

### 11.1.3. Newton'un Hareket Yasaları

11.1.3.1. Serbest cisim diyagramları üzerinde cisme etki eden kuvvetleri gösterir ve net kuvvetin büyüklüğünü hesaplar.

11.1.3.2. Net kuvvet etkisindeki cismin hareketini örneklerle açıklar ve günlük hayatla ilgili problemler çözer.

11.1.3.3. Sürtünmeli yüzeylerde hareket eden cisimlerin hareketini analiz eder.

a. Öğrencilerin serbest cisim diyagramları çizerek günlük hayatla ilgili problemler çözmeleri sağlanır.

### 1.3. NEWTON'UN HAREKET YASALARI

Daldan kopan elma, yer çekimi kuvveti nedeni ile yere doğru düşer Elma koptuktan sonra yere doğru hızlanan hareket yapar.



Düz bir yolda hareket eden araba hareket süresi boyunca tekerlekler ile zemin arasında meydana gelen sürtünme kuvvetinin ve hava sürtünmesinin etkisinde kalır.

Duran bir cismi hareket ettiren ya da hareketli bir cismi durduran ve cismin hızını değiştiren etki net kuvvettir. Net kuvvetin etkisinde kalan cisimlerin hızında değişiklik meydana gelir. Net kuvvetin cismin hızında değişiklik meydana getirerek cismin ivmelenmesine sebep olmasını ilk kez Newton 1678'de ileri sürdü. Newton, Hareket Kanunları olarak anılan üç yasa ortaya koydu.

**1'inci yasa:** Bir cismin üzerine etki eden net kuvvet sıfır ise bu cisim duruyorsa durmaya devam eder, hareket hâlinde ise sabit hızla hareketine devam eder.

**2'nci yasa:** Bir cismin üzerine etki eden net kuvvet sıfırdan farklı olursa cismin bu kuvvetin etkisinde hızı değişir. Bir başka deyişle cisim ivmeli hareket yapar. Cismin ivmesinin yönü net kuvvet ile aynı yönlüdür. Cismin kütlesi ile ivmesinin çarpımı net kuvveti verir.

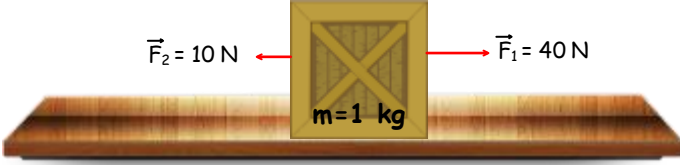
$$F = m \cdot a$$

$$a = \frac{F_{net}}{\Sigma m}$$

**3'üncü yasa:** Birbirine temas eden A ve B cisimden A cismi, B cismine bir etki kuvveti uyguladığında B cismi de A cismine bir tepki kuvveti uygular. Bu iki kuvvet aynı büyüklükte fakat zıt yönlüdür. Bu iki kuvvet her zaman farklı cisimlere etki eder.

### 1.3.1. Cismin Üzerindeki Net Kuvvet

Net kuvvet etkisinde kalan cisimler ivmeli hareket eder. İvmeli hareket eden cisimlerin hızı değişir. Model üzerinde serbest cisim diyagramı kullanarak net kuvvetleri gösterebiliriz.



Sürtünmesiz bir düzlemde duran 1 kg kütleli sandığa zıt yönde iki kuvvet etki ederse sandık, büyük kuvvetin yönünde kuvvetlerin farkı ile hızlanır. Cisme etki eden net kuvveti bulmak için cismin üzerindeki kuvvetlerin serbest cisim diyagramı çizilir. Kuvvetlerin vektörel toplamı net kuvveti verir.

Cisme etki eden net kuvvet,

$$F_{net} = 40 - 10 = 30 \text{ N bulunur.}$$

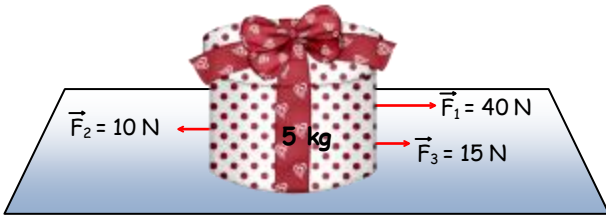
Cismin ivmesi,

$$\vec{F}_2 = 10 \text{ N} \leftarrow \bullet \rightarrow \vec{F}_1 = 40 \text{ N}$$

$F_{net} = m \cdot a$  bağıntısından;

$$\bullet \rightarrow \vec{F}_{net} = 30 \text{ N}$$

$$30 = 1 \cdot a; \quad a = 30 \text{ m/s}^2 \text{ bulunur.}$$



$$\vec{F}_2 = 10 \text{ N} \leftarrow \bullet \rightarrow \vec{F}_1 = 40 \text{ N} \quad \bullet \rightarrow \vec{F}_{net} = 45 \text{ N}$$
$$\vec{F}_3 = 15 \text{ N} \rightarrow$$

Sürtünmesiz düzlemde duran 5 kg kütleli kutuya şekildeki kuvvetler etki etsin. Cisme etki eden kuvvetler serbest cisim diyagramı ile gösterilir. Cisme etki eden net kuvveti bulmak için kuvvetlerin vektörel toplamı yapılır.

$$F_{net} = 40 + 15 - 10 = 45 \text{ N bulunur.}$$

Cismin ivmesi,

$$F_{net} = m \cdot a \text{ bağıntısından; } 45 = 5 \cdot a \quad a = 9 \text{ m/s}^2 \text{ bulunur.}$$

### 1.3.1. Net Kuvvet Etkisindeki Cismnin Hareketi

Newton'un ikinci kanuna göre bir cisim net bir kuvvetin etkisinde kalırsa ivmeli hareket yapar. Cismnin üzerindeki net kuvvet ile cismnin sahip olduğu ivmenin oranı cismnin kütlelerini verir.

$$a = \frac{F_{net}}{\Sigma m}$$

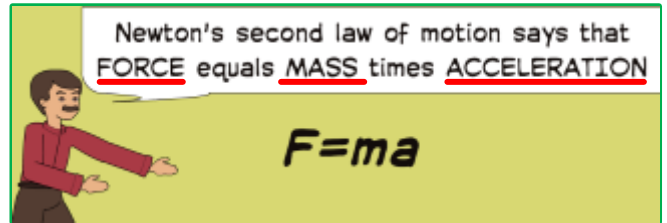
$F_{net}$ : cisme etki eden net kuvveti gösterir. (N)

$a$ : cismnin ivmesini gösterir. ( $\text{m/s}^2$ )

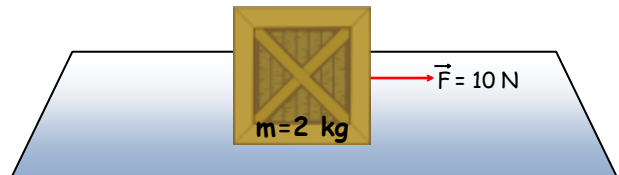
$m$ : cismnin kütlelerini gösterir. (kg)

Fizik biliminde kuvvetin harekete etkisi dinamik başlığı altında incelenir.

Newton'un bulduğu  $F=m \cdot a$  bağıntısı dinamiğin temel kanunu olarak kabul edilir. Bu bağıntıda  $F$ ,  $m$  ve  $a$  sembolleri kavramların İngilizce baş harflerinden gelmektedir.



Sürtünmesiz düzlemde durmakta olan 2 kg kütleli kutuya 10 N büyüklüğünde net kuvvet etki ederse cismnin hızı, düzgün olarak artar.



**Cismin ivmesi:**

$$F = m \cdot a$$

$$10 = 2 \cdot a$$

$$a = 5 \text{ m/s}^2 \text{ bulunur.}$$

Kutunun hızı her saniye 5 m/s artar. Net kuvvetin etkisi devam ederse kutunun hızı düzgün olarak artmaya devam eder.

Örneğin;

$$4 \text{ s sonra kutunun hızı } 4 \cdot 5 = 20 \text{ m/s,}$$

$$7 \text{ s sonra cismnin hızı } 7 \cdot 5 = 35 \text{ m/s bulunur.}$$

Eğer cismin ilk hızı varsa cismin hız değişimi ilk hıza eklenir.

Örneğin kutunun ilk hızı 10 m/s olsun.

Kutunun 4 s sonra hızı  $10 + 20 = 30$  m/s,

7 saniye sonra hızı  $10 + 35 = 45$  m/s olur.



Şekildeki gibi doğu yönünde 30 m/s hızla hareket ettirilen 3 kg kütleli akülü araba hareket yönüne ters yönde 15 N büyüklüğünde net kuvvet uygulandığında, akülü arabanın ivmesi,

$$F = m a$$

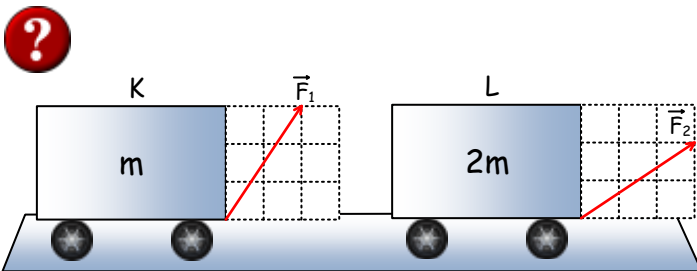
$$-15 = 3 \cdot a,$$

$$a = -5 \text{ m/s}^2 \text{ bulunur.}$$

Net kuvvet, hareket yönüne ters yönde olduğu için bağıntıda kuvvetin büyüklüğü -15 alınır. Hareketin ivmesi  $-5 \text{ m/s}^2$  olduğu için cismin hızı her saniyede 5 m/s azalır. Örneğin;

2 saniye sonra cismin hızı  $30 - (2 \cdot 5) = 20$  m/s olur.

Cisim aynı ivme ile yavaşlamaya devam ederse 6 saniye sonra hızı sıfır olur.



