili hesaplamaları yapmaya yönelik bilgi ve becerileri kazandırmaktır.
MODÜLÜN ÖĞRENME KAZANIMLARI	<ol style="list-style-type: none">1. Hareketlerle ilgili hesaplamaları yapabileceksiniz.2. Sürtünme ve sürtünme kanunu ile ilgili hesaplamaları yapabileceksiniz.3. Maddesel noktanın dinamiği ile ilgili hesaplamaları yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Fizik laboratuvarı Donanım: Fizik laboratuvarında bulunan deney setleri
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modülde denizcilik gemi makineleri alanında hız ve ivme ile ilgili hesaplamalar yapacaksınız. Günlük yaşamda bu modülde yer alan bilgiler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanında denizcilik alanında da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Denizcilik alanında kullanımıyla ilgili birkaç örnek vermek gerekirse; akıntılı suda hareket hesaplamaları, atışlar konusu ile ilgili olarak denizcilik alanında kullanılan halat fırlatma aletinin kullanımı benzerlik göstermektedir. Yukarı ilk hızlı hareket ile payro teknik malzeme arasında yer alan işaret paraşüt fişegi kullanımı benzerlik göstermektedir.

Bu modülde her bölümde, işlenmiş konuların sonunda yeterli sayıda karakteristik problemlerin açıklamalı çözümü verilmiştir. Modül sonundaki soruları çözerek bilgileriniz daha kalıcı olacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

ÖĞRENME KAZANIMI

Hareketlerle ilgili hesaplamaları yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Hız nedir? Araştırınız.
- Yer değiştirmenin nelere bağlı ve nelerden bağımsız olduğunu araştırınız?
- Belli bir zaman aralığında bir cismin ortalama hızı sıfır ise bu cisim hiç hareket etmemiş midir?
- Belli zaman aralığında ortalama hızı sıfırdan farklı olan bir cismin, bu aralığın herhangi bir andaki hızı sıfır olabilir mi?
- İvme nedir? Araştırınız. Çabuk hızlanan bir cisimle yavaş yavaş hızlanan bir cisim aynı ivmeye sahip olabilir mi?

1. HAREKETLER

1.1. Hız

Bir cismin birim zamandaki yer değiştirme miktarına hız denir. Hız “V” sembolü ile gösterilir ve vektörel bir büyüklüktür. Hız;

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}$$

şeklinde tanımlanır.

Δx = Yer değiştirme

Δt = Zaman

Hız birimi SI (MKS) birim sisteminde m/sn.dir. Km/saat de hız birimi olarak kullanılabilir.

Hareket hâlindeki bir cismin hareketinin özelliği ve yönü hızından anlaşılır. Hız sabit ise sabit hızlı hareket ya da düzgün doğrusal hareket adını alır. Hızı düzgün artıyorsa düzgün hızlanan, düzgün azalıyorsa düzgün yavaşlayan hareket adını alır.

Hız vektörel büyüklük olduğundan hızın işareti hareketin yönünü gösterir. Hız (+) işaretli ise araç (+) seçilen yönde, (-) işaretli ise (-) seçilen yönde gidiyor demektir.

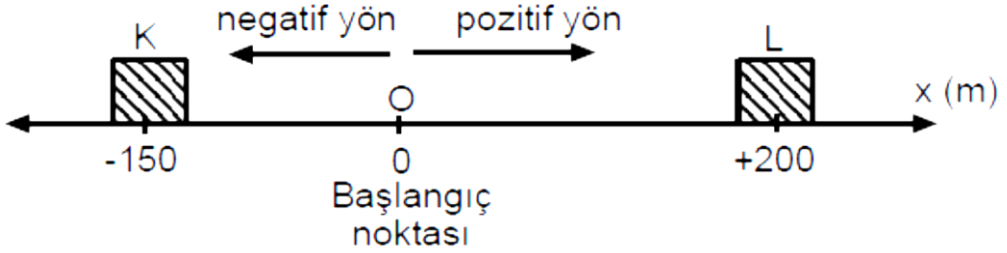
1.2. Yer Değiştirme

Bir cismin ilk konumu ile son konumu arasındaki yönlü uzaklığa yer değiştirme denir. Bir başka ifadeyle yer değiştirme; bir noktadan başka bir noktaya uzanan en kısa doğrudur. Yer değiştirme “ Δx ” ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür.

$\Delta x = X_{\text{son}} - X_{\text{ilk}}$ formülü ile hesaplanır.

1.2.1. Konum

Herhangi bir cismin ya da hareketlinin başlangıç (referans) noktasına göre bulunduğu yere **konum** denir. Vektörel bir büyüklüktür. “X” sembolü ile gösterilir. Birimi uzunluk birimleridir.



Şekil 1.1: Konum

Şekildeki L cisminin O noktasına göre konumu +200 m, K cisminin O noktasına göre konumu -150 m'dir.

Problem

Bir çocuk doğrusal bir yörüngede önce 25 m, daha sonra geriye dönerek 17 m daha yürüyor.

- Aldığı yol kaç metredir?
- Yer değiştirmesi kaç metredir?

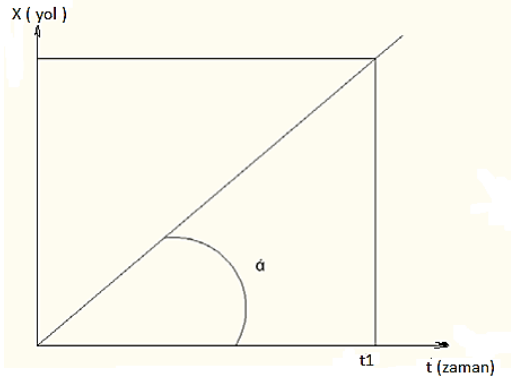
Çözüm

- Toplam almış olduğu Yol= 25 m +17m = 42 m'dir.
- Yer değiştirme ise ilk bulunduğu noktanın son bulunduğu noktaya olan uzaklığıdır.
Yer değiştirme = 25 m – 17 m = 8 m'dir.

➤ **Hız ve Yol Grafiği**

• **Yol – Zaman Grafiği**

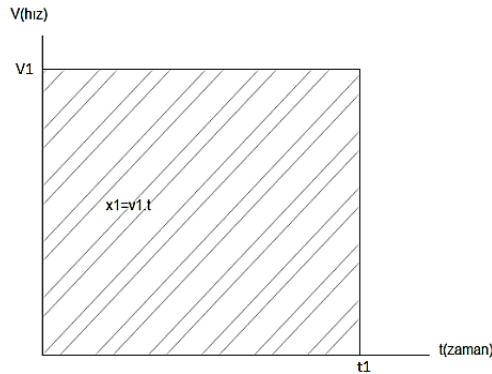
Apsiste zamanı (t), ordinatta yolu (X) ile gösterirsek ($X=V \cdot t$) denklemini gereğince düzgün doğrusal hareketin yol - zaman diyagramını orijinden geçen bir doğrudur. Bu doğrunun zaman eksenini (apsis) ile yaptığı açının (α) eğimi;



Şekil 1.2: Yol - zaman grafiği

$Tan \alpha = \frac{X_1}{t_1}$ dır. $\frac{X_1}{t_1} = V$ olduğundan $Tan \alpha = V$ yazılır.
Yol – zaman diyagramında
($X = V \cdot t$) doğrusunun eğimi hıza eşittir.

• **Hız - Zaman Grafiği**



Şekil 1.3: Hız - zaman grafiği

Zamanı apsiste, hızı ordinatta gösterecek olursak hız zaman diyagramını (V – t) apsise paralel bir doğru olur. Herhangi bir (t_1) zamanı içinde alınan yol:

$X_1 = V_1 \cdot t_1$
olduğundan taranmış alana eşit olur.

Problem

İki şehir arasındaki mesafe 630 km'dir. Bir araç bu mesafeyi 7 saate alabildiğine göre hızı kaç km/sa.dir.

Çözüm

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad V = \frac{630}{7} \quad V = 90 \text{ km/sa.}$$

1.3. Ortalama Hız

Doğrusal yolda hareket eden bir cismin hızı, hareketi süresince değişebilir. Cisim bazen hızlanıp bazen yavaşlayabilir. Bir cismin doğrusal yörüngedeki toplam yer değiştirmesinin toplam zamana oranına **ortalama hız** denir.

$$V_{\text{ort}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

Problem

Bir araç bir yolun 40 km'sini 2 saatte, 60 km'sini 3 saatte giderse bu aracın ortalama hızı kaç km/sa. olur.

Çözüm

Toplam yol / toplam zaman bize ortalama hızı verir.

$$V_{\text{ort}} = \frac{40+60}{2+3} \quad V_{\text{ort}} = \frac{100}{5} \quad V_{\text{ort}} = 20 \text{ km/sa. bulunur.}$$

1.4. Sürat

Bir hareketlinin birim zamanda aldığı yola **sürat** denir.

$$\text{Sürat} = \frac{\text{Alınan yol}}{\text{Geçen zaman}} \quad V = \frac{x}{t} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$

SI birim sisteminde yol birimi metre (m), zaman birimi saniye (sn.) olduğundan süratin birimi **m/sn.**dir. Otomobil ve uçaklarda sürat birimi olarak km/h kullanılır. Sürat skaler bir büyüklüktür. Yönü ve doğrultusu yoktur. Motorlu taşıtlardaki göstergelerde aracın anlık sürati görülebilir. Araçların süratleri takometre ile ölçülür. Doğrusal bir yolda hareket eden bir hareketlinin ortalama sürati, ortalama hızının büyüklüğüne eşittir.

Problem

6000 metre uzunluğundaki bir yolu iki koşucudan biri olan Hakan 3dk. 20sn.de, Cemil 2dk. 5sn.de koşuyor. Buna göre Hakan ve Cemil'in süratini hesaplayınız.

Çözüm

Hakan'ın sürati

Alınan yol = 6000 m

Geçen zaman=3dk.20sn.=(3.60)+20=200sn.

Sürat=Alınan yol/Geçen zaman

Sürat=6000/200=30m/sn.

Cemil'in sürati

Alınan yol=6000m

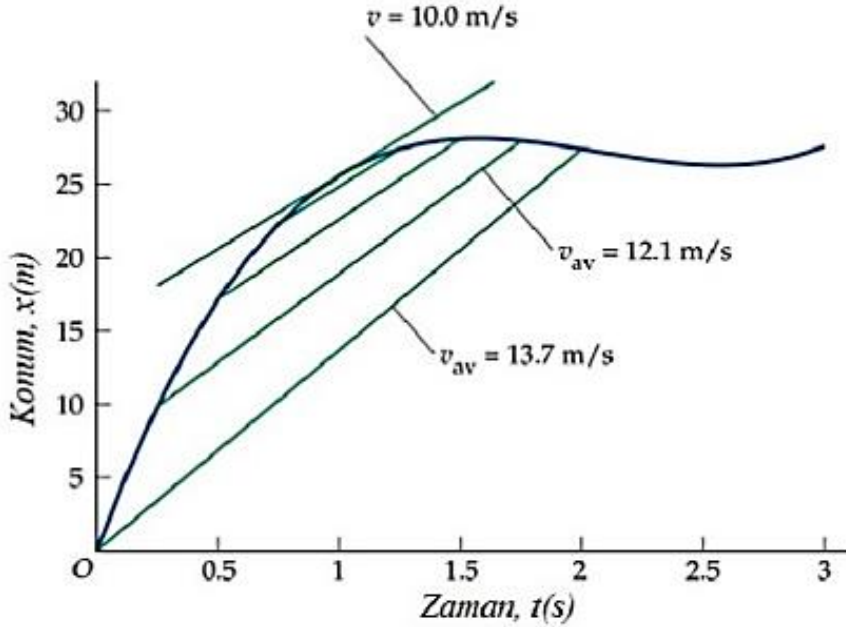
Geçen zaman=2dk. 5sn.=125sn.

Sürat=Alınan yol/Geçen zaman

Sürat = 6000/125=48m/sn.

1.5. Ani Hız

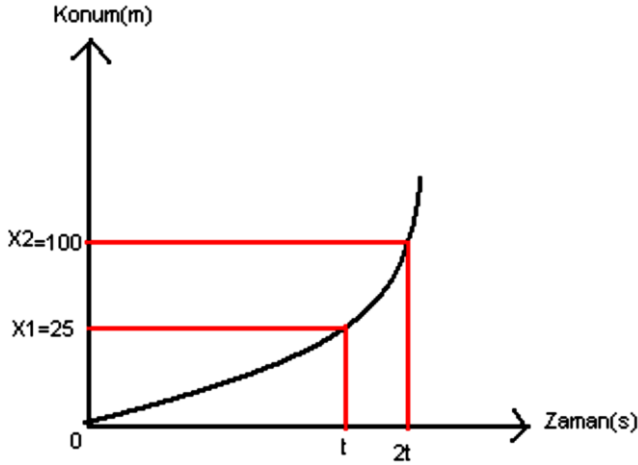
Hareket hâlindeki bir cismin herhangi bir andaki hızına **ani hız** denir. Cismin konum zaman grafiğinde eğri üzerinde o ana karşılık gelen noktada çizilen teğetin eğimine eşittir.



Şekil 1.4: Ani hız konum zaman grafiği

Problem

Durgun hâlden harekete geçen bir cismin konum - zaman grafiği şekildeki gibidir. Cismin X_1 ve X_2 konumları arasındaki ortalama hızı 15 m/sn. olduğuna göre X_1 konumundaki anlık hızı kaç m/sn.dir?



Çözüm:

$$V_{\text{ort}} = \frac{X_2 - X_1}{2t - t} = \frac{100 - 25}{t} = 15 \text{ ise}$$

$$t = \frac{75}{15} = 5 \text{ sn bulunur.}$$

$t = 5$ için anlık hız $v(t) = 2.5t = 10$ m/sn olur.

1.6. Bağlı Hız

Bir hareketlinin başka bir hareketliye göre hızına **bağlı hız** denir. V_b ile gösterilir. Vektörel bir niceliktir. Birimi m/sn.dir.

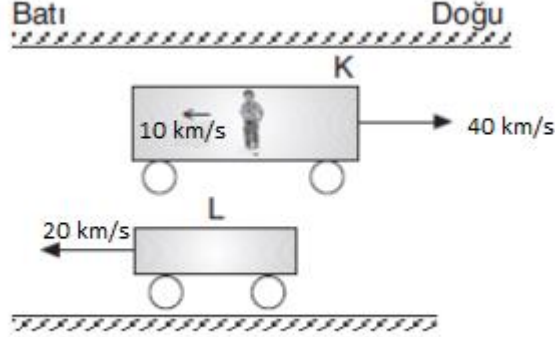
Otobüste hareket eden bir yolcu, trenin hızını yerde duran bir adamdan farklı algılar. Örneğin; trenle otobüs aynı yönde aynı hızla gidiyorsa otobüsteki adam treni duruyor gibi görür. Dolayısıyla trenin otobüse göre hızı sıfırdır.

Bağlı hareket sorularında genellikle gözlenen ve gözlemcinin hangisinden hangisine bakmak gerektiği karıştırılır. Dikkat edilecek husus; bağlı hızı bulmak için gözlenenden gözlemciyi çıkarmalıyız.

$$V_{\text{bağlı}} = V_{\text{gözlenen}} - V_{\text{gözlemci}} \quad \text{bağıntısı ile hesaplanır.}$$

Bağlı hız vektörel olduğu için işlemler vektörlerin özelliklerine göre yapılır.

Problem



Yukarıdaki şekildeki K aracı doğuya doğru yere göre 40 km/sa. hızla giderken ve içindeki adam araca göre batıya 10 km/sa. hızla gitmektedir. L aracı yere göre 20 km/sa. hızla batıya doğru gittiğine göre L aracındaki gözlemci K aracındaki adamı hangi hızla ve hangi yönde hareket ediyor görür?

Çözüm

K aracının içindeki adamın yere göre hızı

$$V_k = 40 - 10 \quad V_k = 30 \text{ km/sa. olur.}$$

L aracındaki gözlemci K'yi gördüğü hız

V bağıl = V gözlenen - V gözlemci ile bulunur.

$$V_b = 30 - (-20) \quad V_b = 50 \text{ km/sa. bulunur.}$$

Sonuç pozitif çıktığı için doğu yönüne gidiyor gibi görür.

1.6.1. Nehir Hareketleri

1.6.1.1. Akıntıya Paralel Hareket

a) Sadece akıntıyla olan harekettir. Örneğin bir tahta parçası nehre bırakılırsa sadece suyun akış hızıyla hareket eder.

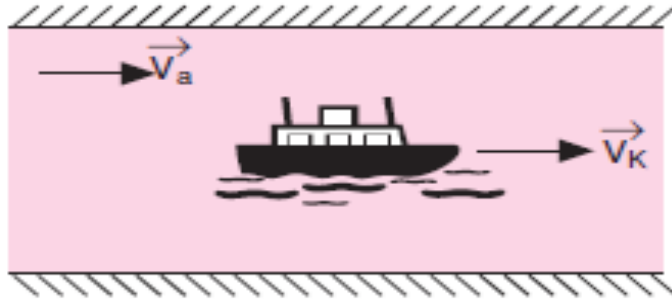
b) Akıntı ve yüzücünün birlikte hareketi;

- Akıntı ve yüzücü aynı yönde
- Akıntı ve yüzücü zıt yönde

➤ **Konuya başlamadan önce kullanılacak kavramlar;**

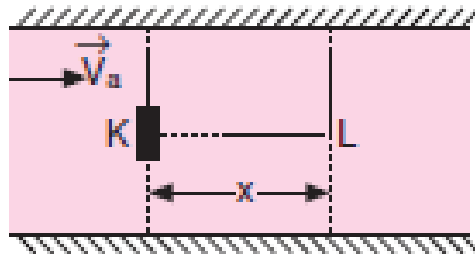
- Motorun ya da yüzücünün suya göre hızı
- Durgun kabul edilen suda hareket eden motorun ya da yüzücünün kendi hızına denir.
- Motorun ya da yüzücünün yere göre hızı
- Nehrin kenarında durgun bulunan bir kişiye göre yüzücü ve akıntının bileşke hızıdır.

Akıntı hızı (V_a) nehrin yere göre hızıdır.



Şekil 1.5: Geminin akıntılı suda hareketi

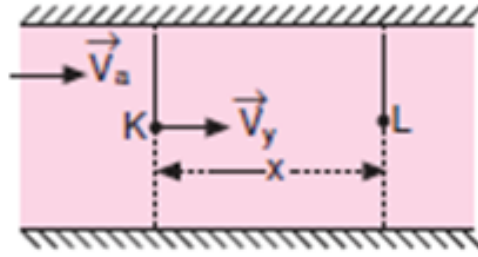
- V_k : Kayığın suya göre hızı
 V_a : Akıntı hızı
 V_y : Yüzücünün hızı
 V_{yer} : $V_k + V_a$: Kayığın yere göre hızı



Şekil 1.6: Geminin akıntılı suda hareketi

Akıntı hızı V_a olan nehre K noktasından bir tahta parçası bırakıp t saniye beklediğimizde tahta L noktasına geliyorsa almış olduğu mesafe

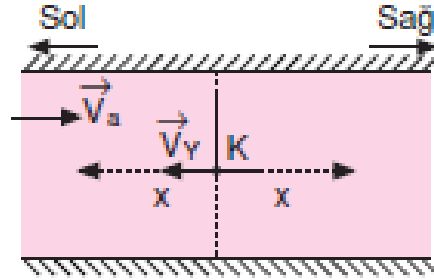
$X = V_a \cdot t$ dir.



Şekil 1.7: Geminin akıntılı suda hareketi

Akıntı hızı V_a olan nehre K noktasından V_y hızı ile giren yüzücü t saniyede L noktasına ulaşmışsa;

$$X = (V_a + V_y) \cdot t \text{ dir.}$$



Şekil 1.8: Geminin akıntılı suda hareketi

Akıntı hızı V_a olan nehre K noktasından V_y hızı ile giren yüzücü t saniye yüzdüğünde;

$V_a = V_y$ ise yüzücü olduğu yerde kalır.

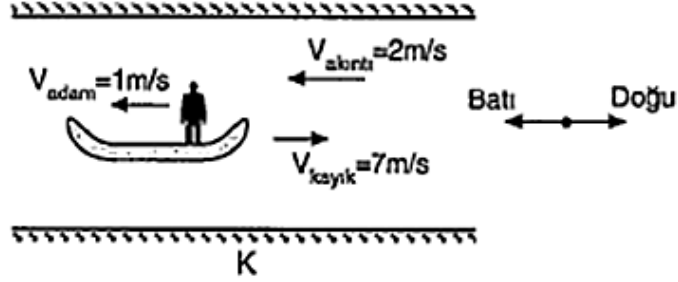
$V_a > V_y$ ise akıntı yüzücüyü K noktasının sağına doğru sürükler.

$$x = (V_a - V_y) \cdot t \text{ olur.}$$

$V_y > V_a$ ise yüzücü akıntıya karşı sol tarafa doğru yol alır.

$$x = (V_y - V_a) \cdot t \text{ olur.}$$

Problem



Akıntı hızı şekildeki gibi batıya doğru 2 m/sn. olan bir nehirde doğuya doğru suya göre 7 m/sn. hızla giden bir kayığın üzerinde kayığa göre ters yönde 1 m/sn. hızla hareket etmektedir. Kıyıda K noktasında duran bir gözlemciye göre adamın hızı kaç m/sn.dir?

