



# FİZİK I

## BÖLÜM 5: NEWTON'UN HAREKET YASALARI

## **Ders kaynakları:**

- 1. Serway Fizik I, Türkçesi (Farklı Baskılar).**
- 2. Temel Fizik I, Fishbane, Gasiorowicz ve Thornton, Türkçesi., 2013.**
- 3. Mühendisler ve Fen Bilimciler İçin FİZİK, Yusuf Şahin, Muhammed Yıldırım. 2. Baskı, 2019.**
- 4. Üniversiteler İçin Fizik, Bekir Karaoğlu, 3. Baskı, 2015.**

# ÖĞRENİM KONULARI

- Kuvvet Kavramı ve Etkileşimler;
- Doğadaki temel kuvvetler;
- Evrensel kütle çekim yasası;
- Ağırlık; Newton'un birinci yasası ve Eylemsiz Sistemler;
- Kütle; Newton'un ikinci yasası;
- Kütle, Ağırlık ve çekim kuvveti;
- Newton'un üçüncü yasası;
- Sürtünme kuvvetleri;
- Serbest Cisim diyagramları

## 5.1. Kuvvet Kavramı

Günlük hayatta hemen hepimizin kuvvet ile ilgili bir fikri vardır. bir cismi ittiğimizde veya çektiğimizde ona kuvvet uygulamış oluruz. **Newton** bir cismin hızındaki değişmeye ancak bir kuvvetin sebep olacağını söyler. Cismin hızındaki değişimde ivmeyi doğuracağından, aslında ivmelenmenin nedeninin kuvvet olduğunu düşünebiliriz.

Bir cisim üzerine uygulanan ***net kuvvet***, ona uygulanan kuvvetlerin vektörel toplamı olarak tanımlanır. Net kuvvet yerine *bileşke kuvvet*, *toplam kuvvet* veya *dengelenmiş kuvvet* kavramları da kullanılır.

Dolayısıyla kuvvetin özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kuvvet bir itme veya çekmedir.
- Kuvvet iki cismin arasında veya bir cisim ile çevresi arasındaki etkileşimdir.
- Kuvvet yönü ve büyüklüğü olan bir niceliktir.

**\*\* Buna göre kuvvet vektörel bir niceliktir.**

- Net kuvvet sıfır ise ivme de sıfır olur, ve cismin hızı değişmez.
- Cismin hızı sabit veya durgun halde iken, cismin dengede olduğu söylenir.

## 5.1. Kuvvet Kavramı

Bir cisme birden fazla kuvvet aynı anda etki ediyorsa bu kuvvetlerin toplamı olan net kuvveti bulmak gerekir. Bu *net* (toplam, bileşke veya dengelenmiş) kuvvet o cisme uygulanan kuvvetlerin vektörel toplamıdır.

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \sum \vec{F}$$

$$\vec{R}_x = \sum \vec{F}_x \quad \vec{R}_y = \sum \vec{F}_y$$

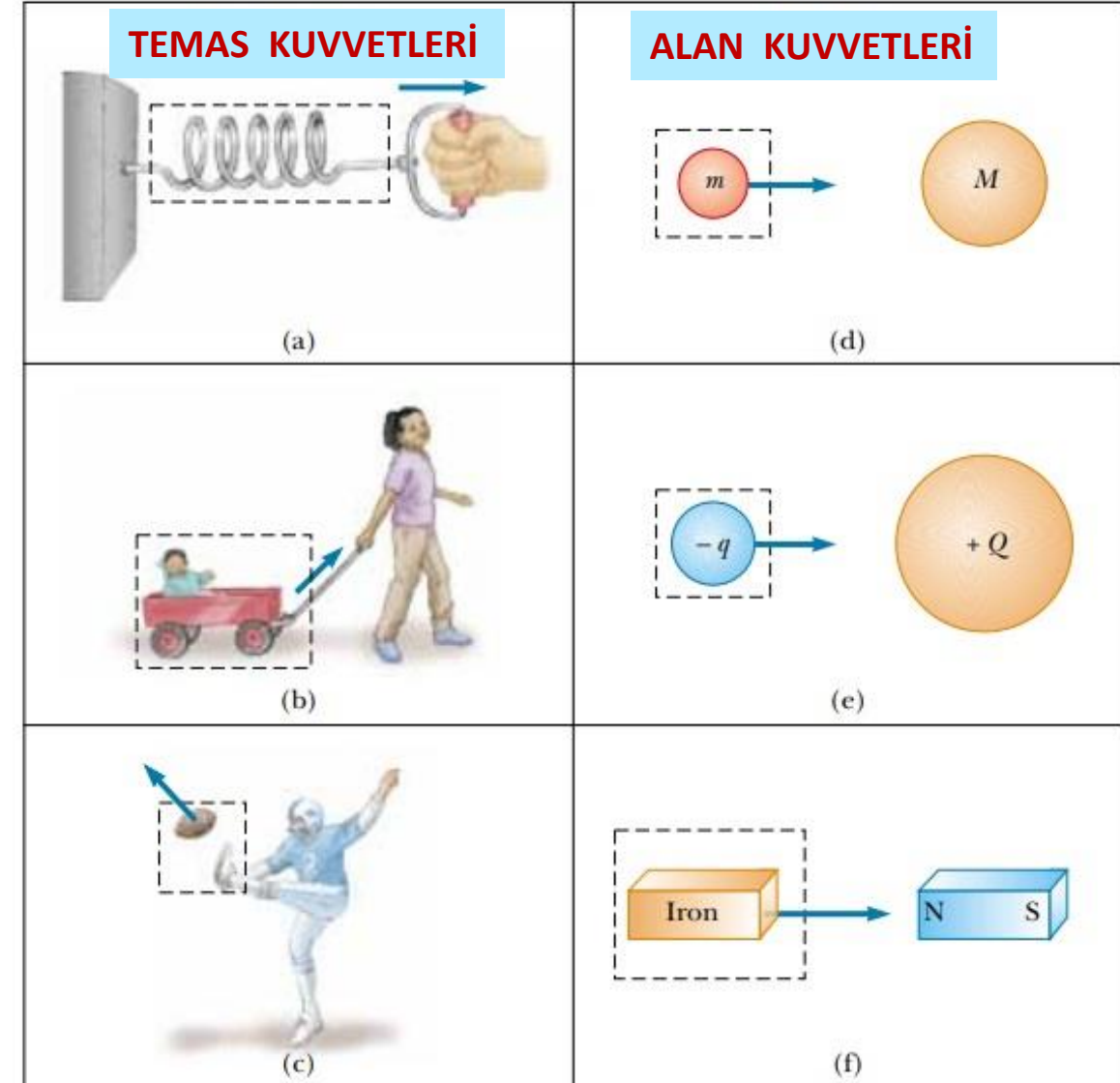
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