Sürtünmesiz düzlemde durmakta olan m ve 2m kütleli araçlara şekildeki kuvvetler etki ediyor. Araçlar yatayda harekete başlıyor. Araçların  $\frac{a_K}{a_L}$  ivmeleri oranı kaçtır? (Çizim ölçeklidir.)

Araçlar yatay doğrultuda hareket ettiklerinden net kuvvet uygulanan kuvvetlerin yatay bileşenleridir.

$$F_{1x} = 2 \text{ birim}$$

$$F_{1x} = m \cdot a_K$$

$$F_{2x} = 2m \cdot a_L$$

$$F_{2x} = 3 \text{ birim}$$

$$2 = m \cdot a_K$$

$$3 = 2m \cdot a_L$$

$$a_K = \frac{2}{m}$$

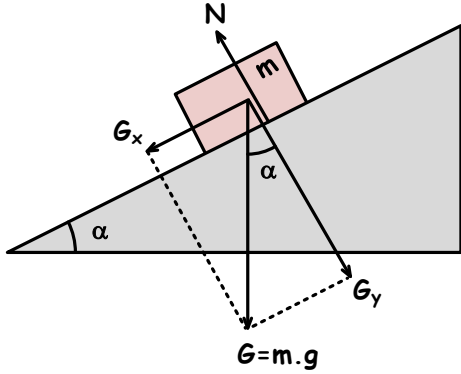
$$a_L = \frac{3}{2m}$$

$$\frac{a_K}{a_L} = \frac{\frac{2}{m}}{\frac{3}{2m}} = \frac{4}{3}$$

### Kavram Yanılgıları

- Etki ve tepki kuvvetleri aynı cisme etki eder.
- Newton kanunları ile kinematik arasında hiçbir bağlantı yoktur.
- Kütle ve ivmenin çarpımı,  $m \cdot a$ , bir kuvvettir.
- Newton'un 3. kanununa göre, bir cisme etki eden normal kuvvet cismin ağırlığına eşittir.
- Sadece insanlar ve hayvanlar kuvvet uygularken pasif durumdaki cansız varlıklar (masa, yer) kuvvet uygulamaz.
- Bir cisim hareket ettiğinde, ağır cisimler hafif cisimlere göre daha büyük itme uygular.
- Newton'un 3. kanunu hareket ile aşılabılır (Örneğin şiddetli bir çekme hareketi ile). Örneğin, el ile bir cisme uygulanan bir kuvvet cisim eli terk ettikten sonra da etki etmeye devam eder.
- Sabit hızla hareket eden cisimlere kuvvet etki eder. Hareket hâlindeki cisimlere etkiyen kuvvet kaldırıldığında cisim hızını azaltarak duracaktır.

## Eğik Düzlemde Hareket



$$G = m \cdot g$$

$$F = m \cdot a$$

$$G_x = m \cdot g \cdot \sin\alpha$$

$$G_x = m \cdot a$$

$$G_y = N = m \cdot g \cdot \cos\alpha$$

$$m \cdot g \cdot \sin\alpha = m \cdot a$$

$$a = g \cdot \sin\alpha$$

Sürtünmesiz eğik düzlem üzerine bir m kütleli bir cisim yerleştirirsek cisim kaymaya başlar. Eğik düzlem üzerinde kayan cismi aşağıya çeken kuvvet  $G_x$  dir.

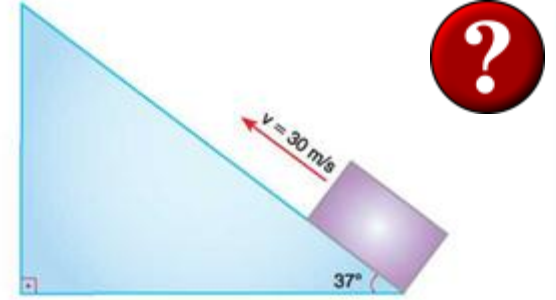
Yüzeyin tepki kuvveti ise  $G_y$  dir. Sürtünme kuvveti yüzeyin tepki kuvveti ile orantılıdır. Bu yüzden tepki kuvveti, sürtünmenin ihmal edildiği yüzey uygulamalarında kullanılmaz. Hareket eden cismin ivmesi,

$$F = mg \sin\alpha = m \cdot a \Rightarrow a = g \cdot \sin\alpha$$

bağıntısı ile bulunur.

Sürtünmenin ihmal edildiği eğik düzlemde aşağıdan yukarıya doğru atılan için de net kuvvet  $mg \sin\alpha$ 'dır.

Bu yüzden **sürtünmesiz sistemlerde eğik düzlem üzerindeki bir cismin aşağıya inerken veya yukarıya çıkarken ivmesi  $g \sin\alpha$ 'dır. Cismin ivmesi kütleline bağlı değildir.**



1 kg kütleli bir cisim sürtünmesiz eğik düzlemde, eğik düzlemin alt ucundan aşağıdan yukarıya doğru 30 m/s hızla atılıyor. Cisim, eğik düzlemde yavaşlayarak duruyor. Kaç saniye sonra cismin hızı sıfır olur ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 37 = 0,6$ )?

$$a = g \cdot \sin\alpha$$

$$a = 10 \cdot \sin 37^\circ$$

$$a = 10 \cdot 0,6$$

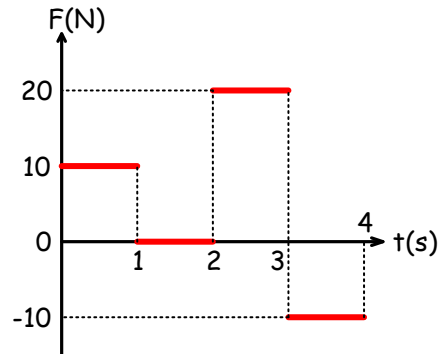
$$a = 6 \text{ m/s}^2$$

Cismin hızı her saniyede 6 m/s azalacağından, cisim 5 s sonra durur.

## Net Kuvvetin Etkisindeki Cismin Hareket Grafikleri

Durmakta olan 2 kg kütleli cisme etki eden net kuvvetin zamana bağlı değişimi şekildeki gibi olsun.

Kuvvetin cismin hareketine nasıl etki ettiğini inceleyelim.



0 - 1 s zaman aralığında,

Durmakta olan cisim, net kuvvetin etkisinde kaldığı için cismin hızı düzgün olarak artar.

$F = m \cdot a$  bağıntısından,

$10 = 2a$  eşitliğinden  $a = 5 \text{ m/s}^2$  bulunur. Cismin hızı her saniye 5 m/s artar. 1 saniye sonra cismin hızı 5 m/s olur.

1 - 2 s zaman aralığında,

Net kuvvet sıfır olduğu için cismin hızında değişiklik olmaz.

2 s sonunda cismin hızı yine 5 m/s olur.

2 - 3 s zaman aralığında,

Cisim, net kuvvetin etkisinde kaldığı için cismin hızı artar.

$F = m \cdot a$  bağıntısından,  $20 = 2a$  eşitliğinden  $a = 10 \text{ m/s}^2$  bulunur. Cismin hızı her saniye 10 m/s artar. 3. saniye sonunda cismin hızı 15 m/s olur.

3 - 4 s zaman aralığında,

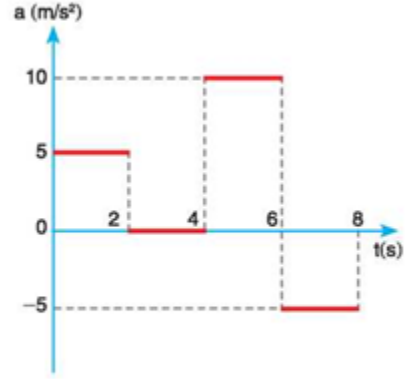
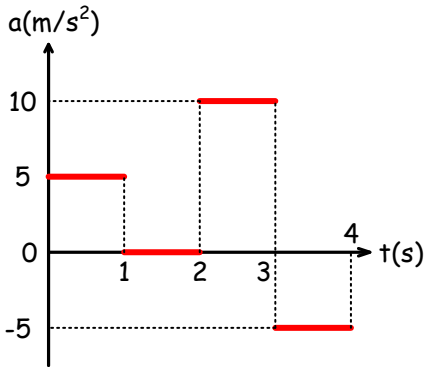
Cisim hareket yönünün tersi yönünde, net kuvvetin etkisinde kaldığı için hızı azalır.

$F = m \cdot a$  bağıntısından  $-10 = 2a$  eşitliğinden  $a = -5 \text{ m/s}^2$  bulunur. Cismin hızı her saniye 5 m/s azalır. 4. saniye sonunda cismin hızı 10 m/s olur.

Hareketin ivme-zaman grafiğini çizelim.

Cismin 0 - 1s zaman aralığında ivmesi  $a = 5 \text{ m/s}^2$ , 1s - 2s zaman aralığında ivmesi sıfır, 2s - 3s zaman aralığında ivmesi  $a=10 \text{ m/s}^2$ , 3s-4s zaman aralığında ivmesi  $-5 \text{ m/s}^2$  dir.

Hareketin ivme-zaman grafiği şekildeki gibidir. İvme-zaman grafikleri, net kuvvet-zaman grafiklerine benzer. Bunun sebebi kuvvetin ivmeye oranının sabit ve cismin kütlelerine eşit olmasıdır.



1 kg kütleli bir cisme etki eden net kuvvetin zamana göre değişimi şekildeki gibidir. Cismin ilk hızı 15 m/s olduğuna göre 8. saniye sonunda cismin hızı kaç m/s olur ?

0 - 2 s zaman aralığında, ivme  $5 \text{ m/s}^2$  olduğundan cismin hızı her saniyede 5 m/s artar. Buna göre 2 saniye içinde cismin hızı 10 m/s artar. Cismin ilk hızı 15 m/s olduğundan 2'nci saniyede hızı  $15+10=25 \text{ m/s}$  olur.

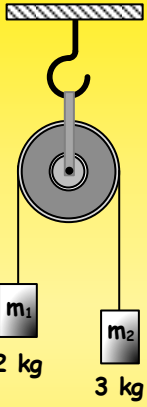
2 - 4 s zaman aralığında, ivme sıfır olduğundan cismin hızı değişmeyeceğinden cismin 4'üncü saniyedeki hızı yine 25 m/s olur.