Çözüm

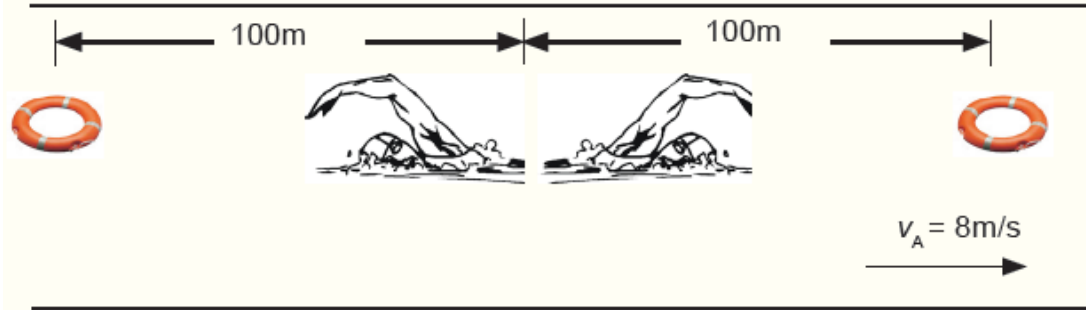
Kayık içindeki adamın yere göre hızı

$$V = V_{\text{kayık}} - (V_{\text{adam}} + V_{\text{akıntı}})$$

$$V = 7 - (1 + 2)$$

$$V = 4 \text{ m/s 'dir.}$$

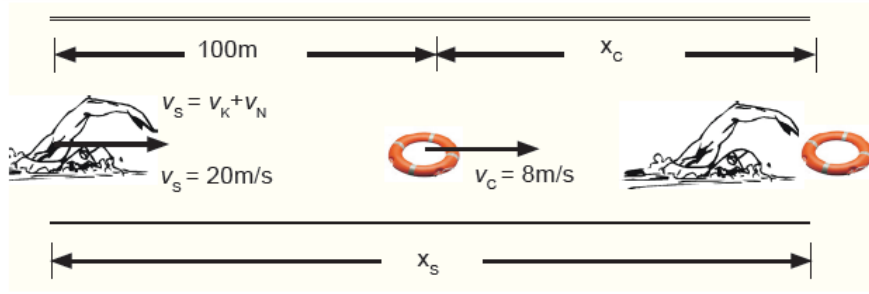
Problem



Rafting yapan iki sporcu 8 m/sn.lik hızla akan nehre düşer. Kurtarma helikopterinin attığı can simitlerinden biri sporcuların 100 m önüne diğeri de 100 m arkasına düşer. Sporculardan her biri, bir cankurtaran simidine doğru yüzmeye başlar. Sporcular suya göre 12 m/sn.lik hızla yüzebildiklerine göre hangi sporcunun kurtulma ihtimali daha fazladır?

Çözüm

Sporculardan her birinin cankurtaran simidine ulaşma süresini hesaplayalım.



Nehrin akış yönünde yüzen sporcu için;

Şekilde görüldüğü gibi

$$X_s = X_c + 100 \text{ olur.}$$

$$V_s \cdot t = V_c \cdot t + 100$$

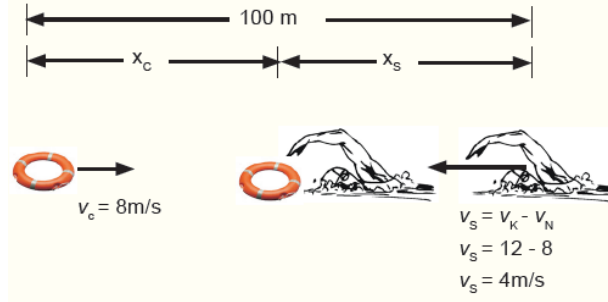
$$20 \cdot t = 8 \cdot t + 100$$

$$20 \cdot t - 8 \cdot t = 100$$

$$12 \cdot t = 100$$

$$t = 8,3 \text{ s}$$

Nehrin akış yönüne zıt yönde yüzen sporcu için;



Şekilde de görüldüğü gibi

$$100 = X_c + X_s$$

$$100 = V_c \cdot t + V_s \cdot t$$

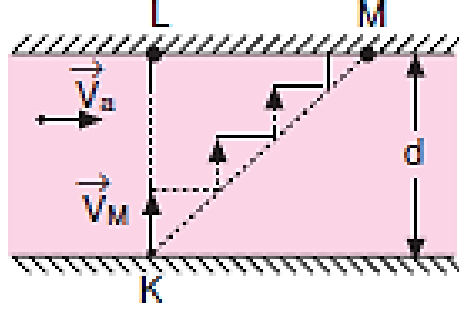
$$100 = 8 \cdot t + 4 \cdot t$$

$$12 \cdot t = 100$$

$$t = 8,3 \text{ s}$$

Yapılan işlemlerde de görüldüğü gibi sporcuların can simitlerine ulaşma süreleri eşittir. Dolayısıyla her iki sporcunun da kurtulma şansı aynıdır.

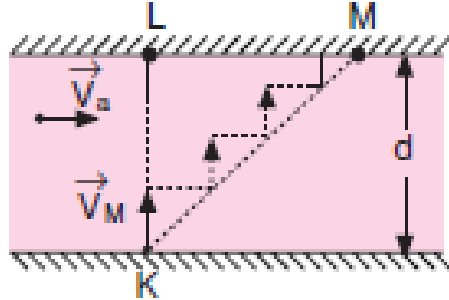
1.6.1.2. Akıntıya Dik Doğrultuda Hareket



Şekil 1.9: Geminin akıntılı suda dik doğrultuda hareketi

Bir tekne (M) akıntı hızı sabit (V_a) olan bir nehirde K noktasından harekete başlıyor. Tekne V_m hızı ile L noktasına yöneliyor. fakat L noktasına ulaşma şansı yoktur. Akıntı tekneyi nehir boyunca sürükleyerek M noktasına sürüklenmesine sebep olacaktır.

LM uzaklığı akıntı hızına ve teknenin nehri geçme süresine bağlıdır. Tekne her zaman yere göre hız vektörünün doğrultusunda hareket eder.



Şekil 1.10: Yüzücünün akıntılı suda dik doğrultuda hareketi

Burada nehrin hızı 0 olsaydı tekne t süresinde K noktasından L noktasına ulaşacaktı fakat akıntının mevcut hızı onu V_a hızıyla sürükleyerek t sürede M noktasına taşımıştır. Yere göre V_y hızıyla t sürede K noktasından M noktasına ulaşmıştır.

$$KL = V_m \cdot t$$

$$LM = V_a \cdot t$$

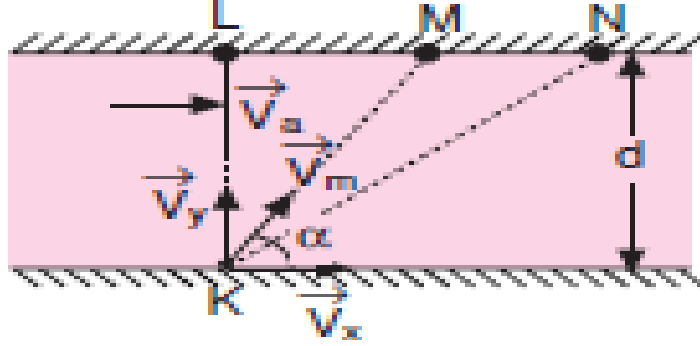
$$KM = V_{yer} \cdot t \text{ olur.}$$

$$KL = d = V_m \cdot t \text{ den } t = d / V_m$$

NOT: Teknenin karşıya geçiş süresi (t) kıyıya paralel akıntı hızına bağlı değildir.

➤ **Teknenin Hareket Doğrultusu ile Akıntı Arasında α Kadar Açılı Varsa;**

I. Durum



Şekil 1.11: Yüzücünün akıntılı suda hareketi

Tekne akıntıya α açılı yapacak şekilde V_m hızıyla harekete geçmiş ise V_m hızı V_x ve V_y dik bileşenlerine ayrılır.

$$V_x = V_m \cdot \cos \alpha$$

$$V_y = V_m \cdot \sin \alpha \text{ dır.}$$

t karşıya geçiş süresi

$$t = \frac{d}{V_y} = \frac{d}{V_m \cdot \sin \alpha} \text{ dır.}$$

Tekne M noktasına yöneldiği için akıntı olmasaydı M noktasına ulaşacaktı fakat onu akıntı N noktasına sürüklemiştir.

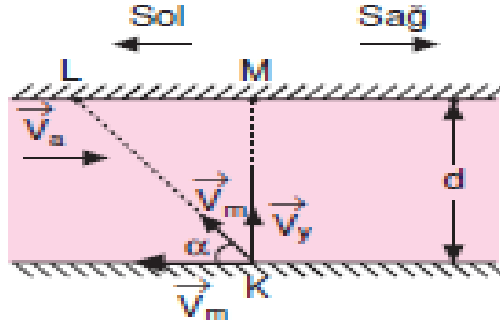
$$LN = (V_x + V_a) \cdot t$$

$$LN = V_x \cdot t + V_a \cdot t$$

$$LN = LM + MN$$

Akıntı hızı artarsa LM uzaklığı değişmez MN uzaklığı artar.

II. Durum



Şekil 1.12: Geminin akıntılı suda hareketi

K noktasından V_m hızıyla nehre giren tekne, L noktasına yöneldiğinde V_m hızı dik bileşenlerine (V_x ve V_y) ayrılır.

Karşıya geçiş süresi;

$$t = \frac{d}{V_y} = \frac{d}{V_m \cdot \sin \alpha} \text{ olarak bulunur.}$$

Karşıya çıktığı nokta ise V_a hızı ile V_x hızının büyüklükleri karşılaştırılarak bulunur.

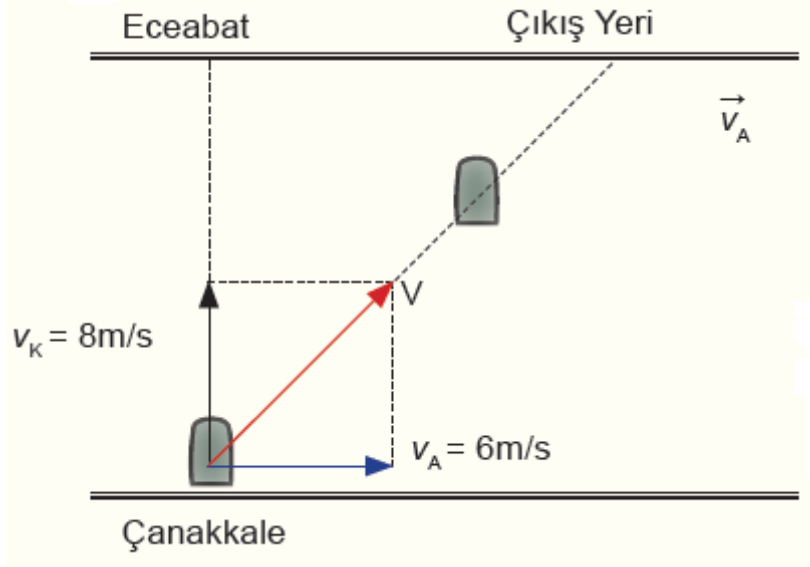
- $V_x = V_a$ ise tekne hiç sürüklenmeden tam karşı noktaya yani M noktasına çıkar.
- $V_x > V_a$ ise tekne LM arasında bir noktadan karşıya çıkar. M den x kadar uzağa çıkmışsa $x = (V_x - V_a) \cdot t$ ile bulunur.
- $V_x < V_a$ ise tekne M noktasının sağında karşıya çıkar. M nin x kadar sağında çıkmışsa $x = (V_a - V_x) \cdot t$ ile bulunur.

Problem

<p>Eceabat</p> <p>100 m</p> <p>Çanakkale</p>	<p>Maksimum hızı 8 m/sn. olan bir kayık; akıntı hızı 6 m/sn., genişliği 1000 m olan boğazın kıyısındaki Çanakkale'den Eceabat'a gitmek istiyor. Kayık akıntıya dik olarak boğaza açılır.</p> <ol style="list-style-type: none">Çanakkale iskelesinde duran bir yolcu, kayığı hangi hızla hareket ediyor görür?Kayık karşı kıyıya kaç s'de geçer?Kayıktaki yolcu karşı kıyıya ulaştığında Eceabat'a gitmek için kaç metre yürümek zorunda kalır?
--	---

Çözüm

a) Boğaza açılan kayık, motorunun ve akıntının toplamı olan hızla hareket eder.



Buna göre kayığın hareket hızı;

$$V = \sqrt{v_a^2 + v_k^2} \quad V = \sqrt{8^2 + 6^2} \quad V = 10 \text{ m / s olur.}$$

Çanakkale iskelesinde duran gözlemci, kayığı bu hızla hareket ediyor görür. Buna göre kayık karşı kıyıya Eceabat'tan çıkamaz. Bunun nedeni akıntıdır.

b) Kayığın $\rightarrow v_k$ hızıyla Çanakkale - Eceabat arasını $\rightarrow v_A$ hızıyla Eceabat - çıkış yeri arasını, V hızıyla da Çanakkale - çıkış yeri arasını alma zamanları eşittir. Bu nedenle karşı kıyıya geçme zamanı;

$$t = d / v_k \text{ den,} \quad t = 1000 / 8 \quad t = 125 \text{ s olur.}$$

c) Kayığın Eceabat'ın sağına çıkmasının nedeni akıntı olduğundan;

$$x = v_A \cdot t \text{ den} \quad \text{Eceabat - çıkış yeri} = 6 \cdot 125 = 750 \text{ m olur.}$$

1.7. İvme

Günlük hayatta karşılaşılan birçok hareket çeşidinde hız sabit değildir. Bazı hareketliler harekete başladıktan sonra hızını artırmakta, bazıları da hareket hâlindeyken hızını azaltmaktadır. Hareketli bir cismin birim zamandaki hız değişimine **ivme** denir.

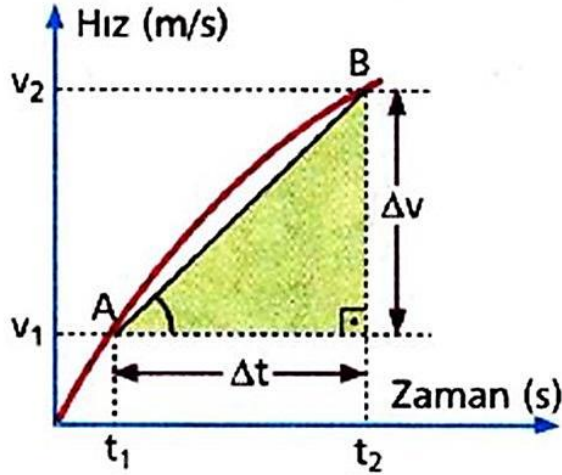
İvme vektörel bir büyüklüktür ve “a” sembolü ile gösterilir.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ eşitliği ile bulunur.}$$

SI birim sisteminde de hızın birimi m/sn., zaman birimi ise saniye olduğu için ivme birimi **m/sn²** dir.

1.7.1. Ortalama İvme

Şekilde görülen cismin hareketi düzgün değildir yani hız sabit oranda değişmez. Değişik zaman aralıklarında farklı miktarda artış azalıyor. Bu durum ivmenin sabit olmadığını gösterir. Böyle bir hareketin istenilen bir zaman aralığındaki ivmesi bulunmak istenirse;



Şekil 1.13: Ortalama ivme

Bulunmak istenen ivme, ilk zaman (t_i) ve son zaman (t_s) aralıklarındaki ortalama ivmedir. Bu zamana karşılık gelen hızlar A ve B noktalarında sırasıyla ilk hızı (v_i) ve son hızı (v_s)’dır. Bu iki noktayı birleştiren doğrunun eğimi, cismin o aralıktaki ortalama ivmesini verir.

$$a_{ort} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V_s - V_i}{t_s - t_i}$$

Problem

Bir cismin hızı 5 s'de 20 m/sn.den 60 m/sn.ye değişiyor. Cismin ortalama ivmesini bulunuz.

Çözüm

$$a_{ort} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V_s - V_i}{t_s - t_i} \quad a_{ort} = \frac{60 - 20}{5 - 0} = 8 \text{ m/sn.}$$

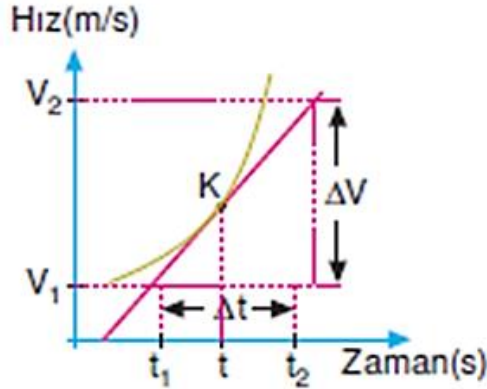
1.7.2. Ani ivme

Hareketlinin hızındaki değişiklikler çok çabuk ve çok çeşitli oluyorsa ivme değişken demektir. İvme değişken olunca da herhangi bir andaki ivmenin nasıl hesaplanacağı sorusu gündeme gelir. Herhangi bir andaki ivmeyi hesaplanabilirse anlık ivmeyi bulunmuş olur. Öyleyse anlık ivme şöyle tanımlanabilir:

Değişken ivmeli bir hareketle cismin yörünge üzerindeki bir noktadan geçtiği andaki ivmesine **anlık ivme** denir.

Anlık ivmenin bilinmesi, hem hareketi tanımmayı hem de anlık hızı hesaplayabilmeyi sağlar. İvme sabitse yani hızın 1 saniyedeki artış ya da azalışı hep aynı değerdeyse ortalama ivme, anlık ivmeye eşit olur.

Şekildeki gibi verilen bir cismin istenilen bir andaki ivmesi şöyle bulunur:



Şekil 1.14: Ani ivme

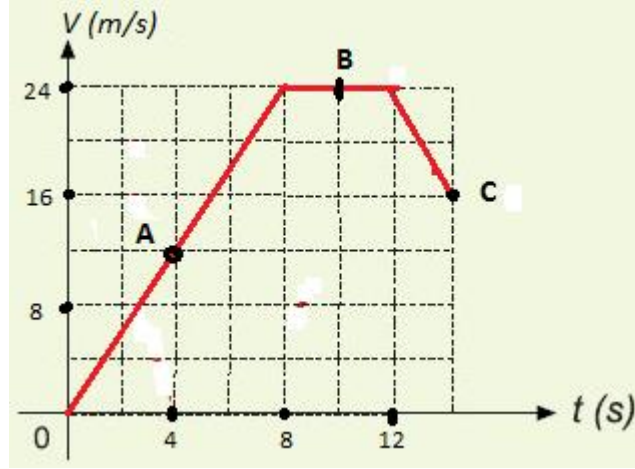
K noktasındaki anlık ivmeyi bulmak için bu noktadan eğriye teğet çizilir. Bu teğetin eğimi o noktadaki anlık ivmeyi verir.

$$a_{ani} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Eğrinin her noktasındaki teğetin eğimi farklı olacağından ani ivmelerde farklı olur.

Problem

Düzgün bir yol boyunca hareket eden bir aracın hız zaman grafiği şekilde gösterilmiştir. Aracın A, B ve C noktalarındaki ani ivmesini bulunuz?



Çözüm

Hız - zaman grafiğinde de görüldüğü gibi cisim değişik aralıklarda sabit ivme ile hareket etmektedir. Doğruların eğimi o noktadaki anlık ivmeyi verecektir.

A noktasındaki ani ivme;

$$a_{anlık} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad a_{anlık} = \frac{24-0}{8} = 3 \text{ m/sn}^2$$

B noktasındaki ani ivme;

$$a_{anlık} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0 \text{ hızdaki değişim sıfır olduğundan ani ivmede sıfır olur.}$$

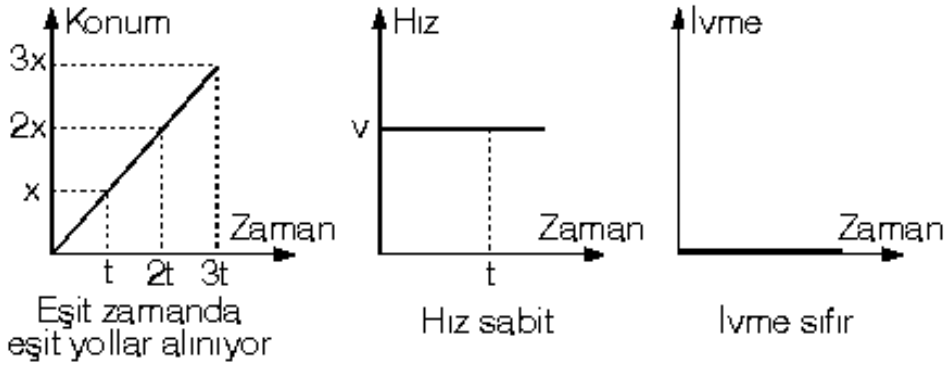
C noktasındaki ani ivme;

$$a_{anlık} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad a_{anlık} = \frac{16-24}{14-12} \quad a_{anlık} = \frac{-8}{2} = -4 \text{ m/sn}^2$$

1.8. Doğrusal Hareket Çeşitleri

1.8.1. Düzgün Doğrusal Hareket

Doğrusal yolda hareket eden bir cisim, eşit zaman aralıklarında eşit yer değiştirmelere sahipse bu harekete düzgün **doğrusal hareket**, sahip olduğu hıza da **sabit hız** denir. Bu hareket tipinde hız sabittir. Dolayısıyla ivme sıfırdır.



Şekil 1.15. Düzgün doğrusal hareket grafikleri

Problem

Hızı 72 km/sa. olan bir arabanın 15 dakikada aldığı yolu bulunuz.

Çözüm

Hız saat cinsinden verildiği için zamanı da saat cinsinden yazabiliriz.

$$t=15 \text{ dak}=0,25 \text{ saat}$$

Alınan yol ise;

$$X=v.t=72.0,25=18 \text{ km}$$

İkinci çözüm yolu olarak ise;

Hızı m/sn.ye çevirirsek;

$$v = \frac{72.1000}{60.60} = 20 \text{ m/sn.} \quad t = 0,15 \text{ dakika} = 15.60 = 900 \text{ saniye}$$
$$X= v.t = 20.900 = 18000 \text{ m} = 18 \text{ km}$$

1.8.2. Düzgün Değişen Doğrusal Hareket

Doğrusal bir yolda hareket eden aracın hızı düzgün değişiyorsa bu harekete **düzgün değişen doğrusal hareket** denir. Bu harekette ivme sabit olduğundan **sabit ivmeli harekette** denilir. İvmenin sabit olması, aracın hızının her saniye ivme kadar artması ya da azalması demektir.

1.9. Bir Doğru Boyunca Sabit İvmeli Hareket

1.9.1. İlk Hızı Olmayan İvmeli Hareket

Bu tip hareketler genellikle duran cisimlerin harekete başlayıp hızlanmasıyla ilgilidir. Duran bir arabanın harekete geçmesi iyi bir örnektir. Böyle bir harekette yer değiştirmeyi;

$$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \text{ formülüyle buluruz.}$$

x= Yer değiştirme (m)

a= ivme (m/sn²)

t= cismin hareketi süresince geçen zaman (sn.)

1.9.2. İlk Hızı Belli Olan ve Düzgün Hızlanan Hareket

Zaman başlangıcında belli bir hızı olan ve düzgün olarak hızlanan bir cismin hareketiyle ilgilidir. Örneğin; şehirlerarası düz bir yol boyunca 80 km/s hızla giden bir araba, öndeki aracı geçmek için hızını artırmalıdır. Gaz pedalına sabit bir oranda basılırsa hızı 80 km/sa.ten başlayarak artacaktır. Hızdaki artış zamanla doğru orantılı olarak değişecektir. Böyle bir harekete ait formülü şöyle yazabiliriz.

Zaman başlangıcındaki cismin ilk hızı v_0 (t=0 anındaki hız) olsun. Belli bir t zamanı sonra cismin hızı v değerine çıkacaktır. Bu durumda cismin son hızı, ilk hızı ile arasındaki değişim miktarının toplamına eşittir.

Cismin son hızı $v = v_0 + a \cdot t$ eşitliğiyle bulunur.

Yer değiştirme;

$X = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$ formülüyle bulunur.

x= yer değiştirme (m)

v_0 = cismin ilk hızı (m/sn.)

a= ivme (m/sn²)

t= cismin hareketi süresince geçen zaman (sn.)

Problem

8 m/sn² ivmesi olan bir aracın hızı 5 saniyede 10 m/sn.den 50 m/sn.ye çıkıyor. Aracın almış olduğu yol ne kadardır?

Çözüm

Verilenler

İvme (a) = 8 m/sn²

Aracın ilk hızı $V_0 = 10$ m/sn.

$X = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$

$X = 10 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 5^2$

X=150 m

1.9.3. İlk Hızı Olan ve Düzgün Yavaşlayan Hareket

Belli bir hızla giden bir arabanın fren yaparak yavaşlaması bu tip harekete en güzel örnektir. Düzgün yavaşlayan harekette hız, belli bir v_0 ilk değerinden başlayıp t zaman kadar sonra v gibi bir değere düşecektir.

Cismin son hızı, ilk hızı ile hızdaki değişimi çıkarmakla bulunur.

Cismin son hızı $v = v_0 - a \cdot t$ eşitliğiyle bulunur.

Yer değiştirme;

$X = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} a \cdot t^2$ formülüyle hesaplanır.

x= Yer değiştirme (m)

v_0 = Cismin ilk hızı (m/sn)

a= İvme (m/sn²)

t= Cismin hareketi süresince geçen zaman (sn.)

1.10. Serbest Düşme

Serbest düşen bir cisim denince; ilk hızına bakılmaksızın sadece yer çekimi etkisi altında hareket eden cisim akla gelmelidir. Cisim ister yukarıdan aşağı atılsın veya ilk hızsız bırakılsın, elden çıktıktan sonra sadece yer çekiminin etkisiyle hareket eder. Böyle hareketlere **serbest düşme** denir.

Cismin hareket yönü veya ilk durumu ne olursa olsun daima yer çekim ivmesi (g) sabit ve aşağı doğrudur.

Düşen cisimde hareketin ivmesi yer çekim ivmesi kadardır. Cisim yere çarpıncaya kadar g ivmesiyle düzgün hızlanan doğrusal hareket yapar.

1.10.1. Duran Bir Cismin Serbest Düşmesi

Elimizden bıraktığımız bir cisim, yer çekimin etkisiyle aşağı doğru hızlanarak düşer. Hızın artışı zamanla orantılıdır. Böyle bir cisim t kadar zaman sonra sahip olan hız $v=gt$ formülüyle bulunur.

Cismin herhangi bir t süresi sonunda aldığı yol;

$Y = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ formülüyle bulunur.

Y= Düşey doğrultuluda cismin almış olduğu yol (m)

g = Yer çekim ivmesi (m/sn^2)

t= Cismin hareketi esnasındaki süre (sn.)

Serbest düşme hareketinde alınan yol, düşey doğrultuda yani koordinat sisteminde y eksenine karşılık geldiğinden Y harfi ile ifade edilir.

Problem

Yer yüzeyinden yüksekliği yaklaşık 90 m olan bir gökdelenin tepesinden bırakılan bir taş kaç sn. sonra suya çarpar (Yer çekim ivmesi $g=9.81 m/sn^2$ alınacaktır.).

Çözüm

Verilenler;

Y= 90 m taşın bulunduğu yükseklik

$g= 9,81 m/sn^2$ olduğuna göre

$$Y = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad 90 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \cdot t^2$$

t= 4,28 sn. sonra yere çarpar.

1.10.2. Aşağı Atılan Bir Cismin Serbest Düşmesi

İlk hızı v_0 olan herhangi bir cisim, düşey doğrultuda aşağı atılırsa hızı gittikçe artar. Belli bir zaman sonra cismin hızı;

$$v = v_0 + g \cdot t$$

Cismin almış olduğu yol;

$$Y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2 \text{ formülüyle bulunur.}$$

1.10.3. Yukarı Atılan Bir Cismin Serbest Düşmesi

Belli bir V_0 ilk hızıyla yukarı doğru fırlatılan bir cisim, belli bir süre sonra yavaşlayarak duracak sonra da ilk hızı serbest düşme yapacaktır. Cismin yavaşlayarak durması, hareketinin yönü ile ivmenin birbirine zıt olmasından dolayıdır. Böylece bir cisim, belli bir t zaman sonraki hızı $V_0 = v_0 - g \cdot t$ formülüyle bulunur.

Almış olduğu yol $Y = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$ formülüyle bulunur.

Problem

Bir top yukarı doğru 25 m/sn.lik hızla fırlatılıyor.

- Hangi yükseklikte durur?
- Topun 4 sn. sonraki yüksekliğini bulunuz.

Çözüm

Top maksimum yüksekliğe vardığında hızı sıfır olur. Bu durumda topun yükselme zamanı;

$$v = v_0 - g \cdot t$$

$$0 = 25 - 9,81 \cdot t$$

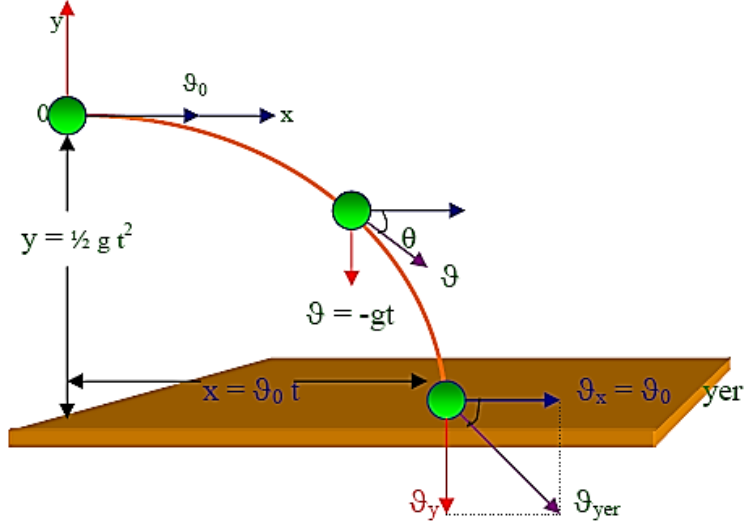
$$t \cdot 9,81 = 25$$

$$t = 25 / 9,81 = 15 \text{ m/sn.}$$

1.11. Yatay ve Eğik Atış

1.11.1. Yatay Atış

Yerden belli bir yükseklikten ilk hızıyla yatay atılan cismin hareketine yatay atış denir. Atış hareketi hava direncinin önemsiz olduğu ortamda kütleden bağımsızdır.



Şekil 1.16: Yatay atış

Yatay atış yapılan cismin hareketi yatay ve düşey bileşenlerine ayrılarak incelenir. Cismin hareketinin düşey bileşeni serbest düşme iken yatay bileşeni düzgün doğrusal harekettir.

Yatay doğrultuda alınan yol; $X = V_0 \cdot t$

Cismin düşey doğrultudaki hareketi ise serbest bırakılan bir cismin hareketine benzer. Cismin düşeyde almış olduğu yol;

$Y = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ formülüyle bulunur.

Yatay atış hareketi yapan bir cismin herhangi bir andaki hızı;

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

Problem

Yerden 80 m yükseklikten yatay 30 m/sn. hızla cisim atılıyor (Yer çekim ivmesi $g=10$ m/s² alınacaktır.).

- Cismin havada uçuş zamanı nedir?
- Yatay doğrultuda aldığı yol ne kadardır?
- Yere çarpma hızı kaç m/sn.dir?

Çözüm

a) Cisim düşey doğrultuda ilerlerken düşey doğrultuda 80 m yol alacaktır.

$$Y = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad 80 = \frac{1}{2} 10 \cdot t^2 \quad t^2=16 \quad t=4 \text{ s}$$

b) $X = v_0 \cdot t \quad X = 30 \cdot 4 = 120 \text{ m}$ yol alır.

c)

$$V_x = V_0 = 30 \text{ m/sn.}$$

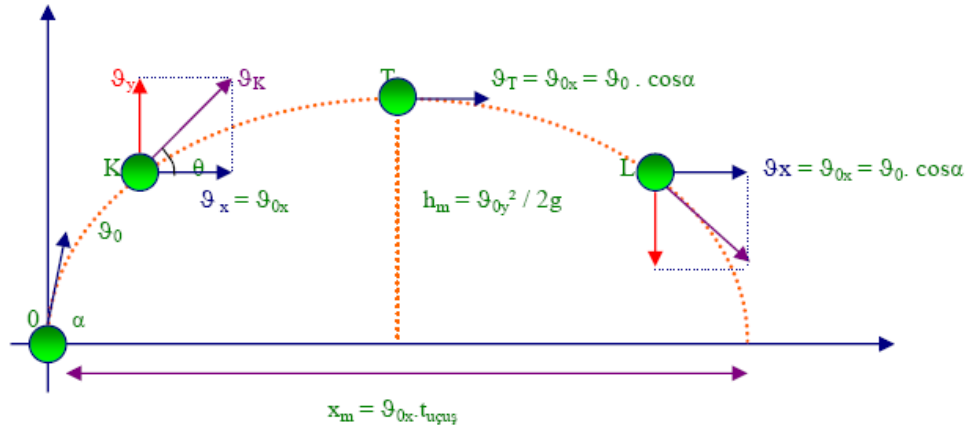
$$V_y = g \cdot t = 10 \cdot 4 = 40 \text{ m/sn.}$$

$$V^2 = V_x^2 + V_y^2 = 10^2 + 40^2 = 1825$$

$$V = 42,7 \text{ m/sn.}$$

1.11.2. Eğik Atış

Belli bir ilk hızla, yatayla belli bir açı yapacak şekilde fırlatılan cismin hareketi **eğik atış hareketidir**.



Şekil 1.17: Eğik atış

- Atış hareketi hava direnci önemsiz ortamda kütleden bağımsızdır.
- Herhangi bir andaki hız, yatay atış hareketinde olduğu gibi yatay ve düşey hızların bileşkesi olarak Pisagor bağıntısıyla bulunur.
- Cismin maksimum yüksekliğe çıkış süresi iniş süresine eşittir.

Yatay dođrultudaki hareket dűzgűn dođrusal harekettir. Ani cismin hızı her zaman aynı olup V_0 hızının yatay bileşenidir.

$$V_{0x}=V_0.\text{Cos } \alpha$$

Cisme yatay doğrultuda kuvvet etki etmediğinden $V_{0x}= V_0.\text{Cos } a$ hızı değişmez. Yatayda sabit hızlı hareket yapar.

Cismin ilk atıldıđında dűřey bileřeni;

$$V_{0y}= V_0.\text{Sin } \alpha$$

Dűřeyde ise yerçekimi etkisiyle ۆnce yukarı yۆnde dűzgűn yavaşlayarak hızı sıfırlanır ve tepe noktasında yalnızca yatay hızı kalır. Tepe noktasından itibaren hareket yatay atıř hareketidir. Bu noktadan sonra dűřey hızı dűzgűn artar ve cisim yine $V_{0y} = V_0.\text{Sin } a$ dűřey hızıyla yere çarpar.

Grafikte gۆrűldűđű gibi cismin yatay hızı, zamanın geçmesiyle deđiřmez. Dűřey hızı ise yer çekiminin etkisiyle deđiřir. Hızın dűřey dođrultudaki herhangi bir andaki deđeri;

$$V_y= V_0.\text{Sin} \alpha - g.t$$

Cismin belli bir zaman içerisinde aldığı yol;

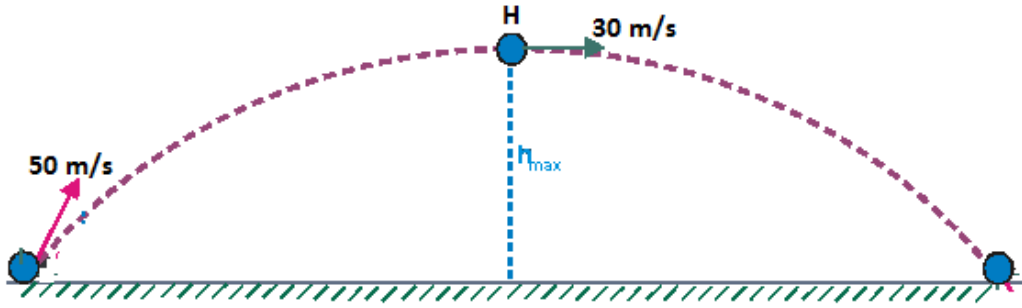
$$x= V_0.t. \text{Sin } \alpha$$

Dűřey dođrultudaki almıř olduđu yol;

$$Y= V.t.\text{sin } \alpha - 1/2g.t^2$$

Problem

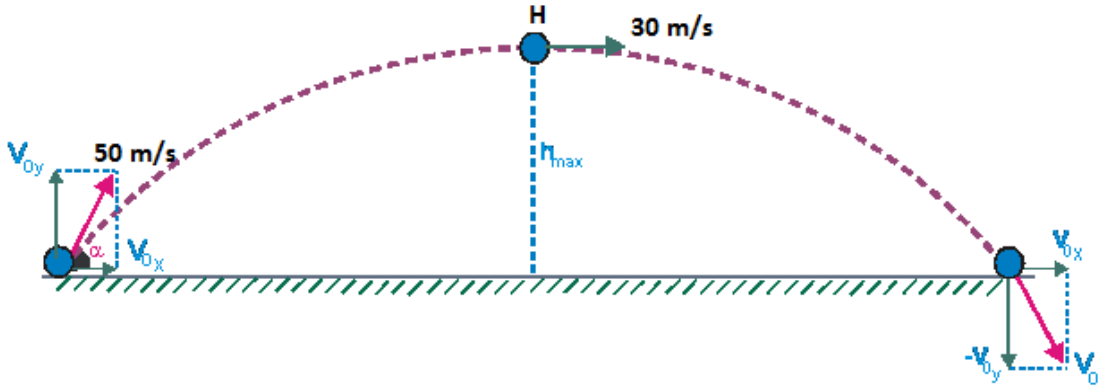
Yerden 50 m/sn. hızla atılan bir cismin maksimum yükseklikteki H noktasından 30 m/sn. hızla geçtiğine göre maksimum yükseklik ve atış menzili kaçtır? (Yerçekim ivmesi $g=10 \text{ m/sn}^2$ alınacak.)



Çözüm

50 m/s hızla atılan cismin bileşenlerine ayrılacak olursa yatay bileşen hızı V_{0x} düşey bileşeni ise V_{0y} olarak ayrılır.

H noktasında yatay hız 30 m/sn. olduğundan yataydaki hızı değişmeyeceğinden $V_{0x} = 30 \text{ m/sn}$. olur.



Pisagor teoreminden;

$$50^2 = V_{0y}^2 + 30^2 \quad V_{0y} = 40 \text{ m/sn. bulunur.}$$

Öncelikle cismin yukarı çıkış ve iniş süresi bulunur.

Cisim aşağıdan yukarıya düşey atış hareketi yapar.

$$V^2 = V_0^2 - 2.g.h$$

Tepe noktasında düşey bileşenin hızı sıfır olacağından;

$$0=40^2 - 2 \cdot 10 \cdot h \quad 20 \cdot h = 1600 \quad h = 80 \text{ m bulunur.}$$

Cismin havada toplam kalış süresi;

$$V = V_0 - g \cdot t \quad 0 = 40 - 10 \cdot t \quad 10 \cdot t = 40 \quad t = 4 \text{ sn}$$

Cismin yukarı çıkış süresi toplam havada kalış süresi ise 2 t'de 8 sn. bulunur.

Yatay olarak almış olduğu yol;

$$X = V_{0x} \cdot t \quad X = 30 \cdot 8 = 240 \text{ m}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Problem

5 saatte 350 km yol alan bir aracın saatteki hızı kaç km'dir?

Çözüm

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad V = \frac{350}{5} \quad V = 70 \text{ km/saat}$$

Problem

Bir hareketli aynı yönde 2 m/sn.lik hızla 15 saniye, 3 m/sn. hızla 10 saniye yol aldığına göre hareketlinin hız kaç m/sn.dir?

Çözüm

2 m/sn. hızla 15 saniye giden hareketlinin almış olduğu yol;
 $X_1 = V_1 \cdot t_1 \quad X_1 = 2 \cdot 15 = 30 \text{ m/sn.}$

3 m/sn. hızla 10 saniye giden hareketlinin almış olduğu yol;
 $X_2 = V_2 \cdot t_2 \quad X_2 = 3 \cdot 10 = 30 \text{ m/sn.}$

Ortalama hız;

$$V_{ort} = \frac{X_1 + X_2}{t_1 + t_2} \quad V_{ort} = \frac{30 + 30}{15 + 10} \quad V_{ort} = \frac{60}{25} = 2,4 \text{ m/s}$$

Problem

Bir motor akıntıya karşı 10 saatte 200 km ilerledikten sonra harekete başladığı noktaya 5 saatte dönüyor. Buna göre motorun saatteki hızı kaç km'dir?

Çözüm

Motorun hızı: V_m

Akıntının hızı: V_a olsun

Akıntıya karşı hızı: $V_m - V_a$ farkına eşittir.

$$V_m - V_a = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad V_m - V_a = \frac{200}{10} \quad V_m - V_a = 20 \text{ km/saat}$$

Akıntı yönündeki hızı $V_m + V_a$ toplamına eşittir.

$$V_m + V_a = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad V_m + V_a = \frac{200}{5} \quad V_m + V_a = 40 \text{ km/saat}$$

İki eşitliği de taraf tarafa toplarsak;

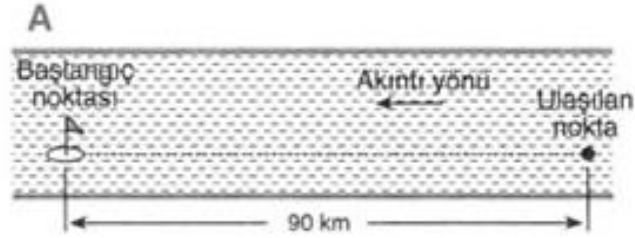
$$V_m - V_a = 20 \quad V_m + V_a = 40 \quad 2 V_m = 60 \quad V_m = 30$$

km/saat bulunur.

Problem

Bir adam akıntıya karşı kayıkla 6 saatte 90 km ilerleyebilmekte ve ulaşılan noktadan başlangıç noktasına 5 saatte dönebilmektedir. Buna göre akıntının hızı, saatte kaç km'dir?

Çözüm



Kayığın hızı: V_k

Akıntının hızı: V_a

Gidiş hızı: $V_k - V_a$

Dönüş hızı: $V_k + V_a$

90 km'lik uzaklık 6 saatte gidildiğine göre;

$$\text{Gidiş hızı} = 90/6$$

$$V_k - V_a = 15 \text{ Km/sa.} \dots\dots(1) \text{ olur.}$$

90 km'lik uzaklık 5 saatte döndüğüne göre;

$$\text{Dönüş hızı: } V_k + V_a : 90/5$$

$$V_k + V_a = 18 \text{ km/sa.} \dots\dots(2) \text{ olur.}$$

(1) ve (2) denklemlerin ortak çözümünden V_a bulunur.

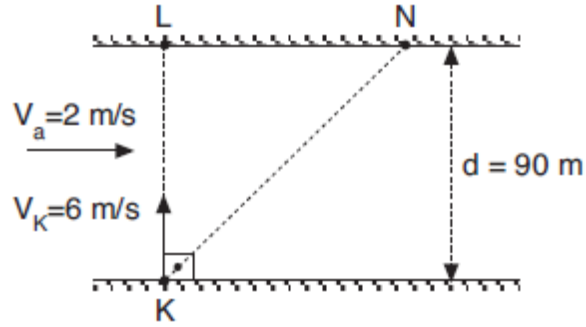
$$V_k + V_a = 18$$

$$V_k - V_a = 15$$

$$2 V_a = 3 \quad V_a = 1,5 \text{ km/sa.}$$

Problem

K noktasından suya göre $V_K = 6$ m/sn.lik hızla harekete geçen motor ırmak hızından dolayı sürüklenerek N noktasına çıkıyor. Buna göre, $|LN|$ uzunluğu kaç m'dir?



Çözüm

Motorun ırmağı geçme süresi;

$d = V_K \cdot t$ ile bulunur.

$$90 = 6t$$

$t = 15$ saniye çıkar.