4 - 6 s zaman aralığında, ivme  $10 \text{ m/s}^2$  olduğundan cismin hızı her saniyede 10 m/s artar. Buna göre 2 saniye içinde cismin hızı 20 m/s artar. Cismin 4'üncü saniyedeki hızı 25 m/s olduğundan 6'ncı saniyede hızı  $25+20=45 \text{ m/s}$  olur.

6 - 8 s zaman aralığında, ivme  $-5 \text{ m/s}^2$  olduğundan cismin hızı her saniyede 5 m/s azalır. Buna göre 2 saniye içinde cismin hızı 10 m/s azalır. Cismin 6'ncı saniyedeki hızı 45 m/s olduğundan 8'inci saniyede hızı  $45-10=35 \text{ m/s}$  olur.

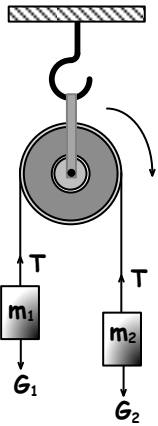
## Sistem Hareketleri

Birden çok cismin birlikte hareket ettiği sistemlerde cisimlerin hareketine sistem hareketleri denir. Sistem hareketlerinde aynı ipe bağlı cisimler ortak ivmeye sahiptir.



Şekildeki sürtünmesiz sistem serbest bırakılırsa;

- a) İvmesini,  
b) İplerdeki gerilme kuvvetini hesaplayınız.

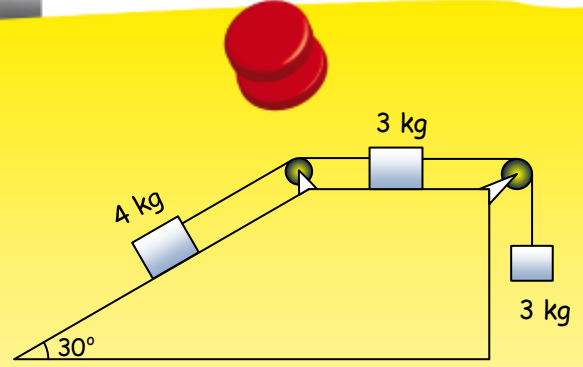


- a)  $G_1 = m_1 \cdot g = 2 \cdot 10 = 20 \text{ N}$   
 $G_2 = m_2 \cdot g = 3 \cdot 10 = 30 \text{ N}$   
 Sistem büyük kuvvetin yönünde hareket eder.

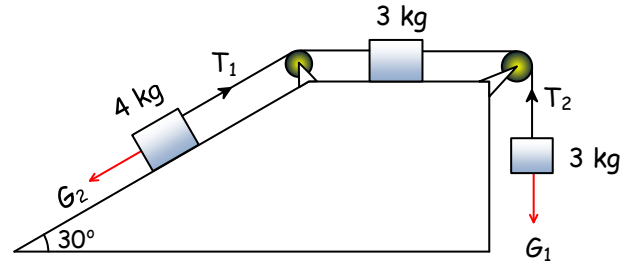
$$a = \frac{\Sigma F_{net}}{\Sigma m}$$

$$a = \frac{G_2 - G_1}{m_1 + m_2} = \frac{30 - 20}{2 + 3} = 2 \text{ m/s}^2$$

- b)  $F_{net} = G_2 - T$   
 $T = G_2 - F_{net}$   
 $T = m_2 \cdot g - m_2 \cdot a = m_2 (g - a)$   
 $T = 3(10 - 2) = 24 \text{ N}$



Şekildeki sürtünmesiz sistem serbest bırakılıyor. Sistemin ivmesini ve ipler arasındaki ip gerilmelerini bulunuz. ( $\sin 30^\circ = 0,5$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



$$G_1 = 3 \cdot 10 = 30 \text{ N}$$

$$G_2 = 4 \cdot 10 \cdot \sin 30^\circ$$

$$G_2 = 20 \text{ N}$$

$$a = \frac{\Sigma F_{net}}{\Sigma m}$$

$$a = \frac{G_1 - G_2}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{30 - 20}{3 + 3 + 4} = 1 \text{ m/s}^2$$

Sistem büyük kuvvetin yönünde hareket eder. Bu nedenle sisten sağa doğru hareket eder.

$$T_1 - G_2 = 4 \cdot a$$

$$T_1 - 20 = 4 \cdot 1$$

$$T_1 = 20 + 4$$

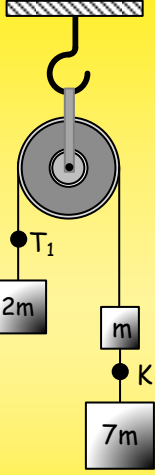
$$T_1 = 24 \text{ N}$$

$$G_1 - T_2 = 3 \cdot a$$

$$30 - T_2 = 3 \cdot 1$$

$$T_2 = 30 - 3$$

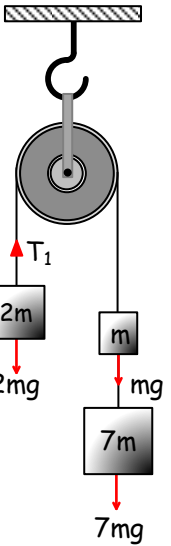
$$T_2 = 27 \text{ N}$$



Şekildeki ağırlıksız makara ile kurulan sürtünmesiz sistem serbest bırakılıyor.

- Sistemin ivmesini bulunuz.
- $T_1$  ip gerilmesini bulunuz.
- Şekildeki sistem hareket ederken ip K noktasından kopuyor, cisimlerin bağlı olduğu ipler yeterince uzun olduğuna göre cisimler ip koptuktan sonra nasıl hareket eder?
- Hareketin hız-zaman grafiğini çiziniz.

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



- Sistem büyük kuvvetin yönünde hareket eder.

$$a = \frac{\Sigma F_{\text{net}}}{\Sigma m}$$

$$a = \frac{(7mg+mg)-2mg}{2m+m+7m} = \frac{6mg}{10m}$$

$$a = 0,6g = 6 \text{ m/s}^2$$

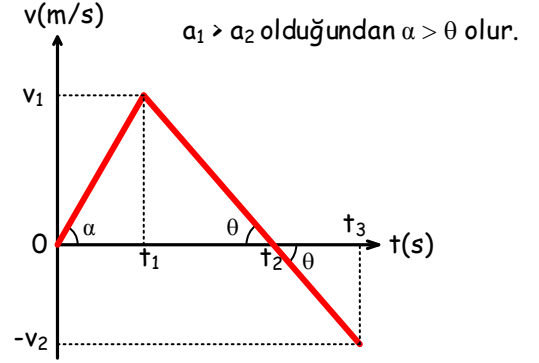
- $F_{\text{net}} = T_1 - 2mg$   
 $T_1 = F_{\text{net}} + 2mg$   
 $T_1 = 2m \cdot a + 2mg = 2m(a + g)$   
 $T_1 = 2m(6 + 10) = 32m \text{ N}$

c) İp kopmadan önce 7m ve m aşağıya doğru, 2m yukarıya doğru aynı ivme ile hızlanmaktadırlar. İp koptuktan sonra her iki cisim de yerçekimi kuvvetinin etkisinde kalırlar.

Bu nedenle ip koptuktan sonra net kuvvet sol tarafta aşağıya doğru olur ( $2mg-mg$ ).

Bundan dolayı ip kopmadan önce sağa doğru hareket eden sistem önce yavaşlar, durur ve sonra ters yönde yeni ivmesiyle hızlanmaya başlar.

ç)



Hız-zaman grafiğinin eğimi cismin ivmesine eşittir.

### 1.3.3. Sürtümlü Yüzeylerde Hareket

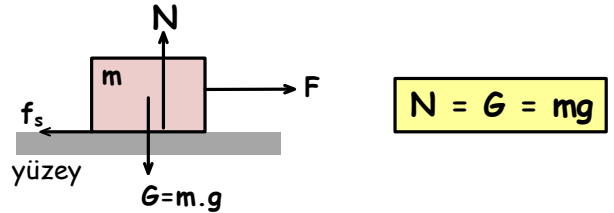
Düz bir asfalt yolda ilerleyen bir arabanın sürücüsü ayağını gaz pedalından çektikten bir süre sonra araba yavaşlayarak durur. Arabanın hızını azaltan kuvvet tekerlekler ile zemin arasındaki sürtünme kuvvetidir.

Sürtünme kuvveti,

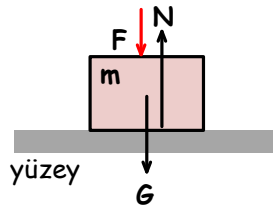
$$f_s = k \cdot N$$

bağıntısı ile hesaplanır,

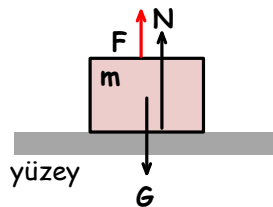
k; yüzeyle cisim arasındaki sürtünme katsayısı,  
N ise yüzeyin cisme uyguladığı tepki kuvvetidir.