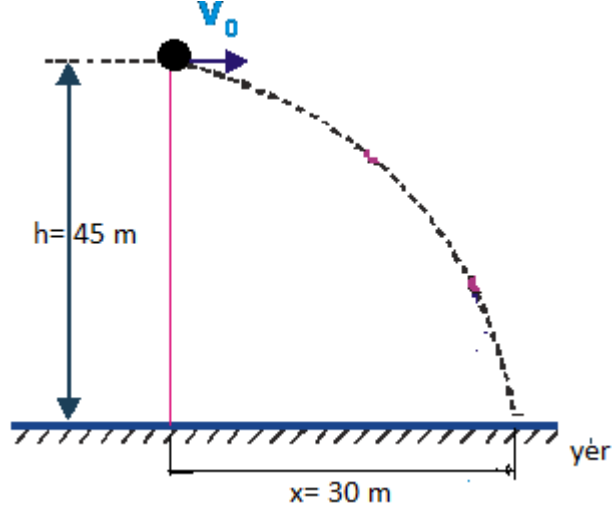
Motor LN yolunu ırmak hızından dolayı sürüklenerek almaktadır. O hâlde;

$$|LN| = V_a \cdot t$$

$$|LN| = 2 \cdot 15$$

$|LN| = 30$ m bulunur.

Problem



Yerden 45 metre yükseklikten yatay V_0 hızıyla atılan bir cisim 30 m öteye düşüyor (Yer çekim ivmesi $g = 10 \text{ m/sn}^2$ alınacaktır.). Buna göre;

- Cismin ilk hızı V_0 kaç m/sn.dir?
- Cismin yere çarpma hızı kaç m/sn.dir?

Çözüm

- Cisim düşey doğrultuda serbest düşme olacağından düşey doğrultuda geçen süre;

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

$$45 = \frac{1}{2} 10 \cdot t^2$$

$$45 = 5 \cdot t^2$$

$$9 = t^2 \Rightarrow t = 3 \text{ sn. bulunur.}$$

Cisim yatayda düzgün doğrusal hareket yapacağından yatay hızı;

$$X = V_0 \cdot t$$

$$30 = V_0 \cdot 3$$

$$V_0 = 10 \text{ m/sn. bulunur.}$$

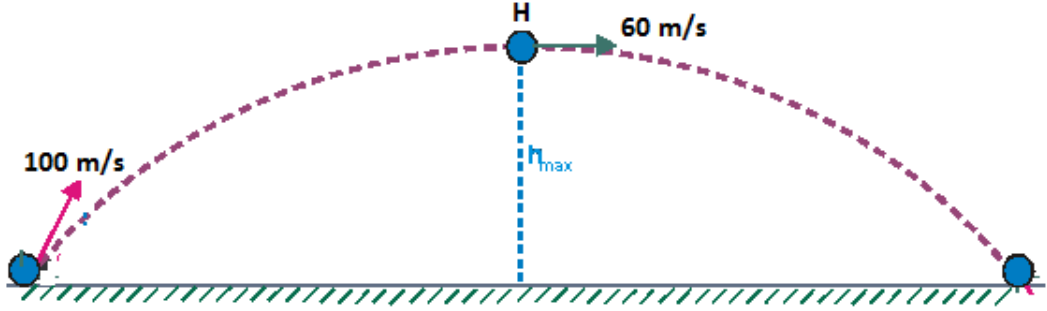
- Düşey yönde yere çarpma hızı;

$$V = g \cdot t$$

$$V = 10 \cdot 3$$

$$V = 30 \text{ m/sn. bulunur.}$$

Problem

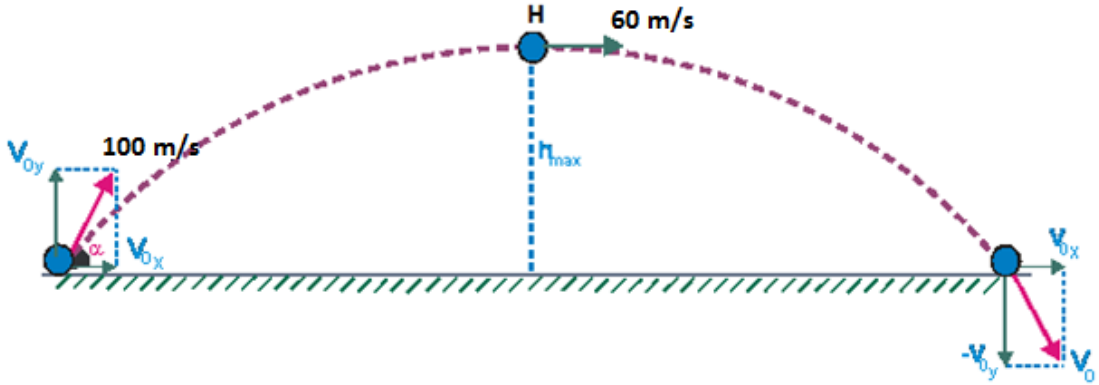


Yerden 100 m/sn. hızla atılan bir cismin maksimum yükseklikteki H noktasından 60 m/sn. hızla geçtiğine göre maksimum yükseklik ve atış menzili kaçtır? (Yerçekim ivmesi $g=10 \text{ m/sn}^2$ alınacaktır.)

Çözüm

100 m/sn. hızla atılan cismin bileşenlerine ayrılacak olunursa yatay bileşen hızı V_{0x} düşey bileşeni ise V_{0y} olarak ayırırız.

H noktasında yatay hız 30 m/sn. olduğundan yataydaki hızı değişmeyeceğinden $V_{0x}=60 \text{ m/sn.}$ olur.



Pisagor teoreminden;

$$100^2 = V_{0y}^2 + 60^2$$
$$V_{0y} = 80 \text{ m/sn. bulunur.}$$

Öncelikle cismin yukarı çıkış ve iniş süresi bulunur.

Cisim aşağıdan yukarıya düşey atış hareketi yapar.

$$V^2 = V_0^2 - 2 \cdot g \cdot h$$

Tepe noktasında düşey bileşenin hızı sıfır olacağından;

$$0=80^2 - 2 \cdot 10 \cdot h$$

$$20 \cdot h = 6400$$

$$h = 320 \text{ m bulunur.}$$

Cismin havada toplam kalış süresi;

$$V = V_0 - g \cdot t$$

$$0 = 80 - 10 \cdot t$$

$$10 \cdot t = 80$$

$t = 8$ sn. cismin yukarı çıkış süresi toplam havada kalış süresi ise $2 \cdot t$ 'dir. 16 sn. bulunur.

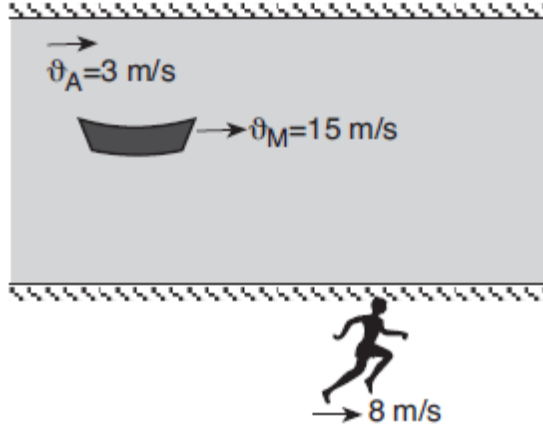
Yatay olarak almış olduğu yol;

$$X = V_{0x} \cdot t$$

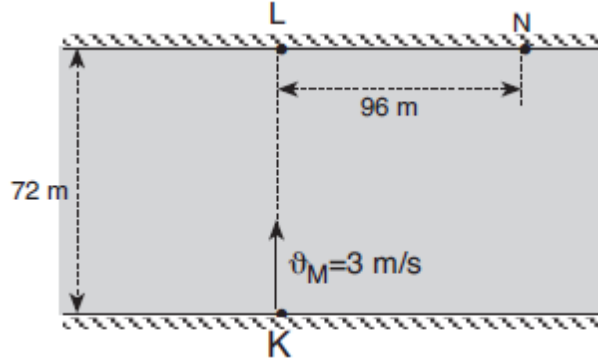
$$X = 60 \cdot 16 = 960 \text{ m}$$

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

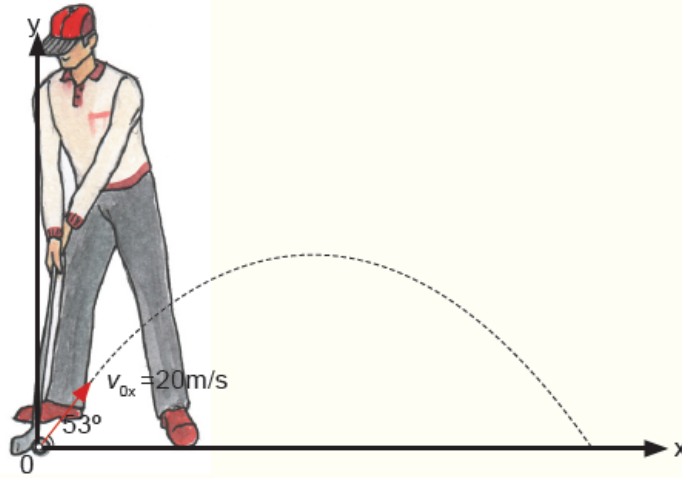
1. A ile B kentleri arası 480 km'dir. A kentinden B kentine 8 saatte giden bir aracın hızı kaç km/sa.tir?
2. Saatteki hızı 80 km olan bir araç A kentinden B kentine 6 saatte varıyor. Buna göre bu aracın aynı yolu 5 saatte alabilmesi için saatteki hızı kaç km arttırılmalıdır?
3. Bir çocuk önce doğuya 30 m, daha sonra kuzeye doğru 40 m yürümüştür. Buna göre çocuğun;
a) Aldığı yol kaç metredir?
b) Yer değiştirmesi kaç metredir?
4. Durgun sudaki hızı 12 mil/sa. olan gemi, akıntı hızı 4 mil/sa. olan bir suda hareket ediyor. Bu gemi 18 saat sonra harekete başladığı noktaya döndüğüne göre en çok kaç mil uzağa gidebilmiştir?
5. Bir motor 3 m/sn. lik sabit akıntı hızına sahip nehirde akıntı ile aynı yönde suya göre 15 m/sn. lik sabit hızla hareket ediyor. Nehrin kıyısında 8 m/sn. lik sabit hızla koşan sporcu, motoru kaç m/sn. lik hızla gidiyor görür?



6. Akıntı hızı sabit ve $9A$ olan nehirde, K noktasından bir motor akıntıya dik doğrultuda 3 m/sn. lik sabit hızla hareket ederek N noktasına çıkıyor. Buna göre motorun yere göre hızı kaç m/sn. dir?



7. Golf oyuncusu topa vurarak onu 53° lik açı ve 20 m/sn. lik hızla fırlatıyor.



- Top maksimum yüksekliğe kaç saniyede çıkar?
- Tepe noktasının yerden yüksekliği kaç metredir?
- Top, atıldığı noktanın kaç metre uzağına düşer?
- Topun yere çarpma hızı kaç m/sn. olur?
($g = 10 \text{ m/sn}^2$ alınacaktır.)

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

ÖĞRENME KAZANIMI

Sürtünme ve sürtünme kanunu ile ilgili hesaplamalar yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sürtünme nedir? Araştırınız.
- Aynı kuvvet ile farklı kütlelerin kazandırdıkları ivmeler nasıl değişir?
- Bütün şartlar aynı kalmak üzere bir cismin ivmesi, uygulanan kuvvetle nasıl değişir?

2. SÜRTÜNME VE SÜRTÜNME KANUNU

2.1. Sürtünme Nedir?

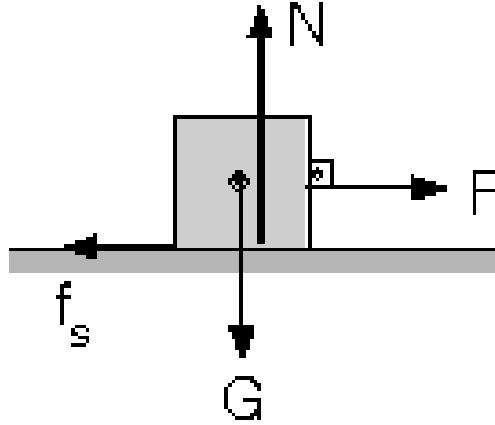
Bir cismi farklı yüzeylerde hareket ettirmenin, cismin hareketinde değişiklikler yaptığını günlük yaşamdan bilinmektedir. Pürüzlü, kaygan veya cilalı yüzeylerde aynı cismin hareketi farklı olmaktadır. Cam üzerinde bir cisim daha kolay hareket ederken tahta üzerinde hareket etmesi daha zordur.

Cismin hareket ettiği yüzeyin pürüzlü olması, cismin harekete geçmesini zorlaştırırken düz veya pürüzsüz yüzeylerde aynı cisim daha kolay harekete geçer. Bu nedenle halı, tahta, taşlı zemin gibi yüzeylerde cismi harekete geçirmek için gerekli olan kuvvet; cam, asfalt, yağlı zemin gibi yüzeylerdeki aynı cismi hareket ettirmek için gerekli olan kuvvetten daha büyüktür. Cismin temas ettiği yüzeyin pürüzlüğü arttıkça cismin harekete geçmesi için gerekli olan kuvvet artmaktadır.

2.2. Sürtünme Kuvveti

Yatay bir zemin üzerinde v hızı ile atılan cisim bir süre sonra durur. Yavaşlayan cisimlere hareket yönünün tersine bir kuvvet uygulanır. Bu kuvvet cisim ile zemin arasındaki sürtünme kuvvetidir.

Duran bir cisme kuvvet uygulandığında cisim önce hareket etmekte zorlanır. Bunun nedeni sürtünme kuvvetidir. Buna göre sürtünme kuvveti hareketli bir cismi durdurmaya veya durmakta olan cismin harekete geçmesini engellemeye çalışan bir kuvvettir.



Şekil 2.1: Sürtünme kuvveti

Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü yüzeye dik olan N tepki kuvveti ile doğru orantılıdır. $F_s = k.N$ olur.

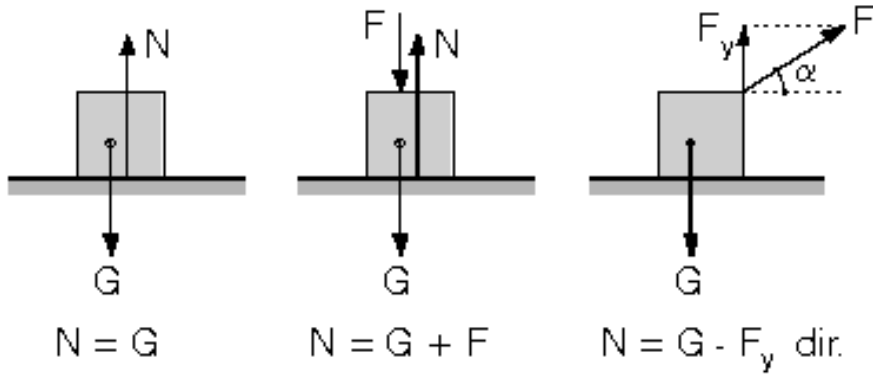
F_s : Sürtünme kuvveti

k : Cisim ile yüzey arasındaki sürtünme katsayısı

N : Yüzeye etki eden dik kuvvet

➤ **Sürtünme Katsayısı**

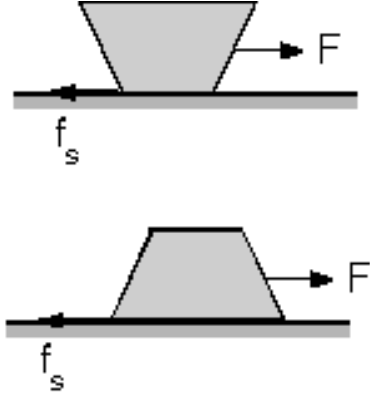
“ k ” ile gösterilir. 0 ile 1 arasında biçimsiz bir sayıdır. Sürtünme kuvvetinin yüzey tepki kuvvetine oranı ile bulunur ($k = F_s/N$). 0 ve 1 olamaz.



Şekil 2.2: Hareket doğrultusuna dik olan kuvvetlerin bileşkesi

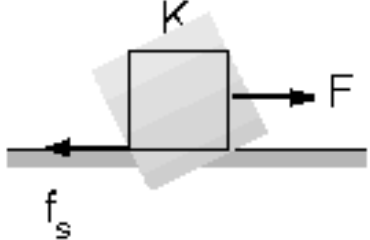
Sürtünme katsayısı küçük olan yüzeyde sürtünme kuvveti küçük olur. Bu tip yüzeylere kaygan zemin denir. Sürtünme kuvveti cismin sürtünen yüzeyinin alanına bağlı değildir.

Şekil 2.3’teki cisim, sürtünme katsayısı aynı olan geniş ve dar yüzeyler üzerinde çekildiğinde her iki durumda da sürtünme kuvveti eşit olur.



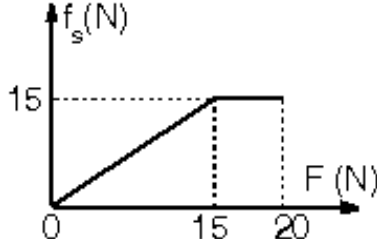
Şekil 2.3: Sürtünme kuvveti- sürtünen yüzeyinin alanı ilişkisi

$f_s = k \cdot N$ formülü sürtünme katsayısının maksimum değeridir. Örneğin; şekildeki K cismi ile zemin arasındaki sürtünme kuvveti 15 N ise uygulanan kuvvet 15 N oluncaya kadar sürtünme kuvveti uygulanan kuvvete eşittir.



Şekil 2.4: Cisim ile sürtünme kuvveti arasındaki ilişki

F kuvveti 10 N ise sürtünme kuvveti de 10 N'dur. F kuvveti 15 N ise sürtünme kuvveti de 15 N'dur. Daha sonra F kuvvetinin aldığı her değere karşılık sürtünme kuvveti değişmez ve 15 N olur.



Şekil 2.5: Sürtünme kuvveti- F kuvveti grafiği

Daha sonra F kuvvetinin aldığı her değere karşılık sürtünme kuvveti değişmez ve 15 N olur.

Ayrıca cismin ivme uygulanan kuvvet grafiği şekildeki gibi olur. Uygulanan kuvvet sürtünme kuvvetine eşit oluncaya kadar cisim hareket etmez ve ivme kazanmaz. Doğrunun eğimi ise cismin kütlelerinin tersine eşittir.

- Sürtünme kuvveti hareket yönüne zıt yöndedir.
- Sürtünme kuvvetin hareket ettirici özelliği yoktur, hareketi engelleyici özelliği vardır.
- Sürtünme kuvveti cismin sürtünen yüzeyin cinsine bağlıdır.
- Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü sürtünen yüzeylere dik olan tepki kuvveti ile doğru orantılıdır.
- Sürtünme kuvveti olmasaydı hareket hâlindeki insanlar duramaz, duran insanlar ise yürüyemezlerdi.
- Sürtünme kuvveti zeminle olduğu gibi hava ile de sürtünme olur. Buna hava direnci denir.

2.3. Sürtünme Kuvvetinin Bağlı Olduğu Etkenler

2.3.1. Yüzeyin Pürüzlü Olması

Cismin hareket edeceği yüzeyin pürüzlü olması cismin hareketinde önemlidir. Pürüzlü yüzeylerde cisimlerin hareket etmesi için daha büyük kuvvete ihtiyaç vardır. Bütün yüzeylerde mutlaka pürüz vardır. Cisimler birbiri üzerinde hareket ederken yüzeylerindeki girinti ve çıkıntılar birbirinin içerisine girerek cismin hareket etmesini güçleştirir. Cilalı yüzeylerde bu girinti çıkıntılar daha az olduğundan sürtünme kuvveti de o oranda azdır. Bu nedenle pürüzlü yüzeylerin yağlanması ile bu girintiler azaltılarak daha az sürtünme kuvveti uygulaması sağlanabilir.

2.3.2. Cismin Ağırlığı

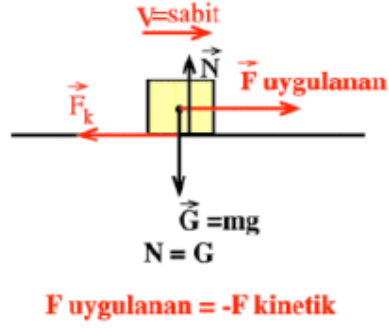
Bir cismin ağırlığı arttığında cismin ve yüzeyin girinti çıkıntıları daha fazla birbiri içine gireceğinden sürtünme de artar. Cismin hareketini engelleyen kuvvetin büyüklüğü de artar. Cismin hareket etmesini engelleyen bu kuvveti yenmek için bu kuvvetten daha büyük bir kuvveti cisme uygulamak gerekir.

2.4. Kayma Sürtünmesi

Birbiri üzerinde kayarak hareket eden cisimlerin değme yüzeylerinde meydana gelen sürtünme kuvvetidir.

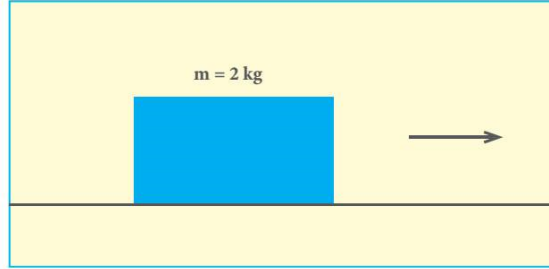
2.4.1. Kinetik Sürtünme Kuvveti

Kinetik sürtünme kuvveti (F_k) bir cismi sabit hızla harekette tutan kuvvete eşit büyüklükte, aynı doğrultulu ve zıt yönlü olan kuvvettir.



Şekil 2.6: Kinetik sürtünme kuvveti

Problem



Şekildeki 2 kg'lık cisim, 0,3 sürtünme katsayısına sahip hızla ilerlemektedir. Sürtünme kuvvetini bulunuz? (Yer çekim ivmesi $g= 10 \text{ m/sn.}^2$ alınacaktır.)

Çözüm

$$F_{\text{sür}} = k.N$$

$N=G$ olduğuna göre;

$$N=m .g$$

$$N= 2 . 10$$

$$N= 20 \text{ N olur.}$$

Sürtünme kuvveti ise;

$$F_{\text{sür}} = k.N$$

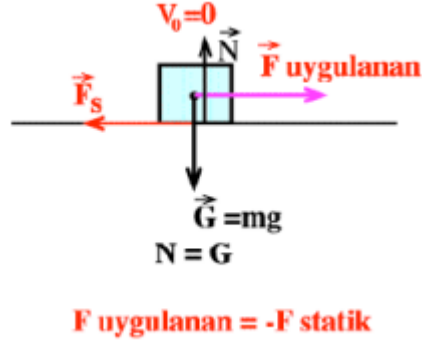
$$F_{\text{sür}} = 0,3 . 20$$

$$F_{\text{sür}} = 6 \text{ N olarak bulunur.}$$

2.4.2. Statik Sürtünme Kuvveti (Fs)

Duran bir cisimi harekete geçirebilecek kuvvete eşit büyüklükte, aynı doğrultulu ve zıt yönlü kuvvettir.