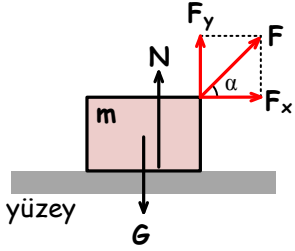
$$N = G = mg$$



$$N = G + F$$

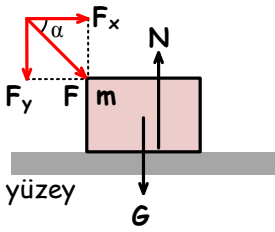


$$N = G - F$$



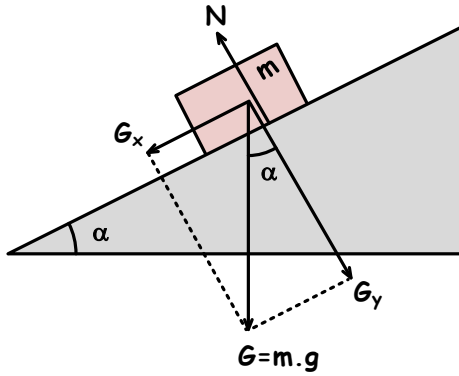
$$N = G - F_y$$

$$N = G - F \sin \alpha$$

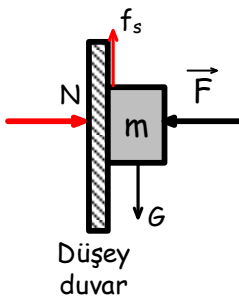


$$N = G + F_y$$

$$N = G + F \sin \alpha$$



$$N = G_y = m.g \cdot \cos \alpha$$



$$N = F$$

□ Sürtünme kuvveti hareketli bir cismi durdurmaya, durmakta olan bir cismin ise harekete geçmesine engel olmaya çalışan pasif bir kuvettir. Sürtünme kuvvetinin hareket ettirici özelliği yoktur.

□ Sürtünme kuvvetinin yönü hareket varsa harekete, zorlama varsa zorlamaya zıt yöndedir. Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü ise, sürtünen yüzeylerin cinsine ve sürtünen yüzeyler arasındaki tepki kuvvetinin büyüklüğüne bağlıdır.

#### Kavram Yanılgıları

- Sürtünme kuvveti, daima cismin hareket yönü ile zıt yönlü bir kuvettir.
- Sürtünme kuvvetini yüzeylerdeki pürüzler oluşturulur.
- Sürtünme daima mekanik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürür.
- Atmosfere geri dönen uzay kapsüllerinin ısınmasını sürtünme sağlar.
- Araba ve uçakların yavaşlamasının sebebi hava sürtünmesidir.

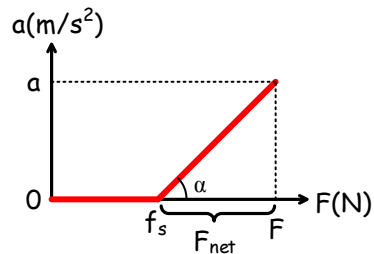
#### Sürtünmeli Yüzeylerde İvmenin Kuvvetle Değişimi

Sürtünmeli bir yüzeyde duran bir cismi hareket ettirmek için cisim ile zemin arasındaki sürtünme kuvvetinden daha büyük bir kuvvet uygulamamız gerekir.

Cismin ivme-kuvvet grafiğinde cismin ivmelenmeye başladığı andaki kuvvet değeri sürtünme kuvvetine eşit olmalıdır. Cisim, ivmeli hareket yaparken kuvvet arttıkça ivme değeri de artar.

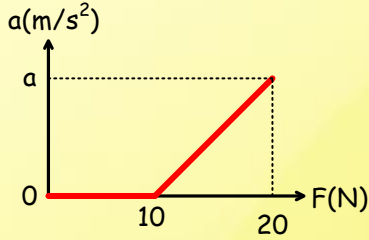
$F = m \cdot a$  bağıntısından kuvvetin ivmeye oranı sabit ve cismin kütleğine eşit olur. Bu yüzden kuvvet-ivme grafiklerinden yararlanarak cismin kütleği bulunur.

Grafiğin eğimi  $a / F_{net} = 1 / m$  değerini verir.



$$\tan \alpha = \frac{a}{F_{net}} = \frac{1}{m}$$





Sürtünme katsayısının 0,2 olduğu yatay düzlemde 20 N büyüklüğündeki kuvvetle çekilen cismin ivme-kuvvet grafiği şekildeki gibi olduğuna göre, cismin ivmesi kaç  $m/s^2$ 'dir?

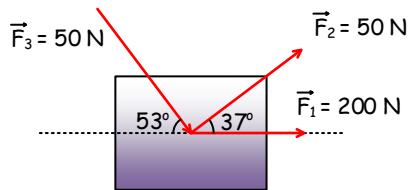
$$f_s = k \cdot N \quad N = G = mg \quad F_{net} = ma$$

$$10 = 0,2N \quad 50 = 10m \quad 20 - 10 = 5a$$

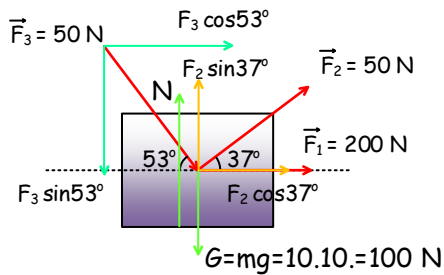
$$N = 50 \text{ N} \quad m = 5 \text{ kg} \quad 10 = 5a$$

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

### Bölüm Sonu Değerlendirme Soruları



1) Sürtünme katsayısının 0,1 olduğu yüzeyde bulunan 10 kg kütleli cisme şekildeki kuvvetler uygulanıyor. Cismin ivmesini hesaplayınız.



$$G + F_3 \sin 53^\circ = N + F_2 \sin 37^\circ \quad f_s = k \cdot N$$

$$100 + 50 \cdot 0,8 = N + 50 \cdot 0,6 \quad f_s = 0,1 \cdot 110$$

$$100 + 40 = N + 30 \quad f_s = 11 \text{ N}$$

$$N = 110 \text{ N}$$

$$F_{net} = F_1 + F_3 \cos 53^\circ + F_2 \cos 37^\circ - f_s$$

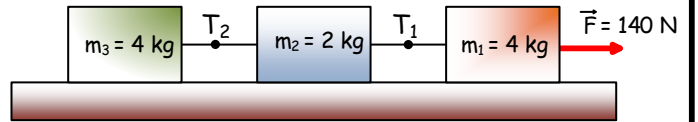
$$F_{net} = 200 + 50 \cdot 0,6 + 50 \cdot 0,8 - 11$$

$$F_{net} = 259 \text{ N}$$

$$F_{net} = ma$$

$$259 = 10a$$

$$a = 25,9 \text{ m/s}^2$$



2) Sürtünmenin ihmal edildiği ortamda kütleleri verilen cisimler 140 N büyüklüğündeki kuvvetle çekiliyor. Sistemin ivmesini ve kütleler arasındaki iplerdeki gerilme kuvvetlerini bulunuz.

$$a = \frac{\Sigma F_{net}}{\Sigma m}$$

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{140}{4 + 2 + 4} = 14 \text{ m/s}^2$$

$$F - T_1 = m_1 \cdot a$$

$$T_1 - T_2 = m_2 \cdot a$$

$$T_2 = m_3 \cdot a$$

$$140 - T_1 = 4 \cdot 14$$

$$84 - T_2 = 2 \cdot 14$$

$$T_2 = 4 \cdot 14$$

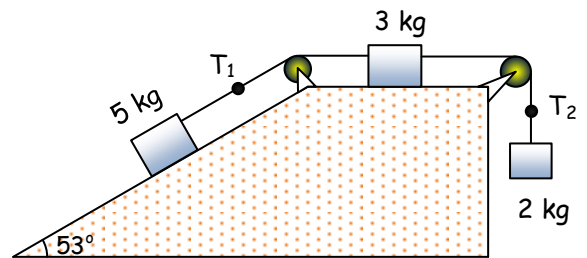
$$140 - T_1 = 56$$

$$84 - T_2 = 28$$

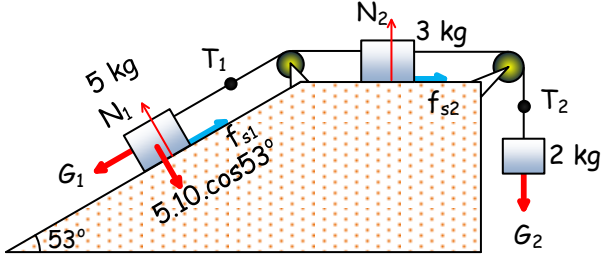
$$T_2 = 56 \text{ N}$$

$$T_1 = 84 \text{ N}$$

$$T_2 = 56 \text{ N}$$



3) Şekildeki sistemde cisimler ile cisimlerin buldukları yüzey arasındaki sürtünme katsayısı 0,1'dir. Sistem serbest bırakıldığında sistemin ivmesini ve  $T_1$  ve  $T_2$  ip gerilmeleri bulunuz.



$$G_1 = 5 \cdot 10 \cdot \sin 53^\circ$$

$$G_1 = 50,0,8$$

$$G_1 = 40 \text{ N}$$

$$f_{s1} = kN_1 \quad f_{s2} = kN_2$$

$$f_{s1} = 0,1 \cdot 5 \cdot 10 \cdot \cos 53^\circ \quad f_{s2} = 0,1 \cdot 3 \cdot 10$$

$$f_{s1} = 0,1 \cdot 50 \cdot 0,6 \quad f_{s2} = 3 \text{ N}$$

$$f_{s1} = 3 \text{ N}$$

$$F_{\text{net}} = G_1 - f_{s1} - f_{s2} - G_2 \quad a = \frac{\Sigma F_{\text{net}}}{\Sigma m} = \frac{14}{2+3+5} = 1,4 \text{ m/s}^2$$

$$F_{\text{net}} = 40 - 3 - 3 - 20$$

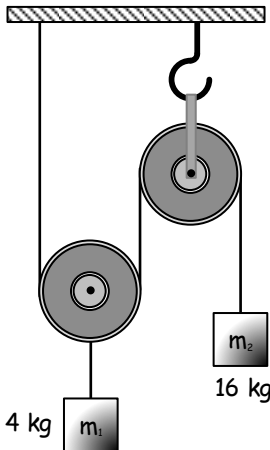
$$F_{\text{net}} = 14 \text{ N}$$

$$G_1 - f_{s1} - T_1 = 5a \quad T_1 - f_{s2} - T_2 = 3a \quad T_2 - G_2 = 2a$$

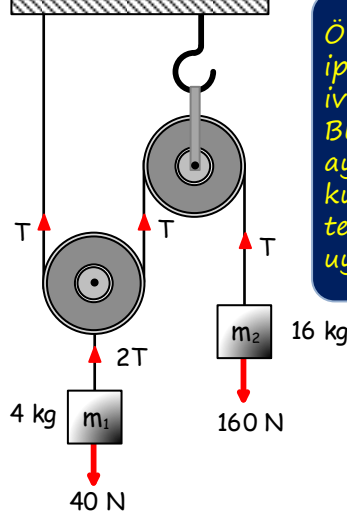
$$40 - 3 - T_1 = 5 \cdot 1,4 \quad 30 - 3 - T_2 = 3 \cdot 1,4 \quad T_2 - 20 = 2 \cdot 1,4$$

$$37 - T_1 = 7 \quad 27 - T_2 = 4,2 \quad T_2 - 20 = 2,8$$

$$T_1 = 30 \text{ N} \quad T_2 = 22,8 \text{ N} \quad T_2 = 22,8 \text{ N}$$



4) Kütleleri 4 kg ve 16 kg olan iki cisim yeterince uzun iplerle şekildeki gibi bağlanıyor. Sistem serbest bırakıldığında cisimlerin ivmelerini ve ip gerilmelerini bulunuz. (Makaraların ağırlığı ihmal ediliyor.)