Aynı cisme aynı düzlemde etki eden kinetik sürtünme kuvveti ile statik sürtünme kuvveti karşılaştırıldığında $F_{\text{statik}} > F_{\text{kinetik}}$ olduğu görülür (**Not:** F_k ve F_s sürtünme kuvvetlerinin değeri birbirine yakın olduğundan bunların yerine $F_{\text{sür}}$ alınacaktır.).

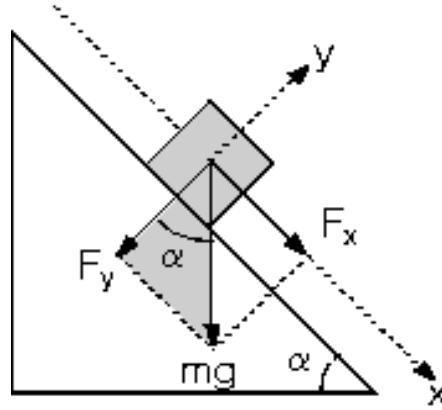


Şekil 2.7: Statik sürtünme kuvveti

2.5. Eğik Düzlem

2.5.1. Sürtünmesi Önemsiz Eğik Düzlem

Eğim açısı a olan, sürtünmesi önemsiz eğik düzleme m kütleli bir cisim bırakılıyor. Cismin ağırlık kuvveti bileşenlerine ayrılırsa eğik düzleme paralel ve dik bileşenler taralı üçgenden sinüs ve cosinüs bağıntıları yazılarak bulunur.



Şekil 2.8: Sürtünmesi önemsiz eğik düzlem

$$F_x = mg \cdot \sin a$$

$$F_y = mg \cdot \cos a$$

Cismi eğik düzlemde aşağı doğru hareket ettiren kuvvet F_x kuvvetidir. Buna göre cismin ivmesi dinamiğin temel prensibinden bulunur.

$$F_{\text{net}} = m \cdot a \quad F_x = m \cdot a \quad m \cdot g \cdot \sin a = m \cdot a \quad a = g \cdot \sin a$$

Bu bağıntıya göre cismin ivmesi yalnız eğik düzlemin α eğim açısı ile g yer çekim ivmesine bağlıdır. Cismin kütlesine bağlı değildir. Cismin eğik düzlemde aldığı yol, kazandığı hız ve geçen süre hızlanan hareketin özelliklerinden bulunur.

2.5.2. Sürtülmeli Eğik Düzlem

Benzer şekilde ağırlık kuvvetinin bileşenleri bulunur.

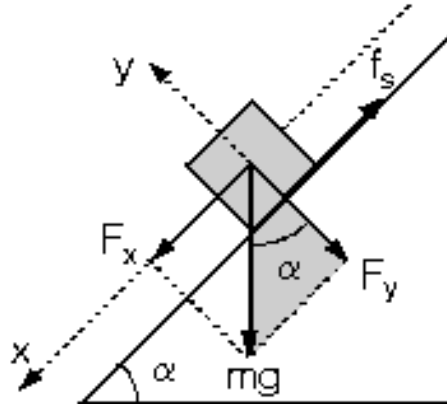
$$F_x = mg \sin \alpha$$

$$F_y = mg \cos \alpha$$

Sürtünme kuvveti ise;

$$F_s = k \cdot N$$

$$F_s = k \cdot mg \cos \alpha \quad (N = F_y)$$



Şekil 2.9: Sürtülmeli eğik düzlem

- Cismin eğik düzlemde hareket etmesi için $F_x > f_s$ olmalıdır.
- $F_x = f_s$ ise ilk hız yoksa harekete geçmez, ilk hız varsa sabit hızlı hareket yapar.
- $F_x < f_s$ ise cisim harekete geçmez. İlk hızla atılırsa aşağı doğru yavaşlayan hareketi yapar.

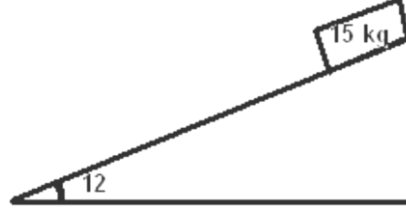
Sürtülmeli eğik düzlemde cismin ivmesi;

$$F_x - f_s = m \cdot a \text{ bağıntısından bulunur.}$$

Eşitliğin her iki tarafından kütleler sadeleşeceği için sürtülmeli eğik düzlemde de ivme kütleyle bağlı değildir.

Problem

Ağırlığı 15 kg olan şekildeki cisim sabit hızla hareket etmektedir. Sürtünme kuvveti ne kadardır? ($\sin 12=0,2$)



Çözüm

$$F_x = m \cdot g \cdot \sin 12$$

$$15 \cdot 10 \cdot 0,2 = 30 \text{ N}$$

$$F_x = F_s \text{ ise}$$

$$F_s = 30 \text{ N}$$

2.6. Newton'un II. Hareket Kanunu

Newton'un birinci kanunu, bir cisme etki eden dış kuvvetlerin bileşkesi sıfır olduğu zaman cismin davranışındaki değişimleri açıklar. Bu durumda cisim ya durgun kalır ya da doğrusal bir yönde sabit hızla hareket eder. Newton'un ikinci yasası, bir cisim üzerine sıfırdan farklı bir bileşke kuvvet etki ettiği zaman neler oluyor sorusuna yanıt verir.

Çok düzgün, cilalı, yatay bir düzlem üzerinde sürtünme kuvvetini ihmal ederek bir buz bloğu ittiğinizi düşünün. Blok üzerine yatay bir F kuvveti uygulanırsa blok a ivmesi ile hareket edecektir. Kuvveti iki katına çıkarırsanız ivmede iki katına çıkacaktır. Benzer şekilde uygulanan kuvvet $3F$ 'ye çıkarılırsa ivmede üç katına çıkar ve bu durum böyle devam eder. **Bu tür gözlemlerden bir cismin ivmesinin onun üzerine etki eden bileşke kuvvetle doğru orantılı olduğu sonucuna varırız.**

Bir cismin ivmesi onun kütesine de bağlıdır. Bu durum aşağıdaki deneylerle de anlaşılabilir. Bir buz bloğuna sürtünmesiz bir yüzeyde F kuvveti uygulanırsa a ivmesi kazanır. Kütle iki katına çıkarılırsa aynı F kuvveti ile $a/2$ ivmesini oluşturur. Kütle üç katına çıkarılırsa blok $a/3$ ivmesini kazanacak ve böyle devam edecektir. Bu gözleme göre bir cismin ivmesinin kütesi ile ters olduğu sonucuna varırız.

Bu gözlemler Newton'un II Kanunu ile özetlenmiş kanun aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

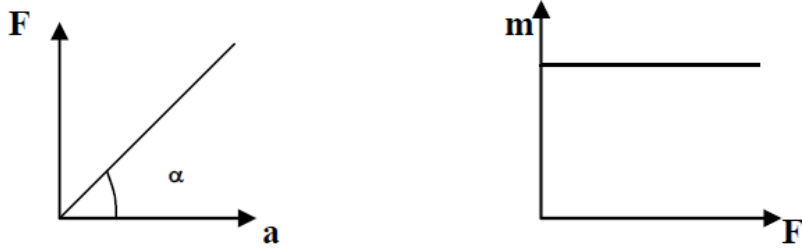
Bir cismin ivmesi, ona etki eden bileşke kuvvetle doğru orantılı, kütesi ile ters orantılıdır.

O hâlde kütle ile kuvveti birbirine Newton'un ikinci kanununun matematiksel ifadesini şöyle yazabiliriz.

Kuvvet, kütle ve ivme arasındaki bağıntı $F = m \cdot a$ ile ifade edilir.

Nicelik	Kütle	İvme	Kuvvet
Sembol	m	A	F
Birim	kg	m/sn. ²	Kg m/sn. ²

Tablo 2.1: Birim tablosu



Şekil 2.10: Kuvvet-ivme ve kütle-kuvvet grafiği

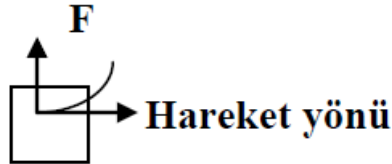
Kuvvet- ivme grafiğinin eğimi kütleleri verir.

$$\operatorname{tg} \alpha = F / a = m$$

Bunlara göre;

- Kuvvet vektörü ile ivme vektörü aynı doğrultu ve yöndedir.
- Kuvvetin büyüklüğü ile ivmenin büyüklüğü doğru orantılıdır.
- Aynı kuvvetin etkisi altındaki cisimlerin kütleleri ile ivmeleri ters orantılıdır.

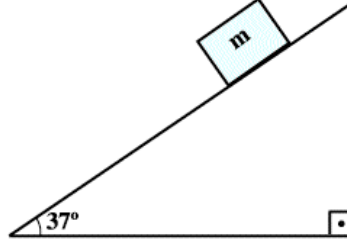
$$m_1 * a_1 = m_2 * a_2$$
- Kuvvet cismin hareket doğrultusuna paralel ve hareket yönünde ise cisim düzgün hızlanan hareket yapar.
- Kuvvet cismin hareket doğrultusuna paralel ve hareket yönüne zıt ise cisim önce düzgün yavaşlar, durur ve sonra kuvvet yönünde düzgün hızlanan hareket yapar.
- Sürtünmesiz bir ortamda hareket eden bir cisme etki eden bir kuvvet cismin hareket doğrultusuna sürekli dik ise cismin hız vektörünün büyüklüğü değişmez ama yönü değişir.



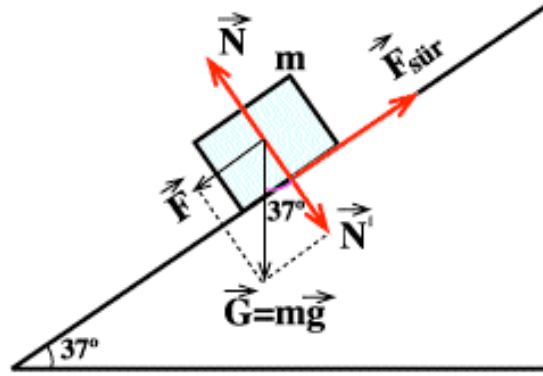
- Kuvvet cismin hareket doğrultusuna paralel olduğu zaman cismin yörüngesi doğrusal, dik olursa eğrisel olur.

Problem

Şekildeki eğik düzlem üzerinde bulunan m kütleli cisim serbest bırakılıyor. Cismin ivmesi kaç m/sn^2 olur ? ($k = 0,5$, $g = 10 m/sn^2$, $\sin 37^\circ = 0,6$, $\cos 37^\circ = 0,8$)



Çözüm



Cisme etki eden net kuvvet F ile $F_{sür}$ kuvvetinin bileşkesidir.

$$\begin{aligned} F_{net} &= F - F_{sür} \\ F_{net} &= G \sin \alpha - k N \\ F_{net} &= m g \sin \alpha - k m g \cos \alpha \\ F_{net} &= m g (\sin \alpha - k \cos \alpha) \end{aligned}$$

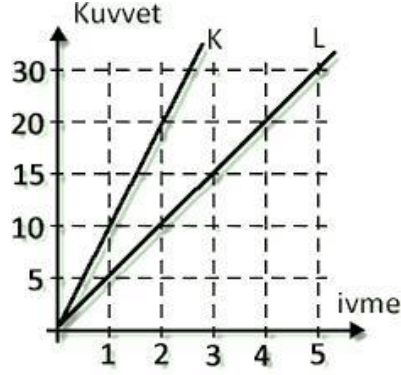
$$a = \frac{F_{net}}{m} \quad a = \frac{m.g.(\sin\alpha - k.\cos\beta)}{m} \quad a = g (\sin \alpha - k \cos \beta)$$

$$a = 10 (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) \quad a = 2 m/sn^2 \text{ olur.}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Problem

Şekildeki grafikte “K” ve “L” cisimlerine ait kuvvet-ivme eğrisi verilmiştir. K cisminin kütlesi m_K L cisminin kütlesi m_L olduğuna göre K cisminin ve L cisminin kütlelerini bulunuz?



Çözüm

Kuvvet-ivme denkleminde;

$$F = m \cdot a \quad m = \frac{F}{a} \text{ dır.}$$

L cisminin kütlesi;

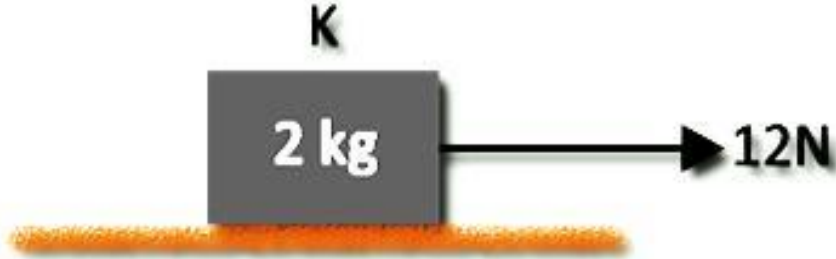
$$m_L = \frac{F_L}{a_L} \quad m_L = \frac{30}{5} \quad m_L = 6 \text{ kg}$$

K cisminin kütlesi;

$$m_K = \frac{F_K}{a_K} \quad m_K = \frac{20}{2} \quad m_K = 10 \text{ kg}$$

Problem

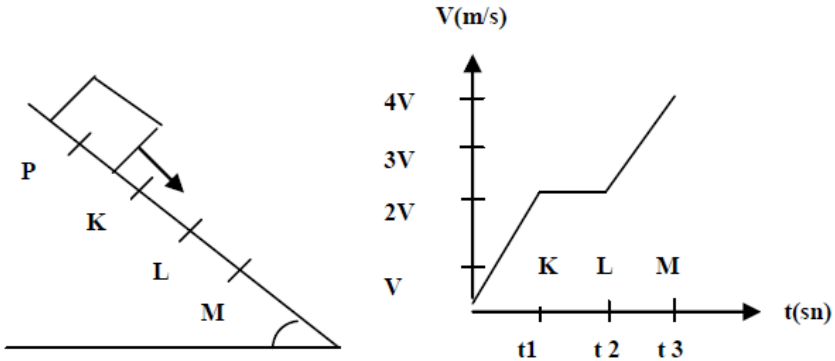
Sürtünmesiz yatay düzlemde kütlesi 2 kg olan bir cisme 12 N büyüklüğünde kuvvet uygulandığında cismin ivmesi kaç m/sn^2 olur?



Çözüm

$$F = m \cdot a \quad a = \frac{F}{m} \quad a = \frac{12}{2} \quad a = 6 \text{ m/sn.}^2 \text{ bulunur.}$$

Problem

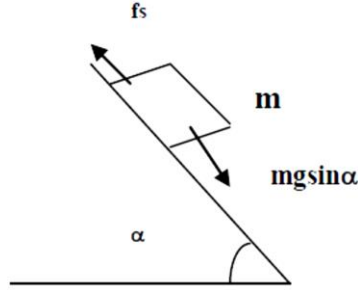


Şekil 1

Şekil 2

Şekil 1'deki gibi P noktasından serbest bırakılan cismin K, L, M bölgelerinden geçme anındaki V-t grafiği şekil 2'deki gibidir. Buna göre K, L, M bölgelerindeki sürtünme kuvvetleri k_K , k_L , k_M arasında nasıl bir ilişki vardır?

Çözüm



Dinamiğin temel prensibinden $F_{net} = m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin a - f_s = m \cdot a$ 'dır. V-t grafiğinden görüldüğü gibi K ve M aralıklarında eğimler eşit olduğuna göre ivmeler de eşittir. Dolayısıyla sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayıları eşittir.

L aralığında hız sabit olduğundan ivme sıfırdır. Ve $m \cdot g \cdot \sin a = f_s$ 'dir. Bu durumda sürtünme kuvveti ve sürtünme katsayısı en büyüktür. Diğer aralıkta $m \cdot g \cdot \sin a > f_s$ 'dir.

Buna göre; $k_L > k_K = k_M$

Problem

Kütlesi 50 kg olan bir kızak, sürtünmeli ve düz bir yolda yatayla yukarı doğru 60° lik açı yapacak şekilde uygulanan 200 N'luk kuvvetle sabit hızla çekiliyor. Kızak ile yer arasındaki sürtünme katsayısı değeri nedir? (Yer çekim ivmesi 10 m/sn.^2 alınacaktır.)

Çözüm

Kızak sabit hızla gittiğine göre hareket doğrultusunda üzerine tesir eden kuvvetlerin bileşkesi sıfırdır. Kızağı belli bir yönde çeken kuvvetin değeri;

$$F_x = 200 \cdot \cos 60 \quad F_x = 200 \cdot 0,5 \quad F_x = 100 \text{ N}$$

Uygulanan kuvvetin yukarı doğru olan düşey bileşiğinin değeri normal kuvveti etkileyecektir. Bu durumda normal kuvvet;

$$\begin{aligned} N &= m \cdot g - F_y \\ F_y &= F \cdot \sin 60 \text{ olduğundan;} \\ N &= m \cdot g - F \cdot \sin 60 \quad N = 50 \cdot 10 - 200 \cdot 0,86 \quad N = 500 - 172 \\ N &= 328 \text{ N} \end{aligned}$$

Sabit hızla gitmesi için;

$$F_x = f \quad 100 = k \cdot N \quad 100 = k \cdot 328 \quad k = 0,3$$

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. () Yüzey cinsi değiştikçe cisme etki eden sürtünme kuvveti de değişir.
2. () Cismin hareket ettiği yüzeyin pürüzlü olması cismin harekete geçmesini kolaylaştırır.
3. () Sürtünme kuvvetinin yönü hareket yönüne zıttır.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

4. I. Sürtünme kuvveti temas gerektiren bir kuvvettir.
II. Cisimleri durdurmak için sürtünme kuvveti gerekmez.
III. Sürtünme kuvveti cismin hareketiyle zıt yönlüdür.

Yukarıdaki bilgilerden hangisi ya da hangileri doğrudur?

- A) I, II
 - B) I
 - C) I, III
 - D) II, III
 - E) I, II, III
5. Aşağıdakilerden hangisinde sürtünme kuvveti en azdır?
A) Kara yolu
B) Çakıllı yol
C) Buzlu yol
D) Asfalt yol
E) Toprak yol
 6. “Cisimlerin hareketi sırasında yüzeyle temasını zorlaştıran etki dir.” cümlesinde boşluk olan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
A) Sürtünme kuvveti
B) Cismin hacmi
C) Cismin şekli
D) Cismin kütlesi
E) Yüzey eğimi
 7. Bir cismin ağırlığı arttığında sürtünmesinde ne gibi değişiklikler olur?
A) Azalır.
B) Artar.
C) Değişmez.
D) Katsayısı azalır.
E) Hiçbiri.

8. $m=30\text{kg}$ kütleli cisimle yatay düzlem arasındaki sürtünme katsayısı 0,5 ise sistemin sürtünme kuvveti $F_{\text{sür}}$ kaç N olur? ($g=10\text{m/sn}^2$)
- A) 50 N
B) 100 N
C) 150 N
D) 200 N
E) 75 N
9. Eğik düzlemde ivme ve kütle arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?
- A) İvme kütleyle bağlı değildir.
B) Kütle arttıkça ivme artar.
C) Kütle arttıkça ivme azalır.
D) İvme sabit bir büyüklüktür.
E) Hiçbiri.
10. Uzunluğu 5 m, yüksekliği 2 m olan eğik düzlemin alt ucundaki 20 N'luk yükü, düzlemin en üst noktasına taşımak için gerekli olan kuvvet kaç N'dur?
- A) 14 N
B) 3 N
C) 10 N
D) 12 N
E) 8 N
11. Sürtünmeli yatay bir düzlemde hareket eden bir cisim için aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?
- A) Cisme uygulanan kuvvet sürtünme kuvvetinden küçüktür.
B) Cisim sabit hızla hareket ediyorsa uygulanan kuvvet sürtünme kuvvetine eşittir.
C) Sürtünmeden dolayı kinetik enerjinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşür.
D) Sürtünme kuvveti cismin hareketini zorlaştırır.
E) Sürtünme kuvveti hareket yönüne zıt yöndedir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

ÖĞRENME KAZANIMI

Maddesel noktanın dinamiği ile ilgili hesaplamalar yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı atışlarda cismin ilk hızı olmasına rağmen neden serbest düşme hareketi olarak ifade edilir? Araştırınız.
- Trafik güvenliği açısından virajlı yolların yapımında kullanılan malzeme ve yolun dizaynı nasıl olmalıdır? Araştırınız.
- Kinetik enerji ve potansiyel enerji arasındaki fark nedir? Araştırınız.
- Bir cismin toplam enerjisi sabit kalabilir mi? Araştırınız.

3. MADDESEL NOKTANIN DİNAMİĞİ

3.1. Kuvvet

Hareket eden bir cismi durduran, duran bir cismi hareket ettiren, cisimlerin şekil, yön ve doğrultularını değiştiren etkiye **kuvvet** denir.

Newton'un ikinci yasasına göre bir maddesel nokta dengelenmemiş kuvvetlere maruz kaldığında ivmelenecektir. Kinetik, dengelenmemiş kuvvetler ile onların harekette yol açtıkları değişimler arasındaki ilişkileri inceleyen bilim dalıdır.

Bu bölümde, Newton'un ikinci yasası yardımıyla kuvvetler ile kinematiği birleştirerek kuvvet, kütle ve hareket içeren problemlere çözüm bulmaya çalışılacaktır.