Öncelikle cisimler farklı iplere bağlı olduğundan ivmeleri farklı olacaktır. Bu yüzden her bir cisim ayrı ayrı ele alınarak net kuvvetler bulunur ve temel kanun bağıntısı uygulanır.

$m_1$  cismi için;

$$2T - 40 = m_1 \cdot a_1$$

$$2T - 40 = 4a_1 \quad (1)$$

$m_2$  cismi için;

$$160 - T = m_2 \cdot a_2$$

$$160 - T = 16a_2 \quad (2)$$

Hareketli makaralarda kuvvetten kazanç sağlandığı gibi yol kaybı vardır.  $m_1$  cismi t sürede X yolunu alırsa  $m_2$  cismi aynı sürede 2X yol alacaktır. Bu nedenle  $a_2$  ivmesi  $a_1$  ivmesinin iki katına eşit olur.

$$a_2 = 2a_1$$

1 ve 2 numaralı denklemler alt alta yazılarak denklem çözümü yapılır ve ivmeler hesaplanır.

$$2T - 40 = 4a_1$$

$$160 - T = 16a_2$$

$$2T - 40 = 4a_1$$

$$160 - T = 16(2a_1)$$

$$160 - T = 16a_2$$

$$160 - T = 16 \frac{140}{17}$$

$$T = \frac{480}{17} \text{ N}$$

$$2T = \frac{960}{17} \text{ N}$$

$$2T - 40 = 4a_1$$

$$2 / \quad 160 - T = 32a_1$$

$$2T - 40 = 4a_1$$

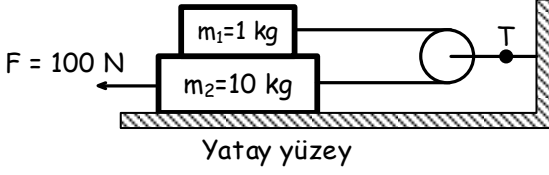
$$320 - 2T = 64a_1$$

$$280 = 68a_1$$

$$a_1 = \frac{70}{17} \text{ m/s}^2$$

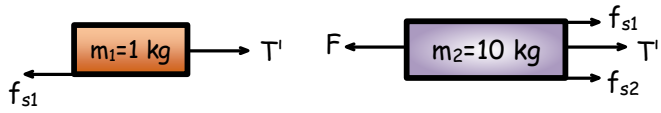
$$a_2 = 2a_1$$

$$a_2 = \frac{140}{17} \text{ m/s}^2$$



5) Ağırlıksız makara ile kurulan şekildeki sürtünlü ortamda sistem 100 N büyüklüğündeki sabit kuvvetle çekiliyor. T ip gerilmesini bulunuz. (Cisimler için tüm yüzeylerde sürtünme katsayısı 0,2 dir.)

ÇÖZÜM:



$$f_{s1} = km_1g = 0,2 \cdot 1 \cdot 10 \quad f_{s2} = k(m_1+m_2)g = 0,2 \cdot (1+10)10$$

$$f_{s1} = 2 \text{ N} \quad f_{s2} = 22 \text{ N}$$

$$T' - f_{s1} = m_1 \cdot a \quad F - (T' + f_{s1} + f_{s2}) = m_2 \cdot a$$

$$a = \frac{T' - f_{s1}}{m_1} \quad a = \frac{F - (T' + f_{s1} + f_{s2})}{m_2}$$

$$\frac{T' - f_{s1}}{m_1} = \frac{F - (T' + f_{s1} + f_{s2})}{m_2}$$

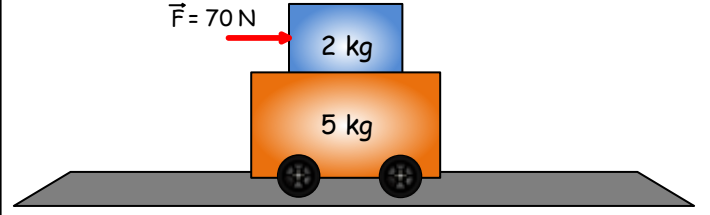
$$\frac{T' - 2}{1} = \frac{100 - (T' + 2 + 22)}{10}$$

$$10(T' - 2) = 100 - T' - 24$$

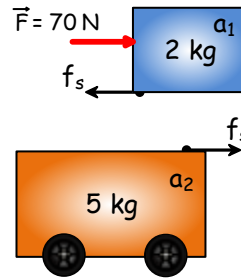
$$10T' - 20 = 76 - T'$$

$$11T' = 96$$

$$T' = 8,73 \text{ N} \quad \rightarrow \quad T = 2T' = 17,45 \text{ N}$$



6) Şekildeki 2 kg'lık cisme 70 N büyüklüğünde sabit kuvvet uygulanıyor. Cisimlerin ivmelerini bulunuz. (Cisimler arasındaki sürtünme katsayısı 0,5 ve zemin sürtünmesizdir.)



5 kg kütleli cismi hareket ettiren kuvvet sürtünme kuvvetidir. Buna göre 5 kg kütleli cismin kazanacağı ivme;

$$f_s = 5a$$

$$0,5 \cdot 2 \cdot 10 = 5a$$

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

Buna göre, cisimlerin birlikte hareket edebilmeleri için uygulanabilecek maksimum kuvvet,  $F = (2+5) \cdot 2 = 14 \text{ N}$  olur.  $70 \text{ N} > 14 \text{ N}$  olduğundan cisimler farklı ivmelerle hareket ederler.

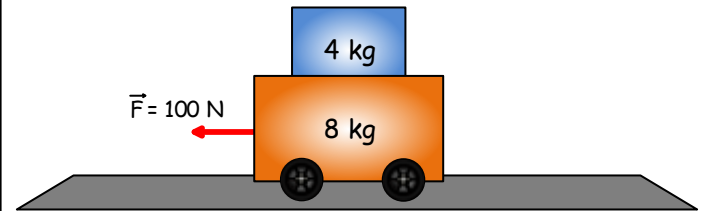
$$70 - f_s = 2a_1 \quad f_s = 5a_2$$

$$70 - 0,5 \cdot 2 \cdot 10 = 2a_1 \quad 10 = 5a_2$$

$$70 - 10 = 2a_1 \quad a_2 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$60 = 2a_1$$

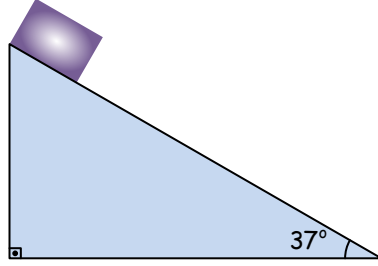
$$a_1 = 30 \text{ m/s}^2$$



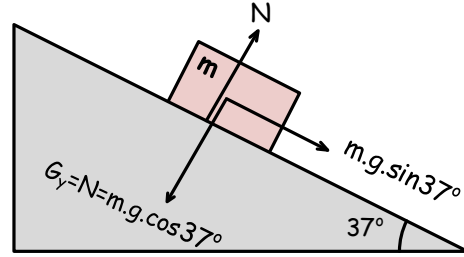
7) Kütleleri verilen cisimler sürtünme katsayısının 0,1 olduğu düzlemde şekildeki gibi üst üste konuluyor ve 100 N'luk kuvvetle çekiliyor. Cisimler beraber hareket ettiğine göre,

- Sistemin ivmesini
- 4 kg ve 8 kg'lık cisimler arasındaki sürtünme katsayısını bulunuz.

$$\begin{aligned} \text{a) } F - f_s &= (m_1 + m_2) \cdot a & \text{b) } f_s &= 4a \\ 100 - 0,1(8+4) &= (4+8) \cdot a & k \cdot 4 \cdot 10 &= 4 \cdot \frac{22}{3} \\ 88 &= 12a & k &= \frac{22}{30} = \frac{11}{15} \\ a &= \frac{22}{3} \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

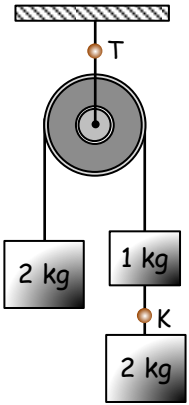
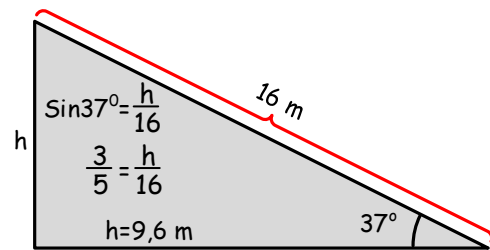
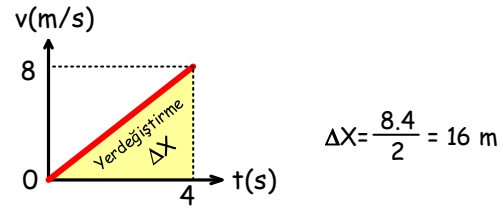


9) 2 kg'lık bir cisim sürtümlü eğik düzlemde, eğik düzlemin tepesinden serbest bırakılıyor. Cisim 4 s'de aşağıya indiğine göre eğik düzlemin yüksekliğini bulunuz (Sürtünme katsayısı 0,5).