Kinetik problemlerin çözümünde üç temel yaklaşım vardır. Bunlar;

- Newton'un ikinci yasasının doğrudan uygulanması
- İş ve enerji prensiplerinin kullanılması
- İmpuls ve momentum yöntemleriyle çözüm

Kuvvet ile ivme arasındaki temel ilişki Newton'un ikinci yasası, $F=m.a$ ile verilir. Newton, bu önemli sonucu şöyle bir deney ile elde etmiştir. Üzeri cilalı eğik bir düzlemde bir cisim F_1 kuvveti ile harekete geçirip a_1 ivmesini ölçmüş; daha sonra aynı cismi farklı F_2 , F_3 ,....., F_n kuvvetleri ile harekete geçirip sırası ile a_2 , a_3 ,, a_n ivmelerini ölçmüştür.

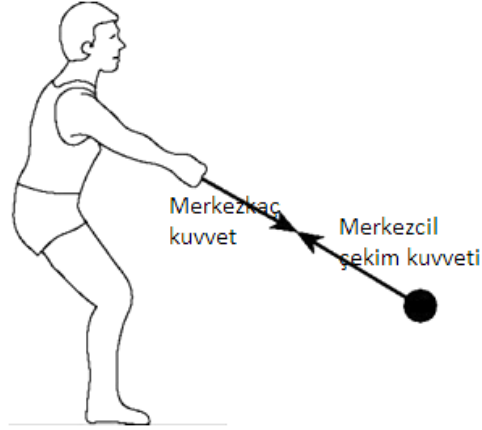
Daha sonra yapmış olduğu her bir deneyde uyguladığı kuvvetler ile ölçtüğu ivme değerlerini oranladığında;

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} \dots \dots \dots \frac{F_n}{a_n} = c$$

sabit bir değere eğit olduğunu görmüş. Ayrıca c sabiti büyük olduğunda maddesel noktanın ivmesinin küçük; c sabiti küçük olduğunda ise maddesel noktanın ivmesinin büyük olduğunu gözlemlemiştir. Buradan yola çıkarak c sabitinin maddesel noktanın hareketlenmesine veya ivmelenmesine karşı gösterdiği direnç olan atalet ile ilgili olması gerektiğini ve c sabitinin ataletin nicel (sayısal) bir ölçüsü olan m maddesel noktanın kütlesine eğit olduğu sonucuna varmıştır.

3.1.1. Merkezkaç Kuvvet

Bir ipin ucuna taş bağlayıp hızla çevirmeye bağlayın. Taş bir çember biçiminde dönecek ve ipi gergin tutacaktır. Sanki ip, taşı dairesel yörüngede çekiyor gibidir. İp koparsa ya da siz ipi bırakırsanız bu kez taş düz bir çizgi hâlinde fırlayacaktır.



Şekil 3.1 Merkezkaç kuvvet

Bu biçimde merkezden kurtulup dışarı kaçmaya çalışan cisimlerin dışa doğru uyguladığı kuvvete **merkezkaç kuvvet** denir. Bu cisimleri dairesel yörüngede tutmak için gerekli olan içe doğru etkileyen kuvvete ise **merkezcil kuvvet** denir.

Bir dönemeci hızla dönen bir otomobildeki yolcu, kendisini dönemecin dışına doğru çekiyormuş gibi hisseder, otomobilde kötü hava koşullarında aynı yöne savrulabilir. Bunu önlemek için yollar, dönemeçlerde içe doğru eğimli yapılır. Bisikletçiler ve motosikletçiler dönemeçleri dönerken merkezkaç kuvvete karşı koymak için dönme merkezinin içine doğru yatar.

Daha ağır parçacıklar üzerinde etki yapan merkezkaç kuvvet daha büyüktür. Santrifüj makineleri bu ilkeye dayalı olarak çalışır. Gemilerde santrifüj pompalar yaygın olarak kullanılmaktadır.

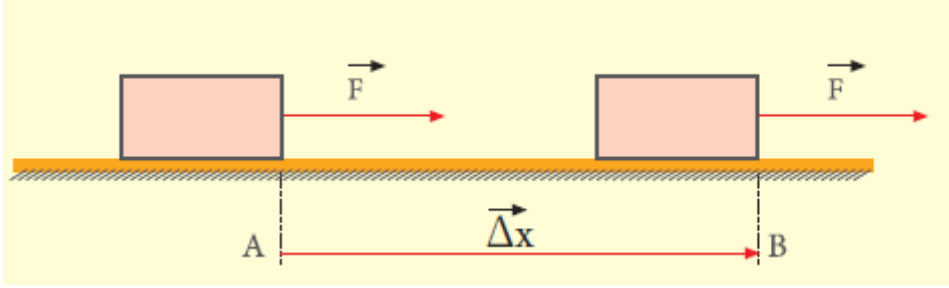
3.2. İş ve Enerji

Günlük yaşamda iş kelimesini çok farklı anlamlarda kullanırız. Örneğin, inşaatta çalışan bir işçi iş yapıp yorulduğunu söylerken; masa başında ders çalışan bir kişi de iş yapıp yorulduğunu söyler. Genel manada emek harcanan, yorucu eylemleri tanımlarken 'iş' kavramını kullanılır. Günlük hayatta kullanılan iş kavramı ile fiziksel anlamda tanımlanan iş kavramı zaman zaman uyuşmayabilir.

Bir cisme kuvvet uygulandığında cisim bu kuvvetin etkisinde hareket ediyorsa bu olaya iş denir.

Fiziksel anlamda iş yapılabilmesi için;

- Bir cisme bir kuvvetin uygulanması gerekir yani en az bir kuvvet olmalıdır.
- Uygulanan kuvvetin cisme etki eden sürtünme kuvvetini yenerek yol aldırması gerekir.
- Kuvvetle yolun aynı doğrultuda ya da kuvvetin yol doğrultusunda bileşeninin olması gerekir.
- Bu şartlardan biri veya birkaçı eksik olursa iş yapılmış sayılmaz.
- **Bir Kuvvetin Yaptığı İşin Hesaplanması**



Şekil 3.2 Bir kuvvetin yaptığı iş

Yatay sürtünmesiz düzlem üzerinde hareket etmekte olan bir cisme şekilde görüldüğü gibi harekete yönünde F kuvveti uygulanırsa cisim Δx kadar yer değiştirecektir.

F kuvvetinin yaptığı iş;

$W=F.\Delta x$ bağıntısı ile hesaplanır. Hesaplanan iş değeri pozitif çıkar çünkü kuvvet ile hareket yönü aynıdır.

	İş	Kuvvet	Yer Değiştirme
Sembol	W	F	Δx
Birimi	Joule (j)	Newton (N)	Metre (m)

Tablo 3.1. İş birim tablosu

İş birimi, SI birim sisteminde Joule (J) olarak kullanılır.

Joule = Newton.metre

$J=N.m$

İş, skaler bir büyüklüktür ancak (+) ya da (-) değerler alabilir. Bu durum uygulanan kuvvetin ile hareket yönüne bağlıdır.



Şekil 3.3 F kuvvetinin yaptığı iş

Yatay sürtünmesiz düzlem üzerinde hareket etmekte olan bir cisme şekilde görüldüğü gibi hareket yönüne zıt yönde F kuvveti uygulandığı sırada cisim Δx kadar yer değiştirmiştir. F kuvvetinin yaptığı iş;

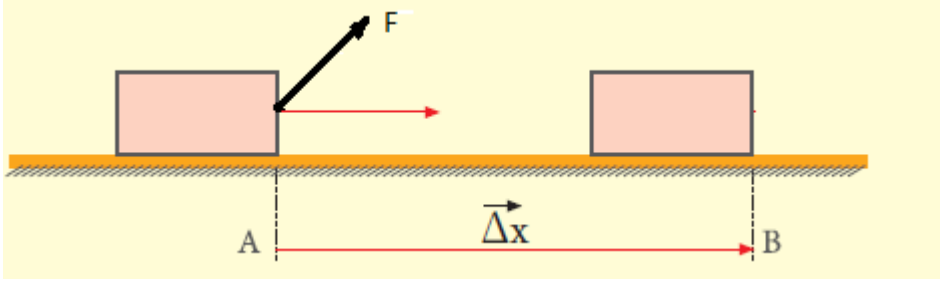
$W = -F.\Delta x$ bağıntısı ile hesaplanır. Hesaplanan iş değeri negatif çıkar çünkü Cismin hızı azalmaktadır. Kuvvet ile hareketin yönü zıttır.

Yukarıda yapılan iş tanımından hareket ederek bazı durumlar açıklanacak olursa; bir cisim üzerine uygulanan kuvvet her zaman iş yapmadığı gibi uygulanan kuvvetin tamamı da iş yapmayabilir. Bu durumu şöyle açıklanabilir. Oldukça sağlam bir duvara uygulanan kuvvet, duvarı yerinden hareket ettiremediği için iş yapmış sayılmaz. Duvara kuvveti biz uygulamış olsak bile belli bir güç sarf etmiş, enerji harcamış oluruz fakat yine de iş yapmış sayılmaz.

Uygulanan kuvvet, cismin hareket yönünde değilse sadece kuvvetin hareket yönündeki bileşeni iş yapar. Şekilde uygulanan kuvvet, cismin hareket yönü ile θ açısı oluşturmaktadır.

Yaptığı iş ;

$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos\theta$ formülü ile hesaplanır.



Şekil 3.4 F kuvvetinin cisme açılı uygulaması

Problem

Yatayla yukarı doğru 60° lik açıyla uygulanan 100 N'luk bir kuvvet tesir ettiği bir cisme 30 m yol aldırıyor. Kuvvetin yaptığı iş ne kadardır?

Çözüm

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos\theta$$

$$W = 100 \cdot 30 \cdot 0,5$$

$$W = 1500 \text{ Joule}$$

3.3. Güç

Günlük hayatta yapılan iş için harcanan zaman çok önemlidir. Aynı ağırlığı aynı yüksekliğe farklı sürelerde çıkaran iki motorun yaptığı iş aynı olmasına rağmen aynı işi daha kısa sürede yapmak önemli bir özelliktir. Motorun bu özelliğine güç denir. İki motordan biri aynı işi diğerine göre daha kısa sürede yaptığına göre iş yapma hızı daha büyük demektir. Böylece bir sistem, bir işi ne kadar hızlı yaparsa o kadar güçlü sayılır.

Güç olarak verilen kavramın tanımı kısaca: Birim zamanda yapılan işe **güç** denir.

$$\text{Güç} = \frac{\text{Yapılan iş}}{\text{İş yapmak için geçen zaman}} ; \text{Güç} = \frac{\text{Aktarılan enerji}}{\text{Geçen zaman}}$$

$P = \frac{W}{t}$ formülü ile bulunur.

	Güç	Yapılan iş	Zaman
Sembol	P	W	t
Birim	Watt (w)	joule (j)	Saniye (s)

Tablo 3.2. Güç birim tablosu

Güç birimi SI birim sisteminde Watt olarak tanımlanır.

$$\text{Watt} = \frac{\text{joule}}{\text{saniye}}; \quad W = \frac{N \cdot m}{s}$$

Problem

Bir elektrik motoru, 200 N'luk bir kuvvet uygulanarak ucuna takılı olan 130 m'lik kabloyu 0,05 saatte çekiyor. Motorun gücü ne kadardır?

Çözüm

$$P = \frac{F \cdot \Delta x}{t} \quad P = \frac{200 \cdot 130}{0,05 \cdot 60 \cdot 60} \quad P = \frac{26000}{180} \quad P = 144,4 \text{ W}$$

3.4. Enerji

Herhangi bir cismin ya da sistemin iş yapabilme yeteneğine **enerji** denir. Genel olarak enerji çeşitleri şunlardır: mekanik enerji, ısı enerjisi, elektrik enerjisi ve nükleer enerji olarak sayabiliriz.

Bu bölümde mekanik enerjiyi kinetik enerji ve potansiyel enerji olmak üzere iki başlık altında incelenecektir.

Enerji iş gibi skaler bir büyüklük olup SI sistemindeki birimi Joule (J)'dür.

3.4.1. Kinetik Enerji

Bir cismin hareketinden dolayı sahip olduğu enerjiye **kinetik enerji** denir.

Kinetik enerji aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Kinetik enerji, kütle değeri ve hızın karesi ile doğru orantılıdır.

	Kinetik Enerji	Kütle	Hız
Sembol	E_k	M	V
Birim	joule (j)	Kilogram (kg)	Metre/Saniye (m/sn.)

Tablo 3.3. Kinetik enerji birim tablosu

Kinetik enerji birimi SI birim sisteminde joule olarak kullanılır.

$$\text{joule} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

İş birimi ile enerji biriminin aynı olduğuna dikkat ediniz. Bu bağlamda bu birimler aşağıdaki gibi eşitlenir.

$$\text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{J}$$

Kinetik enerji skaler bir büyüklüktür.

Problem

Kütlesi 1200 kg olan bir otomobil 20 m/sn. hızla hareket ederken kinetik enerjisi ne kadar olur?

Çözüm

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} 1200 \cdot 20^2$$

$$E_k = 240000 \text{ joule}$$

3.4.2. Potansiyel Enerji

Bir cismin durumundan (pozisyonundan) dolayı sahip olduğu enerjiye **potansiyel enerji** denir. Yüksekten bir cisim serbest bırakıldığında yer çekim kuvveti bir iş yapar. Yapılan işin büyüklüğü cismin sahip olduğu potansiyel enerji ile doğru orantılıdır. Ağırlığı m.g olan bir cismin yere göre yerden h kadar yükseklikte sahip olduğu potansiyel enerji;

$$E = m \cdot g \cdot h \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

	Potansiyel Enerji	Ağırlık	Yükseklik
Sembol	E_p	Mg	H
Birim	joule (j)	Newton (N)	Metre (m)

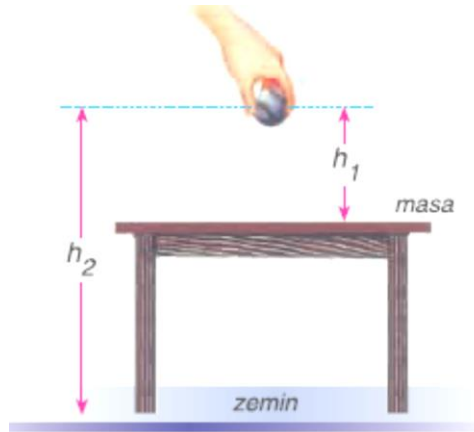
Tablo 3.4. Potansiyel enerji birim tablosu

Potansiyel enerji birimi SI birim sisteminde joule olarak gösterilir.

Joule = Newton. Metre

$J = N.m$

Potansiyel enerji hesaplanırken bir referans noktası gereklidir. Örneğin; aşağıdaki şekilde cismin masaya göre ve zemine göre potansiyel enerjileri farklıdır.

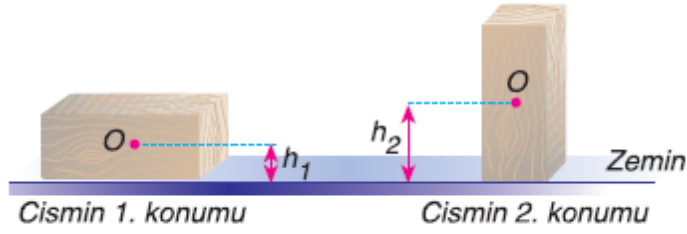


Şekil 3.5: Potansiyel enerji

Masaya göre potansiyel enerji $E_{g1} = m.g.h_1$

Zemine göre potansiyel enerji $E_{g2} = m.g.h_2$

Genellikle hacimleri küçük cisimlerin potansiyel enerjileri hesaplanırken cisimler boyutsuz kütleler gibi ele alınır. Boyutları belirgin olan büyük cisimlerin potansiyel enerjilerini hesaplanırken cisim kütle merkezinde yoğunlaşmış gibi düşünülür. Zemine göre potansiyel enerji hesaplanırken h yüksekliği zeminden kütle merkezine kadar olan uzaklık olarak alınır. Şekil 3.6'da cismin kütle merkezi tam ortadaki O noktasıdır.



Şekil 3.6: Cismin ağırlık merkezinin yere göre potansiyel enerjisi

Ağırlığı mg olan cismin;

1. konumdaki potansiyel enerjisi: $E_{g1} = m.g.h_1$
2. konumdaki potansiyel enerjisi: $E_{g2} = m.g.h_2$ olarak yazılır.

Problem

20 kg'lık bir cisim makara ile 120 m yukarıya çekiliyor. Bu durumda potansiyel enerjideki artma miktarını bulunuz? (Yer çekim ivmesi $g=9,81$ olarak alınacaktır.)

Çözüm

Cisim düşey doğrultuda 120 m yukarı çıktığına göre son durumdaki potansiyel enerji;

$$E_p = m.g.h \qquad E_p = 20.9,81.120 \qquad E_p = 23544 \text{ joule'dür.}$$

Cismin ilk durumdaki yüksekliğinden dolayı potansiyel enerji sıfırdır. Potansiyel enerjideki artma ise $E = 23544 \text{ J'dür.}$

3.5. Mekanik Enerjinin Korunumu

Sürtünmenin bulunmadığı bir ortamda hareket eden bir cismin toplam (mekanik) enerjisi;

$$ET = Ek + Ep = \frac{1}{2} mv^2 + mgh = \text{Sabittir.}$$

Herhangi bir anda kinetik enerji ne kadar azalırsa, potansiyel enerji o kadar artar veya potansiyel enerji azalırsa kinetik enerji artar. Mekanik enerji korunur.

Sürtüneli ortamda mekanik enerji korunmaz ama toplam enerji korunur. Sistemde cismin sahip olduğu kinetik enerji cismin sürtüdüğü yüzeyde ısı enerjisine dönüşür. Isı enerjisinin miktarı cismin kaybettiği kinetik enerjiye eşittir. Sistemde toplam enerji korunmuştur.

Isı, sıcaklık farkından dolayı bir cisimden diğerine geçen iç enerjidir. Sıcaklık ise madde moleküllerinin kütle merkezi hareketinin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür.

Sıcaklık termometre ile ölçülür ve birimi derece selsiyus'tur ($^{\circ}\text{C}$). Isı enerjisi birimi kalordir (cal).

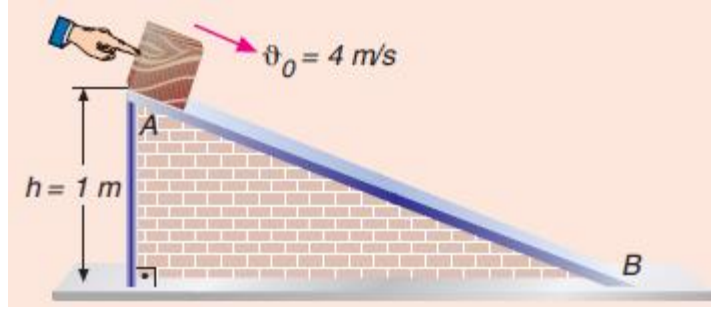
Bir gram saf suyun sıcaklığını $14,5^{\circ}\text{C}$ 'tan $15,5^{\circ}\text{C}$ 'a çıkarmak için verilmesi gereken ısı miktarına 1 kalori denir.

$$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$$

$$1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal'dir.}$$

Kütlesi m olan bir cismin sıcaklığını t_1 dereceden t_2 dereceye değiştirmek için verilmesi veya alınması gereken ısı miktarı $Q = m c (t_2 - t_1) = m c \Delta t$ formülüyle bulunur. Formüldeki c , cismin ısınma ısısı veya öz ısısıdır. Her cisim için farklı değerdedir. mc 'ye ısı sığası veya su cinsinden değer denir.

Problem



Şekildeki sürtünmesiz eğik düzlemin A noktasından 4 m/sn.lik hızla aşağı atılan 2 kg'lık bir cisim B noktasından kaç m/sn.lik hızla geçer? ($g = 10 \text{ m/sn.}^2$)

Çözüm

A ve B noktalarındaki toplam enerjiler birbirlerine eşitlenerek hız hesaplanır.
A noktasındaki toplam enerji;

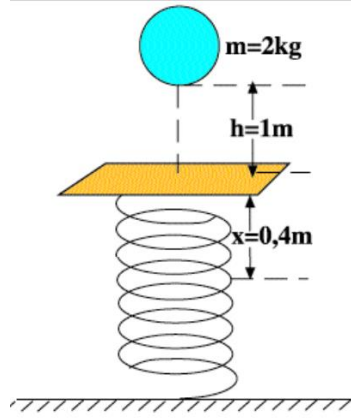
$$E_T = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot V_A^2 \quad E_T = 2 \cdot 10 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4^2 \quad E_T = 36 \text{ joule}$$

B noktasındaki toplam enerji;

$$E_T = m \cdot g \cdot 0 + \frac{1}{2} m \cdot V_B^2 \quad 36 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot V_B^2 \quad V_B = 6 \text{ m/sn.}^2 \text{ bulunur.}$$

Problem

Kütlesi 2 kg olan cisim şekildeki gibi 1 m yükseklikten bırakılınca yayın maksimum sıkışması 0,4 m oluyor. Yayın kuvvet sabiti kaç N/m'dir? (Sürtünmeler önemsenmeyecek, $g=10$ N/kg alınacaktır.)