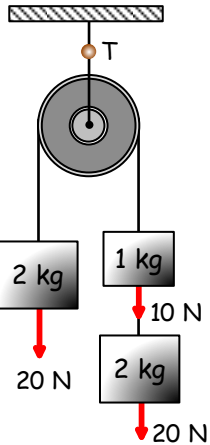


$$\begin{aligned} m \cdot g \cdot \sin 37^\circ - k \cdot m \cdot g \cdot \cos 37^\circ &= m \cdot a \\ g \cdot \sin 37^\circ - k \cdot g \cdot \cos 37^\circ &= a \\ 10(0,6 - 0,5 \cdot 0,8) &= a \\ a &= 2 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

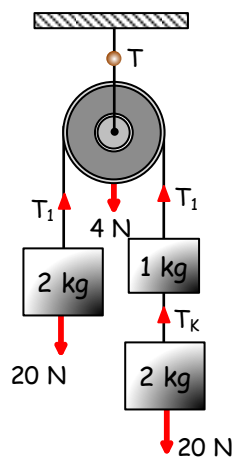
Cismin hızı her saniyede 2 m/s artar. Buna göre 4 saniye sonra hızı 8 m/s olur. Hız-zaman grafiğinin altındaki alan cismin 4 saniyede aldığı yola eşit olur.



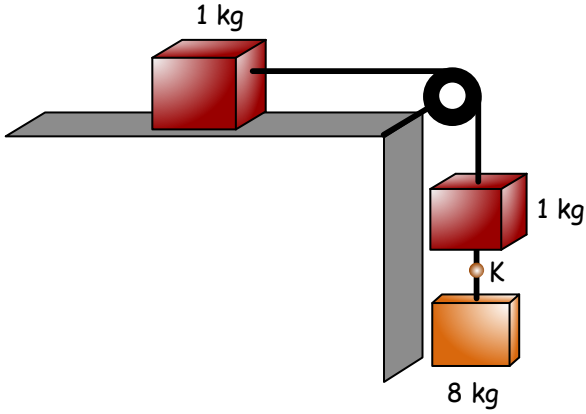
8) Şekildeki 4 N ağırlığındaki makara ile kurulan sürtünmesiz sistem serbest bırakılıyor.  
a) Sistemin ivmesini bulunuz.  
b) K ve T ip gerilmesini bulunuz.



$$\begin{aligned} \text{a) } F_{\text{net}} &= (m_1 + m_2 + m_3) \cdot a \\ (20 + 10 - 20) &= (2 + 1 + 2) \cdot a \\ 10 &= 5a \\ a &= 2 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

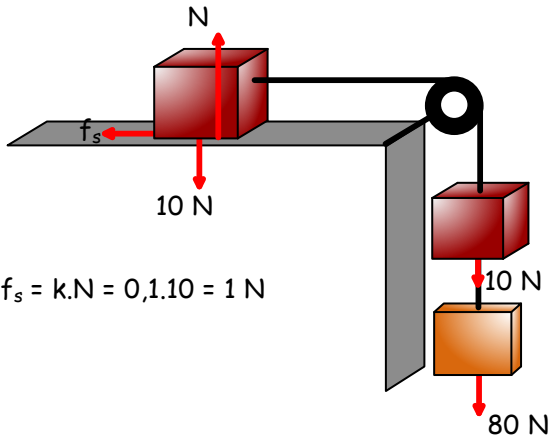


$$\begin{aligned} \text{b) } 20 - T_K &= 2a \\ 20 - T_K &= 2 \cdot 2 \\ T_K &= 16 \text{ N} \\ T_1 - 20 &= 2a \\ T_1 - 20 &= 2 \cdot 2 \\ T_1 &= 24 \text{ N} \\ T &= 4 + 2T_1 = 4 + 48 = 52 \text{ N} \end{aligned}$$



10) Kütleleri 8 kg, 1 kg ve 1 kg olan cisimler sürtünmeli ortamda şekildeki gibi bağlandıktan sonra serbest bırakılıyor. (1 kg'lık cisim ile zemin arasındaki sürtünme katsayısı 0,1)

- a) Sistemin ivmesini bulunuz.  
b) Sistem hareket hâlindeyken ip K noktasından koparsa 1 kg kütleli cisimlerin ve 8 kg'lık cismin ivmelerini bulunuz.



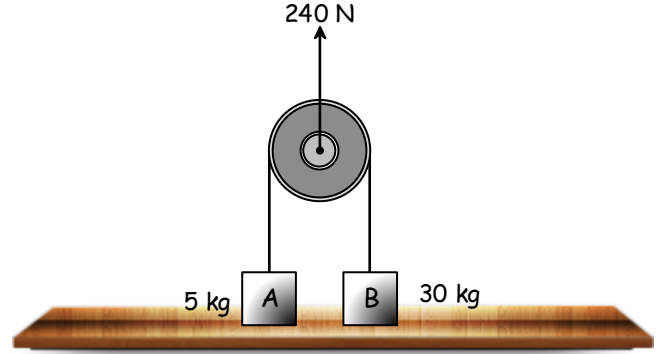
$$f_s = k \cdot N = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ N}$$

- a)  $F_{\text{net}} = 80 + 10 - 1 = m_T \cdot a$   
 $89 = (1 + 1 + 8) \cdot a$   
 $89 = 10a$   
 $8,9 \text{ m/s}^2 = a$
- b) 8 kg kütleli cisim ip koptuktan sonra yerçekimi kuvvetinin etkisinde yerçekimi ivmesiyle hareket eder.  
 $a_B = 10 \text{ m/s}^2$

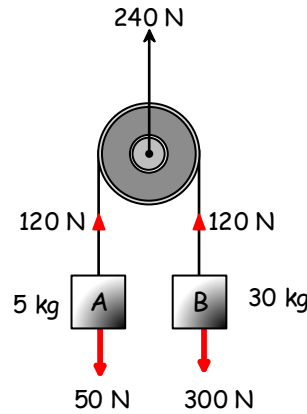
1 kg kütleli cisimler  $10 - 1 = 9 \text{ N}$  net kuvvetin etkisinde hareket ederler.

$$F_{\text{net}} = m_T \cdot a_1 \quad 4,5 \text{ m/s}^2 = a_1$$

$$9 = (1 + 1) \cdot a_1$$



11) Ağırlıksız makaraya bağlı 30 kg ve 5 kg kütleli cisimler şekildeki gibi 240 N'luk sabit kuvvetle çekiliyor. Cisimlerin ivmelerini bulunuz.

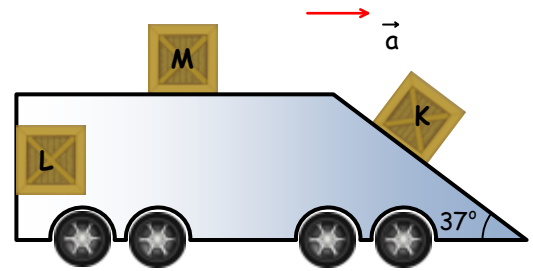


$120 \text{ N} < 300 \text{ N}$  olduğundan B cismi hareket edemez.  
 $a_B = 0$

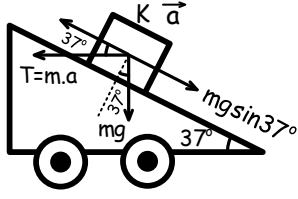
$$120 - 50 = 5 a_A$$

$$70 = 5 a_A$$

$$a_A = 14 \text{ m/s}^2$$



12) Şekildeki araç  $\vec{a}$  ivmesiyle hızlandığında özdeş cisimler buldukları konumda dengede kalıyor. Eğik düzlemde bulunan K cismi sürtünmesiz düzlemde dengede kalmaktadır. Buna göre sürtünmeli düzlemde bulunan L ve M cisimlerinin buldukları yüzeylerdeki sürtünme katsayılarının oranı  $k_L / k_M$  oranını bulunuz.

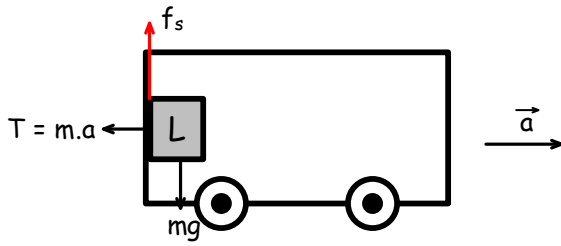


Cismin kaymadan dengede kalması için cismin ağırlığı ve eylemsizlik kuvvetinin eğik düzlem doğrultusundaki bileşenleri eşit ve zıt yönlü olmalıdır.

$$T \cdot \cos 37^\circ = mg \cdot \sin 37^\circ$$

$$m \cdot a \cdot \cos 37^\circ = mg \cdot \sin 37^\circ$$

$$a = \frac{g \cdot \sin 37^\circ}{\cos 37^\circ} = \frac{g \cdot 0,6}{0,8} = \frac{3g}{4}$$



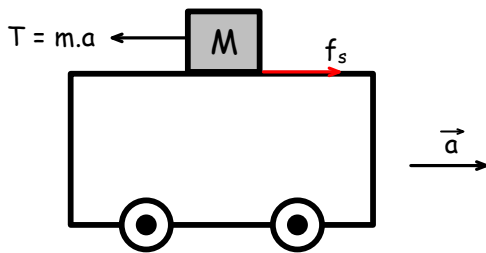
Araba  $a$  ivmesi ile hızlanırken eylemsizlik kuvveti cismi arabanın yüzeyine dik bastırır. Cismin düşmemesi için  $f_s \geq G$  olmalıdır.

$$f_s = mg$$

$$k_L \cdot N = m \cdot g \quad (N = F_{ey} = m \cdot a)$$

$$k_L \cdot m \cdot a = m \cdot g$$

$$k_L = \frac{g}{a} = \frac{g}{\frac{3g}{4}} = \frac{4}{3}$$



$$f_s = ma$$

$$k_M \cdot N = m \cdot a$$

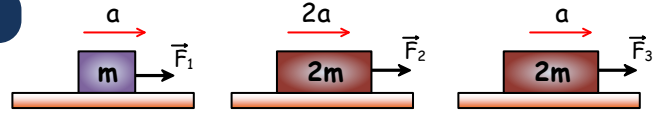
$$k_M \cdot m \cdot g = m \cdot a$$

$$k_M = \frac{a}{g} = \frac{\frac{3g}{4}}{g} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{k_L}{k_M} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{3}{4}} = \frac{16}{9}$$

## TEST SORULARI

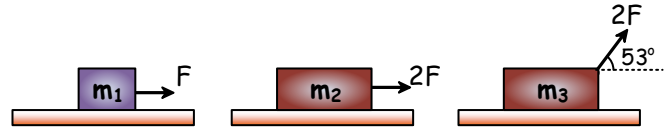
1



Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan  $m$ ,  $2m$ ,  $2m$  kütleli cisimlere,  $F_1$ ,  $F_2$  ve  $F_3$  kuvvetleri şekildeki gibi uygulanıyor.

Cisimler,  $a$ ,  $2a$ ,  $a$  ivmelerini kazandıklarına göre  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  kuvvetleri arasında nasıl bir ilişki vardır?

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



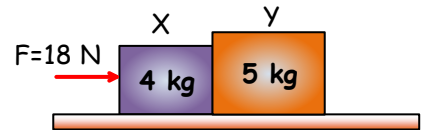
Sürtünmesiz yatay düzlemde durmakta olan  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  kütleli cisimlere aynı anda  $F$ ,  $2F$  ve  $2F$  kuvvetleri şekildeki gibi uygulanıyor.

Cisimlerin hızları her an eşit olduğuna göre  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  arasında nasıl bir ilişki vardır?

( $\sin 53^\circ = 0,8$ ;  $\cos 53^\circ = 0,6$ )

- A)  $m_2 = m_3 > m_1$     B)  $m_3 > m_2 > m_1$     C)  $m_2 > m_1 > m_3$   
D)  $m_2 > m_3 > m_1$     E)  $m_1 > m_2 > m_3$

3

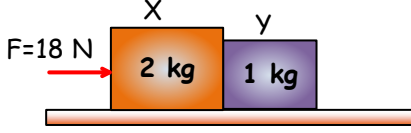


Sürtünmesiz yatay düzlemde şekildeki gibi birbirine dokunacak biçimde konmuş X ile Y küpü  $18$  N'luk yatay kuvvetle itiliyor.

Buna göre hareket süresince X küpü Y küpünü kaç N'luk kuvvetle iter?

- A) 8    B) 9    C) 10    D) 14    E) 18

4

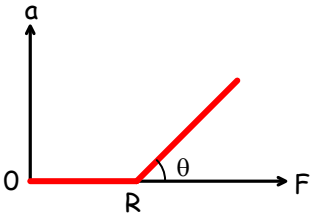


Sürtünmesiz yatay düzlemde şekildeki gibi birbirine dokunacak biçimde konmuş X ile Y küpü 18 N'luk yatay kuvvetle itiliyor.

Cisimlerle yol arasındaki sürtünme katsayısı 0,2 olduğuna göre Y küpü X küpüne kaç N'luk tepki gösterir?

- A) 12    B) 9    C) 8    D) 6    E) 3

5



Sürtünlü yatay yolda durmakta olan cisme etki eden yatay kuvvetlerle cismin ivmesi arasındaki ilişki grafikteki gibidir.

R,  $\theta$  ve g yer çekimi ivmesi bilindiğine göre;

m; cismin kütlesi

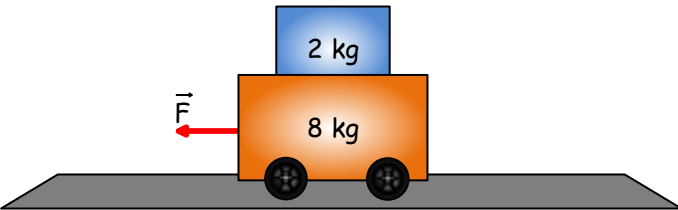
$f_s$ ; sürtünme kuvveti

k; sürtünme katsayısı

niceliklerinden hangileri bulunabilir?

- A) Yalnız  $f_s$     B) m ve  $f_s$     C) k ve  $f_s$   
D) m ve k    E) k, m ve  $f_s$

6

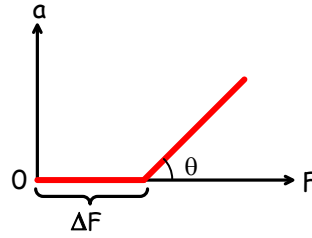


Sürtünmesiz yatay yoldaki cisimler arasındaki sürtünme katsayısı 0,3'tür.

Araba yatay F kuvvetiyle çekildiğinde cisim kaymadan durduğuna göre, kuvvetin en büyük değeri kaç N'dur?

- A) 30    B) 24    C) 18    D) 12    E) 6

7



Sürtünlü yatay yolda durmakta olan cisme etki eden yatay kuvvetlerle cismin ivmesi arasındaki ilişki grafikteki gibidir.

Cismin kütlesi arttırıldığında  $\Delta F$  ve  $\theta$  nicelikleri için ne söylenebilir?

	$\Delta F$	$\theta$
A)	Küçülür	Küçülür
B)	Büyür	Küçülür
C)	Büyür	Değişmez
D)	Değişmez	Büyür
E)	Değişmez	Değişmez

8

Hareket yönü



Düzenli hızlanarak hareket eden kamyonun, duşey duvarında bırakılan cisim kaymadan duruyor.

Cismin kaymaması,

a; kamyonun ivmesi

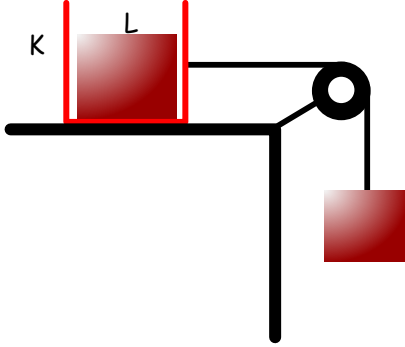
k; kamyonun duvarı ile cisim arasındaki sürtünme katsayısı

m; cismin kütlesi

niceliklerinden hangilerine bağlıdır?

- A) Yalnız a    B) m ve k    C) a ve m  
D) a ve k    E) k, m ve a

9

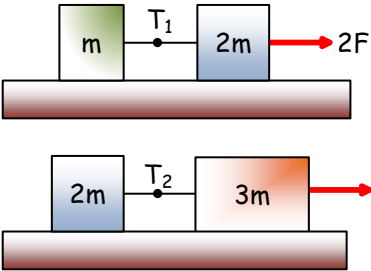


Şekildeki sürtünmesiz sistemde her birinin kütlesi  $m$  olan K ve L cisimleri iç içe iken sistem  $g/3$  ivmesiyle hareket ediyor.

L cismi sistemden alındığında sistemin ivmesi ne olur?

- A)  $\frac{g}{3}$  B)  $\frac{g}{2}$  C)  $\frac{2g}{3}$  D)  $\frac{3g}{4}$  E)  $\frac{5g}{6}$

10

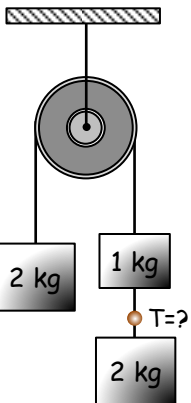


Sürtünmesiz yüzeylerde birbirine ipe bağlı cisimler  $2F$  ve  $F$  kuvvetleriyle çekilmektedir.

İplerdeki gerilme kuvvetlerinin  $\frac{T_1}{T_2}$  oranı kaçtır?

- A)  $\frac{5}{8}$  B)  $\frac{5}{3}$  C)  $\frac{4}{3}$  D)  $\frac{7}{4}$  E)  $\frac{1}{2}$

11



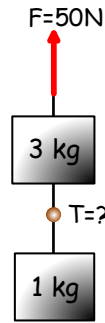
Şekildeki sürtünmesiz sistem serbest bırakılıyor.

Buna göre ipteki T gerilme kuvveti kaç N'dur?

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

- A) 10 B) 12 C) 16  
D) 24 E) 28

12

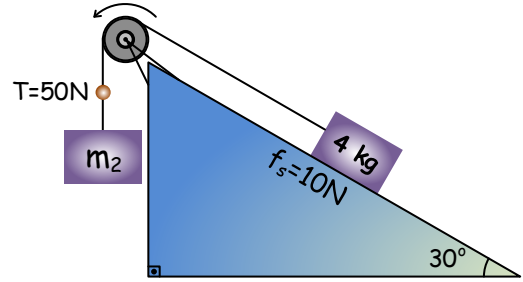


Şekildeki sistem düşey 50 N'luk kuvvetle çekildiğine göre ipteki T gerilme kuvveti kaç N'dur?

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

- A) 7,5 B) 10 C) 12,5  
D) 15 E) 20

13



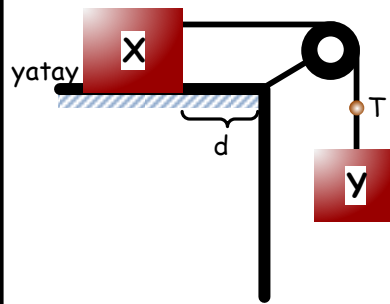
Şekilde kesiti verilen eğik düzlemde 4 kg kütleli cisim ile düzlem arasındaki sürtünme kuvveti 10 N'dur.

Sistem ok yönünde hareket ederken ipteki gerilme kuvveti 50 N olduğuna göre  $m_2$  kütlesi kaç kg dır?