Çözüm

Cismin $(h+x)$ kadar yükseklikten düşmekle kaybedeceği yer çekimi potansiyel enerjisi, yayın x kadar sıkışmasıyla potansiyel enerjiye dönüşür. O hâlde;

$$\begin{aligned} E_{p_{\text{cisim}}} &= E_{p_{\text{yay}}} \\ mg(h+x) &= \frac{1}{2} kx^2 \\ 2 \cdot 10(1+0,4) &= \frac{1}{2} k(0,4)^2 \\ 28 &= 0,08 k \\ k &= 350 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Problem

200 gram kütleli bir demir parçasının sıcaklığını 100 °C'tan 20 °C'a düşürmek için cisimden alınması gereken ısı miktarı kaç kaloridir? ($c_{\text{demir}} = 0,11$ cal/g °C)

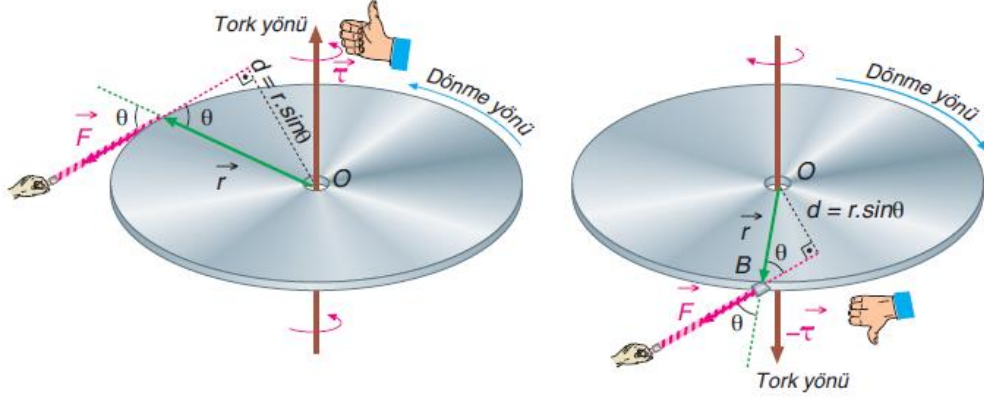
Çözüm

$$\begin{aligned} Q &= mc\Delta t = mc(t_2 - t_1) \quad Q = 200 \cdot 0,11(20-100) \\ Q &= 22 \cdot (-80) \quad \quad \quad Q = -1760 \text{ cal} \end{aligned}$$

3.6. Tork (Dönme Momenti)

Kuvvetin cisimlere kazandırdığı öteleme hareketinin dışında bir de döndürücü etkisi vardır. Bir kapıyı açma, bir vidayı çevirme, tekerleklerin dönmesi gibi olaylarda kuvvetin döndürücü etkisinden yararlanır. Tork denilen kavram bu döndürücü etkiyle ilgilidir. Kısaca Tork; bir kuvvetin döndürücü etkisinin bir ölçüsüdür.

Dönme momentinin büyüklüğü ve yönü;



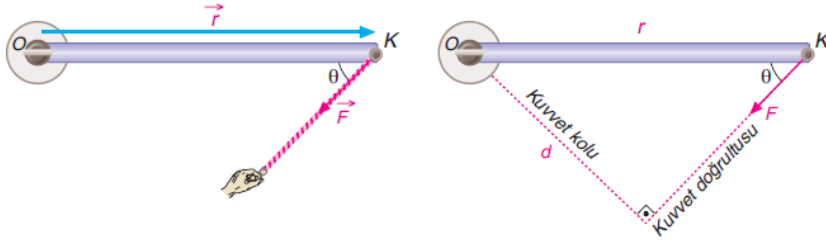
Şekil 3.7: Dönme momentinin büyüklüğü ve yönü

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi A ve B noktalarına uygulanan kuvvetlerinin O noktasından geçen eksene göre torkun büyüklüğü, F ve r vektörlerinin vektörel çarpımına eşittir.

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Aralarında açı varsa O noktasından doğrultusuna çizilen dikmenin uzunluğudur. Bu uzunluğa **kuvvet kolu** denir. F ile r arasındaki açı θ olduğuna göre $d = r \sin\theta$ 'dir. Sonuç olarak torkun büyüklüğü aşağıdaki gibi yazılır.

$$\tau = F (r \sin\theta)$$



Şekil 3.8: Dönme özelliğine sahip çubuğa F kuvvetinin uygulanışı

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\tau = F \cdot d$$

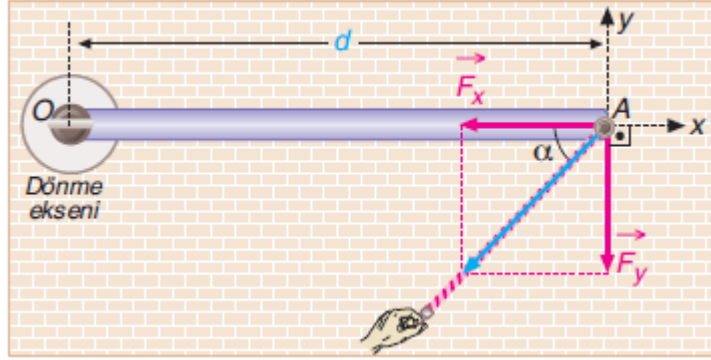
$$\text{Tork} = (\text{Kuvvet}) \cdot (\text{Kuvvet Kolu})$$

$$\tau = F (r \sin\theta)$$

Yukarıda görüldüğü gibi kuvvet kolu, dönme noktasından kuvvet doğrultusunda çizilen dikmenin uzunluğudur. Buna göre; Tork = (Kuvvet). (Dönme noktasından kuvvet doğrultusuna çizilen dikmenin uzunluğu) olarak yazılır.

SI birim sistemine göre torkun birimi aşağıdaki gibi yazılır.
Torkun birimi: (Newton).(Metre) = N.m

Kuvveti Bileşenlere Ayırma Yöntemi ile Tork Hesabı



Şekil 3.9 Çubuğa uygulanan kuvvetin bileşenlerine ayrılması

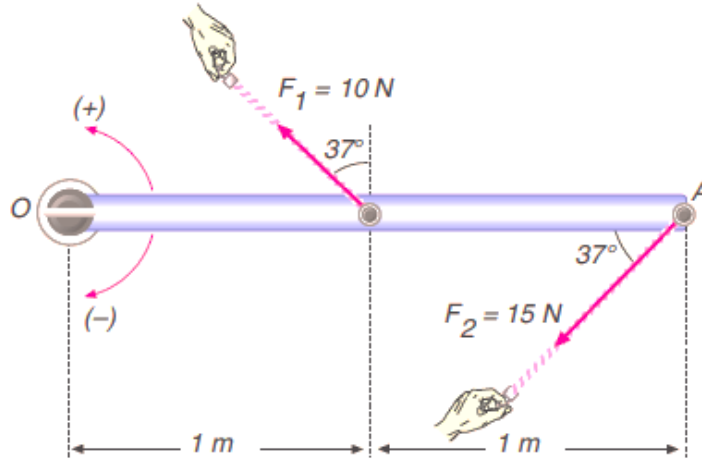
O noktası etrafında serbestçe dönme özelliğine sahip OA çubuğunun A ucuna kuvveti şekildeki gibi uygulanıyor. Bu durumda çubuk O noktası etrafında dönecektir. Oluşan tork'un yönü sayfa düzlemine dik içe doğrudur. (f) büyüklüğünü bulmak için F kuvvetinin iki dik bileşeninden sadece F_y kullanılır çünkü F_x bileşeninin doğrultusu dönme noktasından geçtiği için tork oluşturmaz. F kuvvetinin O noktasına göre oluşturduğu tork;

$$\tau_0 = F_y \cdot d \quad \tau_0 = F \cdot d \cdot \sin \alpha$$

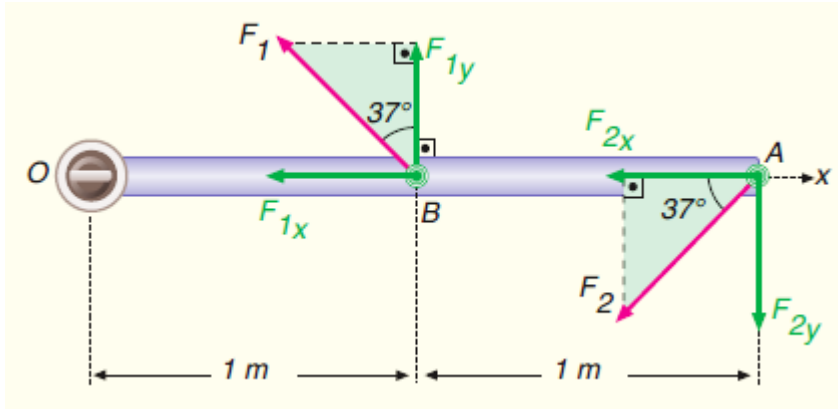
Not: Uygulanan kuvvetin doğrultusu dönme noktasından geçiyorsa bu kuvvetin etkisinde o nokta etrafında dönme oluşmaz yani o noktaya göre tork sıfırdır.

Problem

O noktasından geçen eksen etrafında sürtünmesiz olarak dönebilen OA çubuğu yatay düzlem üzerinde durmakta iken şekildeki gibi F_1 ve F_2 kuvvetleri etkisinde kalıyor. Çubuk hangi yönde kaç N.mlik tork ile döner? ($\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$)



Çözüm



F_1 ve F_2 kuvvetleri iki dik bileşene ayrılarak büyüklükleri hesaplanır. Burada F_{1x} ve F_{2x} bileşenlerini hesaplamaya gerek yoktur çünkü bu bileşenlerin O noktasına göre torkları sıfırdır.

$$F_{1y} = F_1 \cdot \cos 37^\circ = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ N}$$

$$F_{2y} = F_2 \cdot \sin 37^\circ = 15 \cdot 0,6 = 9 \text{ N}$$

O noktasına göre toplam tork;

$$M_O = 8 \cdot 1 - 9 \cdot 2 = -10 \text{ N.m}$$

OA çubuğu (-) yönde 10 N.m'lik tork büyüklüğüyle döner.

3.7. İmpuls

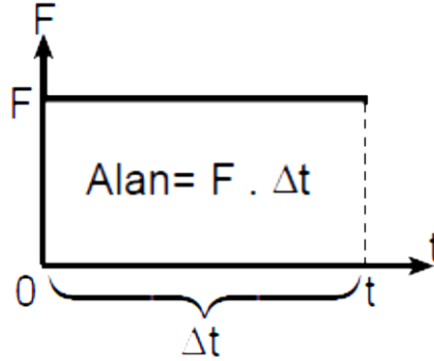
Bir kuvvetin belirli süre içerisinde bir cisme uygulanması hâlinde, bu kuvvet ile etki süresinin çarpımına verilen isimdir. Buna **kuvvet çarpması** veya **itme** de denir.

$$I = F \cdot \Delta t$$

↓ ↓ ↓
N.s N s

Kuvvet vektörel bir büyüklük olduğundan itme de vektördür. Bir cisme uygulanan itme vektörü ile kuvvet vektörü daima aynı yönlüdür.

Kuvvet-zaman grafiğinin altındaki alan cisme uygulanan itmeyi verir.



Şekil 3.10: İmpuls grafiği

Problem

Şiddeti 20 N olan bir kuvvet bir cisme 12 saniye süreyle etkilediğinde cisme uygulanan itmenin büyüklüğü ne kadardır?

Çözüm

$$I = F \cdot t$$

$$I = 20 \cdot 12$$

$$I = 240 \text{ N.s}$$

3.8. Momentum

Aynı hıza sahip olmalarına rağmen kütlesi 10 kg olan bir cismi durdurmak kütlesi 5 kg olan bir cisimden daha zordur. Cisimlerin hareket durumlarını belirleyen fiziksel büyüklüğe **momentum** denir. P ile gösterilir.

$P = m \cdot v$ formülü ile hesaplanır.

Bir cismin kütlesi ile hızının çarpımına onun momentumu veya hareket miktarı denir.

Problem

Kütlesi 1200 kg, hızı 10 m/sn. olan bir otomobilin momentumunun büyüklüğü nedir?

Çözüm

$$P = m \cdot v \quad P = 1200 \cdot 10 \quad P = 12000 \text{ kg.m/sn.}$$

3.9. Momentum ve Kinetik Enerji İlişkisi

Kinetik enerji $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ ifadesi m ile çarpılıp m ' ye bölünürse;

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{m^2 v^2}{m} \text{ olur.}$$

Buradan $E_k = \frac{p^2}{2 \cdot m}$ elde edilir.

3.10. Çarpışmalar

Çarpışma, birbiriyle çok kısa zaman aralığında çarpışan ve böylece aralarında çok büyük itme kuvvetlerinin olduğu iki cisim arasında ortaya çıkar. Örneğin; çiviye vurulan çekiç ve raket ile vurulan top yaygın olarak rastlanan çarpışma olaylarıdır. Her ikisinde de çarpışma zamanları kısadır.

3.10.1. Merkezi Çarpışma

Çarpışan kütleler çarpışmadan önce ve sonra aynı doğru üzerinde kalıyorsa çarpışma merkezidir. Merkezi çarpışmalar iki çeşittir: Esnek ve esnek olmayan.

3.10.1.1. Merkezi Esnek Çarpışma

İki cismin arasındaki esnek çarpışma, toplam momentum ve toplam kinetik enerjinin çarpışmadan önce ve sonra sabit kaldığı çarpışmadır. Bilardo topu çarpışmaları ve herhangi bir sıcaklıkta hava moleküllerinin duvarla çarpışması yaklaşık olarak esnektir. Gerçek esnek çarpışmalar, atom ve atom-altı parçacıklar arasında gerçekleşir.

Esnek çarpışmalarda cisimlerin şeklinde deforme olmaz.



Şekil 3.11: İki cismin esnek çarpışması

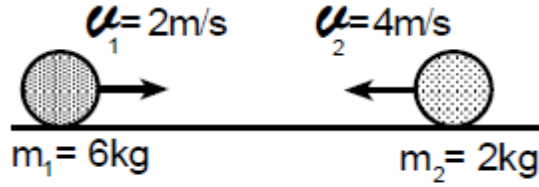
Yukarıdaki şekilde kütleleri m_1 ve m_2 , hızları v_1 ve v_2 olan iki cismin çarpışması durumunda;

$$m_1 V_{1i} + m_2 V_{2i} = m_1 V_{1s} + m_2 V_{2s}$$

$$\frac{1}{2} m_1 V_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 V_{1s}^2 + \frac{1}{2} m_2 V_{2s}^2$$

Problem

Şekildeki cisimler merkezi esnek çarpışma yaptıklarına göre cisimlerin çarpışmadan sonraki hızları ne olur?



Çözüm

$$P_{\text{ilk}} = P_{\text{son}}$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot V_1' + m_2 \cdot V_2' \quad v_1 + V_1' = v_2 + V_2'$$

$$6 \cdot 2 + 2 \cdot (-4) = 6 \cdot V_1' + 2 \cdot V_2' \quad 2 + V_1' = -4 + V_2'$$

$$4 = 6 \cdot V_1' + 2 \cdot V_2'$$

$$V_1' = -1 \text{ m/sn.}$$

$$6 = V_2' - V_1'$$

$$V_2' = 5 \text{ m/sn.}$$

3.10.1.2. Esnek Olmayan Çarpışmalar

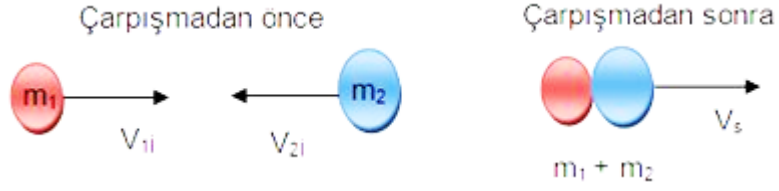
Esnek olmayan (inelastik) çarpışma, momentum korunduğu hâlde toplam kinetik enerjinin çarpışmadan önce ve sonra aynı olmadığı çarpışmadır. Esnek olmayan çarpışmalar iki çeşittir. Çarpışmadan sonra cisimler birbirine yapışması veya kenetlenerek birlikte hareket etmesi şeklinde görülür. Esnek olmayan çarpışmalarda sadece momentum korunur.

Bir lastik topun katı bir yüzeye çarpışması gibi çarpışan cisim diğerine yapışıp kalmıyor ama biraz kinetik enerji kaybediyorsa çarpışma esnek olmayan çarpışmadır. Örneğin; lastik top katı yüzeye çarpıştığında çarpışma inelastiktir çünkü top şekil değiştirmiş ve kinetik enerji kaybetmiştir.

3.10.2. Tamamen Esnek Olmayan Çarpışma

Bir meteor taşının yere çarpışında olduğu gibi çarpışan cisimlerin çarpışmadan sonra birlikte hareket ettiği çarpışma, tamamen esnek olmayan çarpışma olarak adlandırılır. Örneğin; lastik hareket ettiği çarpışma tamamen esnek olmayan çarpışmadır. Tamamen esnek olmayan çarpışmada çarpışmadan sonra cisimler birbirlerine yapışarak hareketlerine

devam eder. Çarpışmadan önceki toplam momentum, çarpışmadan sonraki birleşik sistemin toplam momentumuna eşit olur.



Şekil 3.12: İki cismin merkezi olmayan esnek çarpışması

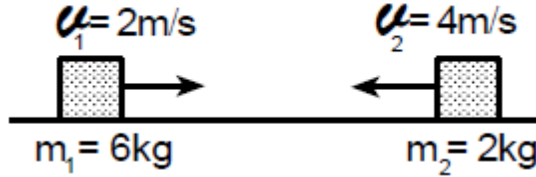
$$m_1 \cdot v_{1i} + m_2 \cdot v_{2i} = (m_1 + m_2) \cdot v_s$$

$$v_s = \frac{m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i}}{m_1 + m_2}$$

Not: Bütün çarpışmalarda momentum sabittir fakat kinetik enerji sadece esnek çarpışmalarda sabit kalır.

Problem

Şekildeki cisimler esnek olmayan merkezi çarpışma yaptıklarına göre çarpışmadan sonraki ortak hızları ne olur?



Çözüm

$$P_{ilk} = P_{son} \quad m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot v_{ort.}$$

$$6 \cdot 2 + 2 \cdot (-4) = (6 + 2) \cdot v_{ort.} \quad v_{ort.} = 0,5 \text{ m/sn.}$$

3.10.3. Merkezi Olmayan Çarpışmalar

Çarpışan cisimler çarpışmadan sonra ilk hareket doğrultularından farklı doğrultularda hareket ediyorsa bu tür çarpışmalara merkezi olmayan çarpışmalar denir.

3.10.3.1. İki Cismin Merkezi Olmayan Esnek Çarpışması

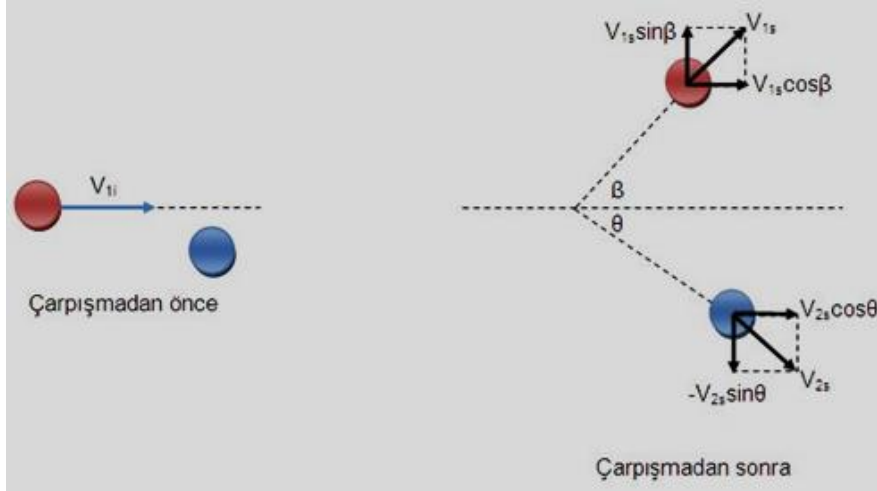
Enerjinin korunumu göz önüne alınmaz.

3.10.3.2. İki Cismin Merkezi Ve Esnek Olmayan Çarpışması

Çarpışmaların bir bölümü düzlemde yer alır. Bilardo oyunu iki boyutlu bir yüzey üzerinde hareket eden cisimlerin çoklu çarpışmalarına bir örnektir. İki boyutlu çarpışmalar için momentum korunumuyla ilgili iki bileşenli eşitlik denklemi;

$$\begin{aligned} m_1 \cdot V_{1ix} + m_2 \cdot V_{2ix} &= m_1 \cdot V_{1sx} + m_2 \cdot V_{2sx} \\ m_1 \cdot V_{1iy} + m_2 \cdot V_{2iy} &= m_1 \cdot V_{1sy} + m_2 \cdot V_{2sy} \end{aligned}$$

Başlangıçta durgun olan m_2 kütleli bir parçacıkla m_1 kütleli bir parçacığın iki boyutta çarpışmasını ele alalım. Çarpışmadan sonra m_1 kütlesi yatayla β ve m_2 kütlesi θ açısı ile hareket eder. Bu durum sıyrılmalı çarpışma olarak adlandırılır. Momentumun korunumu kanununu, her iki parçacığın momentumlarının başlangıçtaki y bileşenlerinin sıfır olduklarına dikkat ederek şöyle yazabiliriz:



Şekil 3.13: İki cismin merkezi olmayan çarpışması

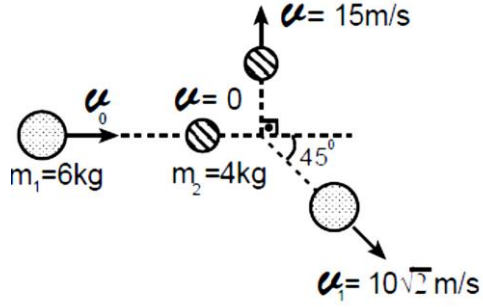
$$m_1 \cdot V_{1i} = m_1 \cdot V_{1s} \cdot \cos\beta + m_2 \cdot V_{2s} \cdot \cos\theta$$

$$0 = m_1 \cdot V_{1s} \cdot \sin\beta - m_2 \cdot V_{2s} \cdot \sin\theta$$

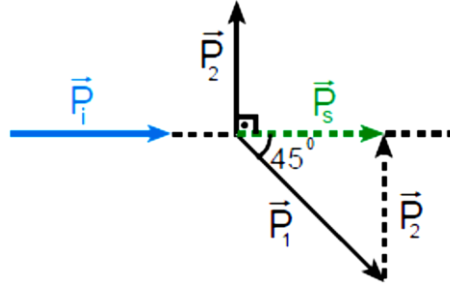
Eşitliğindeki negatif işaret, çarpışmadan sonra ikinci parçacığın hızının y bileşeninin aşağı yönlü olmasından kaynaklanmaktadır.

Problem

V_0 hızıyla gitmekte olan $m_1 = 6$ kg kütleli bir cisim, durmakta olan $m_2 = 4$ kg kütleli bir cisme çarptığında şekildeki durum gözlemleniyor. m_1 kütesinin v_0 hızı kaç m/sn.dir?