( $g=10 \text{ m/s}^2$ ) ( $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ ;  $\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ )

- A) 5 B) 6 C) 8 D) 10 E) 12

14



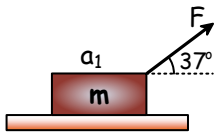
Şekildeki düzenek hareket ederken ipteki T gerilme kuvveti oluşuyor.

Yatay yüzey sürtünmeli olduğuna göre, T kuvveti aşağıda verilenlerin hangisine bağlı değildir?

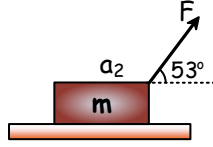
- A) X kütlesi B) Y kütlesi  
C) Yerçekimi ivmesi D) Yolun d uzunluğu  
E) X ile yüzey arasındaki sürtünme katsayısı



15



Şekil-1



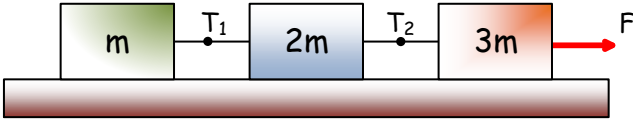
Şekil-2

$m$  kütleli cisimlere sürtünmesiz yüzeyler üzerinde şekillerdeki gibi eşit  $F$  kuvveti etkiliyor. Bu kuvvetlerin kazandığı ivmelerin  $\frac{a_1}{a_2}$  oranı nedir?

( $\sin 37^\circ = 0,6$ ;  $\cos 37^\circ = 0,8$ ) ( $\sin 53^\circ = 0,8$ ;  $\cos 53^\circ = 0,6$ )

- A)  $\frac{3}{4}$  B)  $\frac{4}{3}$  C)  $\frac{3}{5}$  D)  $\frac{4}{5}$  E) 1

16

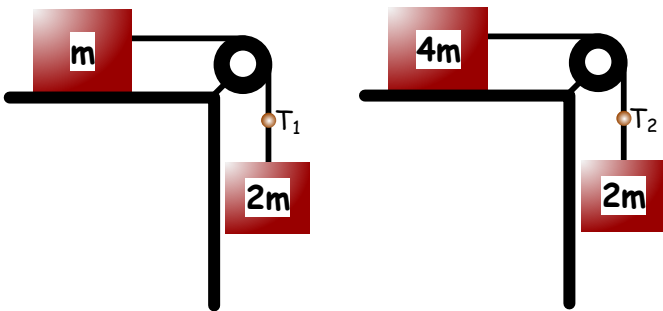


$m$ ,  $2m$ ,  $3m$  kütleli cisimler sürtünmesiz yatay düzlemde durmaktayken yatay  $F$  kuvveti uygulanıyor.

Bu durumda iplerdeki gerilme kuvvetlerinin  $\frac{T_1}{T_2}$  oranı aşağıdakilerden hangisidir?

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

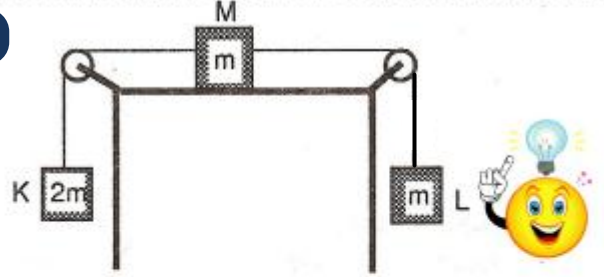
17



Şekildeki sürtünmesiz sistemler serbest bırakıldığında iplerdeki gerilme kuvvetlerinin  $\frac{T_1}{T_2}$  oranı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 1 B)  $\frac{1}{5}$  C)  $\frac{1}{4}$  D)  $\frac{1}{3}$  E)  $\frac{1}{2}$

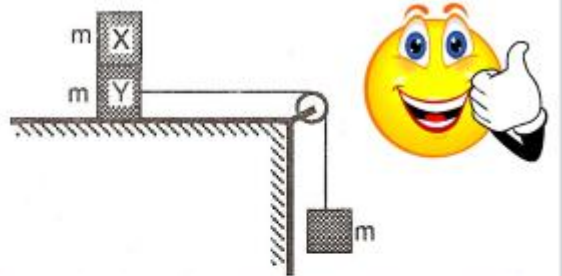
18



Şekildeki düzenek dengededir. Kütleli  $2m$  olan  $K$  cismi,  $m$  kütleli  $L$  cisminin altına bağlanarak serbest bırakılırsa yatay düzlemdeki  $M$  cismi hangi ivme ile hızlanır? (Makaralar sürtünmesiz,  $g$  yerçekimi ivmesidir.)

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

19

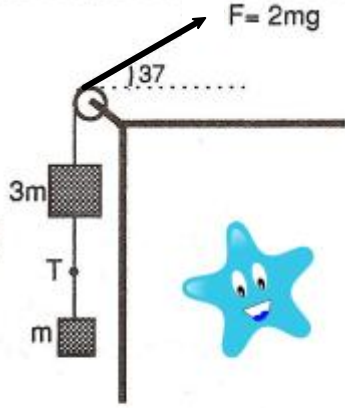


Özdeş  $m$  kütleli cisimlerden oluşan şekildedeki sistemde  $X$  cismi  $Y$  üzerinde kaymadan durabilmektedir. Diğer bölümler sürtünmesiz olduğuna göre,  $X$  ile  $Y$  arasındaki sürtünme kuvveti  $m$  ve  $g$  cinsinden nedir?

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

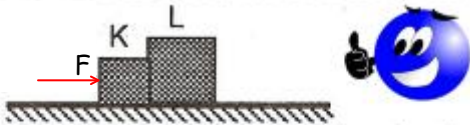
20

Şekildeki sürtünmesiz sistemde kütlelere  $F = 2mg$  lik kuvvet uygulanıyor. Cisimler arasındaki ipteki  $T$  gerilme kuvveti kaç  $mg$  olur?



- A) 1    B)  $\frac{1}{2}$     C)  $\frac{1}{3}$     D)  $\frac{1}{4}$     E)  $\frac{1}{5}$

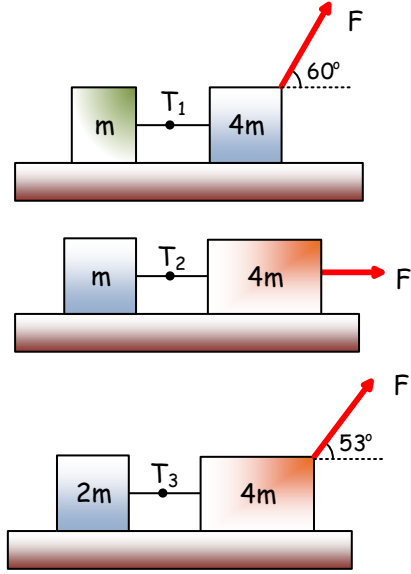
21



Sürtünmesiz yatay düzlemdeki K ve L cisimlerinden K ye, yatay  $F$  kuvveti uygulanıyor. Bu durumda L nin K ye uyguladığı tepki kuvveti  $\frac{3F}{5}$  olduğuna göre, cisimlerin kütleleri oranı  $\frac{m_K}{m_L}$  nedir?

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

22

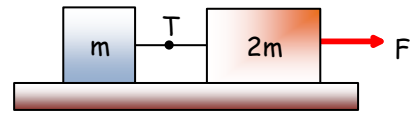


Sürtünmesiz ortamlarda birbirine bağlı cisim çiftleri şekillerdeki gibi  $F$  kuvvetleriyle çekilmektedirler. Cisimleri birbirine bağlayan iplerdeki gerilme kuvvetleri  $T_1, T_2, T_3$  arasında nasıl bir ilişki vardır?

$$\left( \cos 60^\circ = \frac{1}{2} ; \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \quad (\sin 53^\circ = 0,8 ; \cos 53^\circ = 0,6)$$

- A)  $T_1 = T_2 = T_3$     B)  $T_1 = T_2 > T_3$     C)  $T_1 < T_2 = T_3$   
D)  $T_1 > T_2 > T_3$     E)  $T_1 < T_2 < T_3$

23



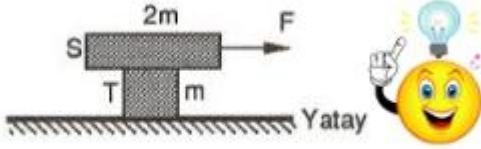
$$f_s = F/6$$

Sürtünlü yatay düzlemde cisimler  $F$  kuvveti ile çekiliyor.

$m$  cismi ile yüzey arasındaki sürtünme kuvveti  $F/6$  olduğuna göre cisimleri birbirine bağlayan ipteki gerilme kuvveti kaç  $F$ 'dir?

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

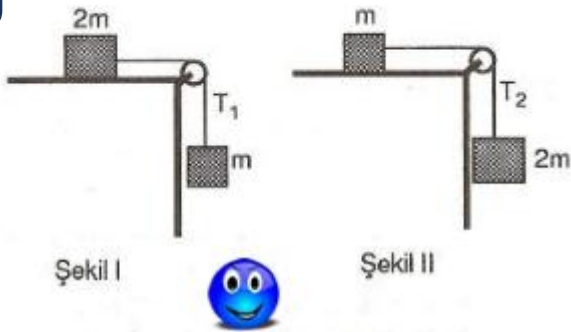
24



Sürtünmesiz yatay düzlemde,  $m$  kütleli  $T$  cisminin üzerindeki  $2m$  kütleli  $S$  cismine, yatay ve sabit  $F$  kuvveti uygulanıyor.  $S$ ,  $T$  üzerinden kaymadan birlikte hareket ettiğine göre aralarındaki sürtünme kuvveti  $F$  cinsinden nedir?

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

25



Şekil I deki sistem sabit hızla hareket etmektedir. İpteki gerilme  $T_1$  dir. Aynı düzlemde şekil II deki gibi cisimler yer değiştirince ipteki gerilme  $T_2$  ise  $\frac{T_1}{T_2}$  oranı kaçtır?

- A) 5    B) 4    C) 3    D) 2    E) 1

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

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

- 21) D  
22) C  
23) B  
24) D  
25) E