Çözüm



$$P_{ilk} = P_{son} = P_1 + P_2$$

$$P_s = P_i = m_1 \cdot v_0 = 6 \cdot v_0$$

$$P_1 = m_1 \cdot v_1 \quad P_1 = 6 \cdot 10\sqrt{2} \quad P_1 = 60\sqrt{2} \text{ kg.m/sn.}$$

$$P_2 = m_2 \cdot v_2 \quad P_2 = 4 \cdot 15 \quad P_2 = 60 \text{ kg.m/sn.}$$

$$P_s^2 + P_2^2 = P_1^2$$

$$(6V_0)^2 + 60^2 = (60\sqrt{2})^2 \quad 36V_0^2 + 3600 = 7200 \quad V_0 = 10 \text{ m/sn.}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Problem

Yatay ve sürtünmesiz düzlem üzerinde şekildeki yönde hareket etmekte olan bir cisme aynı anda $F_1 = 18 \text{ N}$ ve $F_2 = 6 \text{ N}$ değerinde kuvvetler uygulanmaktadır. Bu kuvvetlerin etkisinde 5 m yer değiştirdiğine göre;

- $F_1=18 \text{ N}$ değerindeki kuvvetin yaptığı iş kaç joule'dür?
- $F_2= 6 \text{ N}$ değerindeki kuvvetin yaptığı iş kaç joule'dür?
- Cisme etki eden kuvvetlerin yaptığı net iş kaç joule kadardır?

Çözüm

a) Kuvvet ile hareket yönü olduğu için F_1 , (+) alınmıştır.

$$W_1 = F_1 \cdot \Delta x \quad W_1 = 18 \cdot 5 \quad W_1 = 90 \text{ joule}$$

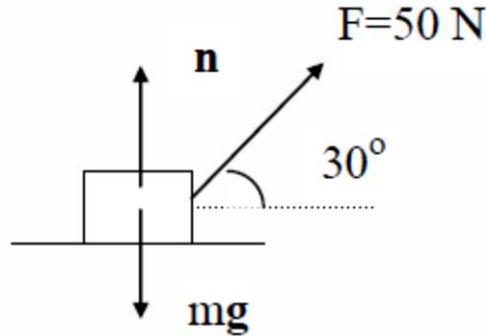
b) Kuvvet ile hareket yönü zıt olduğundan F_2 , (-) alınmıştır.

$$W_2 = F_2 \cdot \Delta x \quad W_2 = -6 \cdot 5 \quad W_2 = -30 \text{ joule}$$

$$c) W_{\text{net}} = W_1 + W_2 \quad W_{\text{net}} = 90 + (-30) \quad W_{\text{net}} = 60 \text{ joule}$$

Problem

Bir adam şekildeki cismi yatayla 30° lik bir açıda $F=50 \text{ N}$ büyüklüğünde bir kuvvet ile çekiyor. Cisim yataya doğru 3 m yer değiştirdiğinde kuvvetin cisim üzerinde yaptığı işi hesaplayınız.



Çözüm

$$W = (F \cdot \cos \theta) d$$

$$W = (50 \text{ N}) \cdot (\cos 30^\circ) \cdot (3 \text{ m})$$

$$W = 130 \text{ J}$$

Kuvvetin yukarı yönlü bileşeni $F \sin \theta$, cisim üzerine hiçbir iş yapmaz çünkü bu kuvvet yer değiştirmeye diktir.

Problem

5 m yükseklikte bulunan 50 kg kütleli bir taşın yere göre potansiyel enerjisi kaç joule'dür? ($g=10\text{m/sn.}^2$)

Çözüm

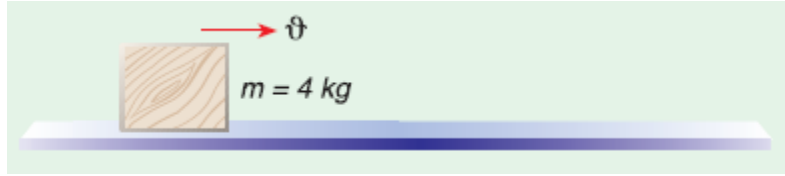
$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

$$E_p = 10 \cdot 50 \cdot 5$$

$$E_p = 2500 \text{ joule}$$

Problem

Yatay düzlem üzerindeki sabit v hızıyla gitmekte olan 4 kg kütleli bir cismin kinetik enerjisi 180 joule olduğuna göre buna göre kütleli cismin hızı kaç m/sn.dir?



Çözüm

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$180 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot v^2$$

$$v = 9 \text{ m/s}$$

Problem

20 m yükseklikten bırakılan bir cismin yere çarptığı andaki hızı kaç m/sn. olur? ($g=10 \text{ m/sn.}^2$ alınacaktır.)

Çözüm

Enerjinin korunumu kanununa göre cismin sahip olduğu potansiyel enerjinin tamamı kinetik enerjiye dönüşür. O hâlde;

$$E_p = E_k$$

$$mgh = \frac{1}{2} mv^2$$

$$gh = \frac{1}{2} v^2$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 20$$

$$v^2 = 400$$

$$v = 20 \text{ m/sn.}$$

Problem

Yatay düzlemde hareketsiz bir cisme, düzleme paralel 100 N'luk sabit bir kuvvet etki ettirilerek cismin 4 m yer değiştirmesi sağlanıyor. Yapılan iş kaç J'dür? (Sürtünmeler önemszenmeyecektir.)

Çözüm

Yer değiştirme yatay düzlemde kuvvet doğrultusu ve yönündedir.

$$F = 100 \text{ N} \quad W = F \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = 4 \text{ m} \quad W = 100 \cdot 4$$

$$W = ? \quad W = 400 \text{ J}$$

Problem

Yatay düzlemde hareketsiz bir cisme, yatay düzlemle 37° açı yapan 100 N'luk sabit bir kuvvet etki ettirilerek cismin 10 m yer değiştirmesi sağlanıyor. Kuvvetin yaptığı iş kaç J'dür? (Cos 37°= 0,8, sürtünmeler önemszenmeyecektir.)

Çözüm

$$F = 100 \text{ N} \quad W = F_x \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = 10 \text{ m} \quad W = F \cdot \cos a \cdot \Delta x$$

$$a = 37^\circ \quad W = F \cdot \cos 37^\circ \cdot \Delta x$$

$$W = ? \quad W = 100 \cdot 0,8 \cdot 10$$

$$W = 800 \text{ J}$$

Problem

$$m = 50 \text{ kg}$$

v = 12 m/sn. kütle ve hızı verilen bir cismin kinetik enerjisi ne kadardır?

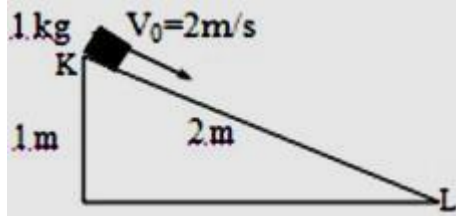
Çözüm

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} 50 \cdot 12^2$$

$$E_k = 3600 \text{ joule}$$

Problem



K noktasından 2 m/sn. hızla harekete geçen 1 kg'lık cisme 3 N'luk sürtünme kuvveti etki ediyor. Buna göre cismin L'deki kinetik enerjisi kaç joule olur?

Çözüm

K'deki enerji toplamı:

$$E = E_P + E_K \quad E = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \quad E = 1 \cdot 10 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 2^2$$

E= 12 joule bulunur.

Sürtünme dikkate alındığı için sürtünmeyle ısıya dönüşen enerji miktarı;

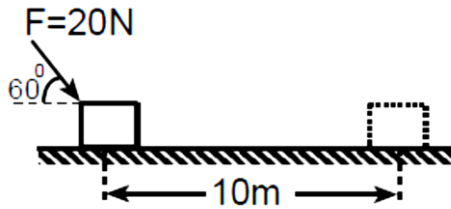
$$E = F_s \cdot X \Rightarrow E = 3,2 = 6 \text{ joule'dür.}$$

Bu durumda cismin L noktasında sahip olduğu enerji;

$$E = 12 - 6 = 6 \text{ joule olur.}$$

Problem

Şekildeki kuvvet sürtünmesiz yüzey üzerinde duran 2 kg kütleli cisme 10 m yol aldığında cisme uygulanan itme ne kadardır?



Çözüm

$$\begin{aligned} F \cdot \cos 60^\circ &= m \cdot a \\ 20 \cdot 0,5 &= 2 \cdot a \\ a &= 5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= F \cdot \cos 60^\circ \cdot t \\ I &= 20 \cdot 1/2 \cdot 2 \\ I &= 20 \text{ N}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

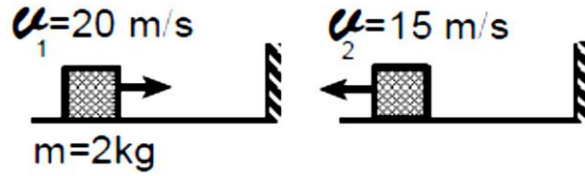
$$X = \frac{1}{2}a \cdot t^2$$

$$10 = \frac{1}{2}5 \cdot t^2$$

$$t = 2 \text{ sn.}$$

Problem

Şekildeki gibi duvara çarpan bir cisim ikinci şekildeki gibi döndüğüne göre cismin momentumundaki değişme ne kadardır?



Çözüm

İlk durumdaki momentum;

$$P_i = m \cdot v_1$$

$$P_i = 2 \cdot 20$$

$$P_i = 40 \text{ kg.m/sn.}$$

İkinci durumdaki momentum;

$$P_s = m \cdot v_2$$

$$P_s = 2 \cdot (-15) \quad P_s = -30 \text{ kg.m/sn.}$$

Toplam momentum;

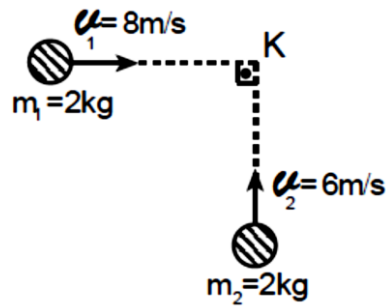
$$\Delta P = P_s - P_i$$

$$\Delta P = -30 - 40$$

$$\Delta P = -70 \text{ kg.m/sn.}$$

Problem

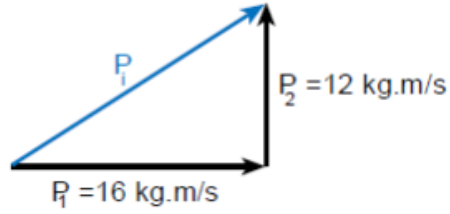
Şekildeki iki cisim K noktasında esnek olmayan çarpışma yaparak birlikte hareket ediyorlar. Cisimlerin çarpışmadan sonraki ortak hızları kaç m/sn.dir?



Çözüm

$$P_1 = m_1 \cdot v_1$$
$$P_2 = m_2 \cdot v_2$$

$$P_1 = 2 \cdot 8 = 16 \text{ kg.m/sn.}$$
$$P_2 = 2 \cdot 6 = 12 \text{ kg.m/sn.}$$



$$P_{\text{ilk}} = P_1 + P_2$$

$$P_{\text{ilk}}^2 = P_1^2 + P_2^2$$

$$P_{\text{ilk}}^2 = 12^2 + 16^2$$

$$P_{\text{ilk}} = 20 \text{ kg.m/sn.}$$

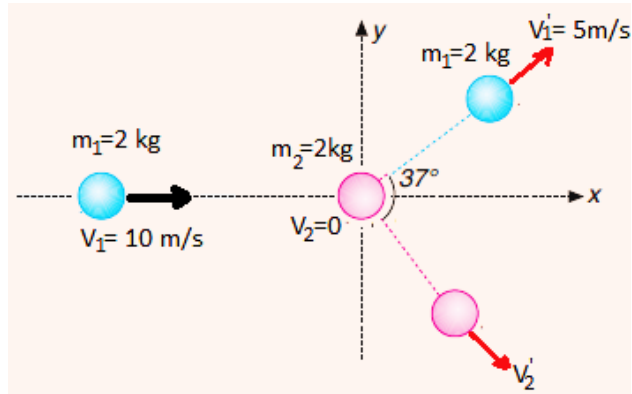
$$P_{\text{ilk}} = P_{\text{son}}$$

$$20 = (m_1 + m_2) \cdot v_{\text{ort.}}$$

$$20 = (2 + 2) \cdot v_{\text{ort.}}$$

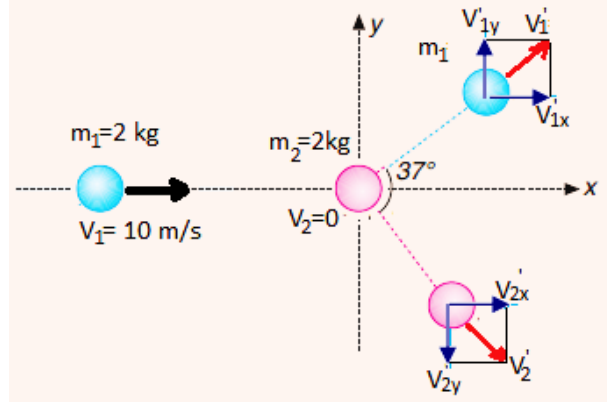
$$v_{\text{ort.}} = 5 \text{ m/sn.}$$

Problem



m_1 kütleli cisim 10 m/sn.lik hızla durmakta olan m_2 kütleline çarpıyor. Çarpışma sonrası m_1 kütleli cisim şekilde de görüldüğü gibi 5 m/sn.lik hızla hareket ettiğine göre m_2 kütleline hızı kaç m/sn.dir? ($\cos 37^\circ = 0,8$ $\sin 37^\circ = 0,6$ alınacaktır.)

Çözüm



Olay düzlemde gerçekleştirildiğine göre x ve y eksenleri için momentumun korunumunu yazalım. Bunun için önce hızların x ve y bileşenlerini bulalım.

$$V'_{1x} = V'_1 \cdot \cos 37 \quad V'_{1x} = 5 \cdot 0,8 \quad V'_{1x} = 4 \text{ m/sn.}$$

$$V'_{1y} = V'_1 \cdot \sin 37 \quad V'_{1y} = 5 \cdot 0,6 \quad V'_{1y} = 3 \text{ m/sn.}$$

Buradan x eksenini için Momentumun Korunumu Kanunu'na göre;

$$m_1 V_{1x} + m_2 V_{2x} = m_1 V'_{1x} + m_2 V'_{2x} \quad 2 \cdot 10 + 2 \cdot 0 = 2 \cdot 4 + 2 \cdot V'_{2x}$$

$$V'_{2x} = 6 \text{ m/sn. olur.}$$

y eksenini için Momentumun Korunumu Kanunu'na göre;

$$m_1 V_{1y} + m_2 V_{2y} = m_1 V'_{1y} + m_2 V'_{2y} \quad 2 \cdot 0 + 2 \cdot 0 = 2 \cdot 3 + 2 \cdot V'_{2y}$$

$$V'_{2y} = -3 \text{ m/sn. olur.}$$

Şimdi bileşke hızı bulalım.

$$(V'_2)^2 = (V'_{2x})^2 + (V'_{2y})^2 \quad (V'_2)^2 = 6^2 + 3^2 \quad (V'_2)^2 = 36 + 9$$

$$(V'_2)^2 = 45 \quad V'_2 = 6,7 \text{ m/s olur.}$$

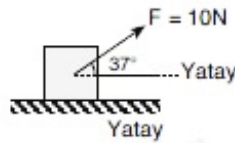
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazanımlarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

1. 100 Newton bir kuvvetin etkisiyle beton bir blok 1,5 m hareket ettiriliyor, yapılan iş nedir?
2. Kütleli $m= 73$ kg olan hızı $v=18$ m/sn. olan cismin kinetik enerjisi ne kadardır?

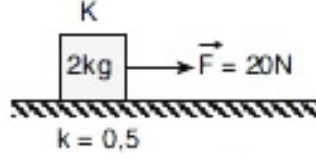
Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

3. Dönüş sırasında araca etki eden kuvvete ne denir?
A) İvme
B) Merkezkaç kuvvet
C) Kaldırma kuvveti
D) Basınç
E) Hız
4. Bir cismin kinetik enerjisini hesaplayabilmek için hangi değişkenleri bilmemiz gerekir?
A) Ağırlık - yükseklik
B) Kuvvet – yol
C) Kütle – sürat
D) Kuvvet – yükseklik
E) Hız - ivme
5. 30 N ağırlığında bir cisim, 10 N'luk bir kuvvetin yönünde 6 m yol alıyor. Bu kuvvetin yaptığı iş kaç joule'dür?
A) 40
B) 50
C) 60
D) 20
E) 10
6. Sürtünmesiz yatay düzlemdeki F kuvveti şekildeki gibi uygulanıyor. Cismin 20 metre yer değiştirmesi durumunda yapılan iş kaç joule olur?

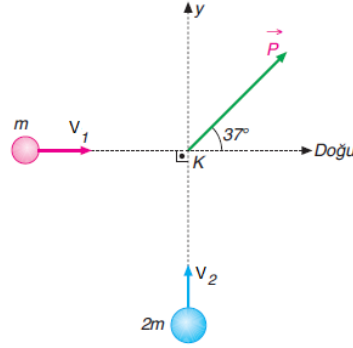


- A) 90
- B) 160
- C) 190
- D) 200
- E) 250

7. Sürtünlü yatay yolda duran K cisminin $F=20\text{ N}$ kuvvet uygulanıyor. Cismin yatayda 10 m yol aldığı anda cisim için yapılan iş kaç joule'dür?

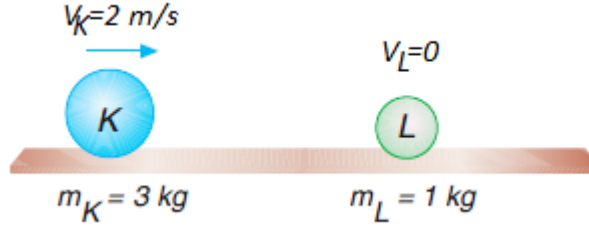


- A) 40
B) 50
C) 80
D) 100
E) 120
8. m ve $2m$ kütleli cisimler şekildeki gibi sürtünmesiz yatay düzlemde V_1 ve V_2 hızlarıyla K noktasında çarpışıp kenetleniyorlar. Sistem P doğrultusunda hareket ettiğine göre V_1 kaçtır? ($\sin 53^\circ = \cos 37^\circ = 0,8$; $\cos 53^\circ = \sin 37^\circ = 0,6$)



- A) 4
B) 6
C) 8
D) 10
E) 14

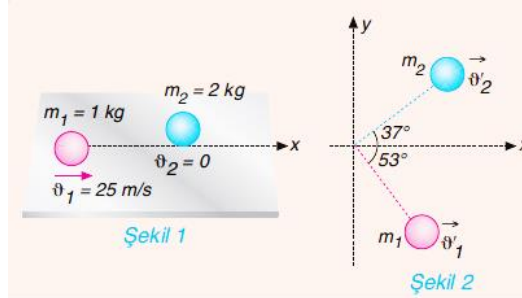
9.



Yatay ve sürtünmesiz düzlem üzerinde 3 kg kütleli K cismi 2 m/sn.lik hızla durmakta olan 1 kg kütleli cisme esnek ve merkezi olarak çarpıyor. Çarpışma sonrası K cisminin hızı kaç m/sn.dir?

- A) 1
- B) 4
- C) 7
- D) 9
- E) 11

10.



Kütlesi 1 kg olan bir cisim sürtünmesiz yatay düzlem üzerinde durmakta olan 2 kg kütleli cisme Şekil 1'deki gibi 25 m/sn. hızla çarpıyor. Çarpışma sonrası cisimlerin hızlarının yönü Şekil 2'deki gibi olduğuna göre çarpışma sonrası hızlarının büyüklükleri kaç m/sn.dir?

- A) $V_1 = 15$ m/sn., $V_2 = 20$ m/sn.
- B) $V_1 = 10$ m/sn., $V_2 = 20$ m/sn.
- C) $V_1 = 10$ m/sn., $V_2 = 25$ m/sn.
- D) $V_1 = 25$ m/sn., $V_2 = 25$ m/sn.
- E) $V_1 = 22$ m/sn., $V_2 = 22$ m/sn.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Ulaşım için kullandığınız bir taşıtta (otobüs, otomobil vb.), taşıta binış zamanınızı ve sürücüden aracın km bilgisini öğrenip not edip ve varış noktanızda kaç km yol aldığınızı sürücüden öğreniniz. Varış zamanınıza göre seyahat süresini tespit edip bu bilgileri kullanarak seyahatiniz boyunca kullandığınız taşıttın ortalama hızını hesaplayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri Evet, kazanamadığınız becerileri Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Taşıta binış zamanını not ettiniz mi?		
2. Taşıta bindiğinizde aracın mevcut km bilgisini not ettiniz mi?		
3. Taşıttan iniş noktasında km bilgisini not ettiniz mi?		
4. Varış zamanınızı not ettiniz mi?		
5. Seyahat süresini hesapladınız mı?		
6. Gidilen yolu hesapladınız mı?		
7. Bulduğunuz bilgileri kullanarak aracın ortalama hızını hesapladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmenimize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAİLİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	60 km/sa.
2	16 km/sa.
3	a) 70 m b)50 m
4	96 mil
5	10 m/sn.
6	5 m/sn.
7	a) 1,6 sn. b) 12,8 m c) 38,4 m d) 20 m/sn.

ÖĞRENME FAİLİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	C
5	C
6	A
7	B
8	B
9	C
10	B
11	A

ÖĞRENME FAİLİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	150 joule
2	11826 joule
3	B
4	C
5	C
6	B
7	D
8	C
9	A
10	A

KAYNAKÇA

- HALLİDAY David, Robert RESNİCK (Çev. Yalçın Cengiz), **Fiziğin Temelleri (Mekanik)**, Arkadaş Yayıncılık, Ankara, 2013.
- KILIÇKAYA M. Selami, **Temel Fizik**, Açıköğretim Fakültesi Yayınları, no. 674, Eskişehir,1996.
- MERIAM J. L. - KRAIGE L. G., (Çev. YAYLA Paşa), **Dinamik**, Nobel Yayınları, İstanbul, 2012.
- URAL Osman, **Lise 1 Fizik**, Oran Yayıncılık ve San. Ltd. Şti., İzmir, 1990.