Cisme uygulanan net kuvvet sıfır ise cismin hızı değişmez, yani ivmesi *sıfır* ( $a=0$ ) olur. Yani cisim *dengededir*.

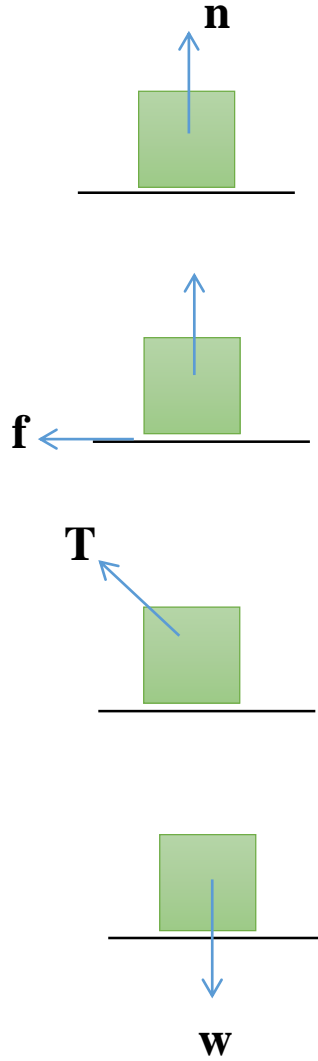
## 5.1. Kuvvet Kavramı

Kuvvetleri *temas ve alan kuvvetler* olmak üzere iki kısma ayırabiliriz.

- Temas kuvvetleri; iki cisim arasındaki temas yani değme sonucu ortaya çıkan kuvvetlerdir.
- Alan kuvvetleri ise; cisimler arasında temas olmaksızın meydana gelen kuvvetlerdir.



## 5.1. Kuvvet Kavramı



### Dört yaygın kuvvet türü

a) Normal kuvvet  $n$ : bir cisim bir yüzey üzerinde duruyorsa yüzey de cisme yüzeye dik bir itme uygular.

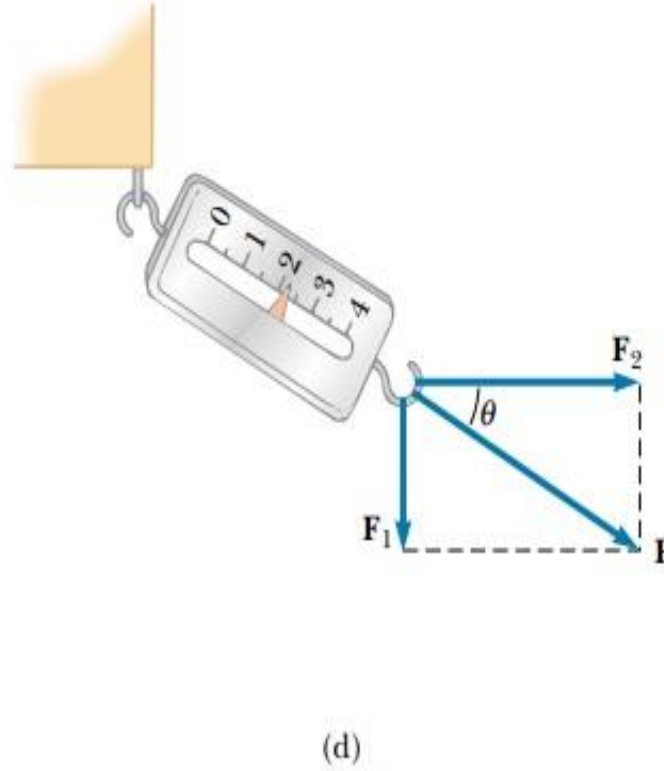
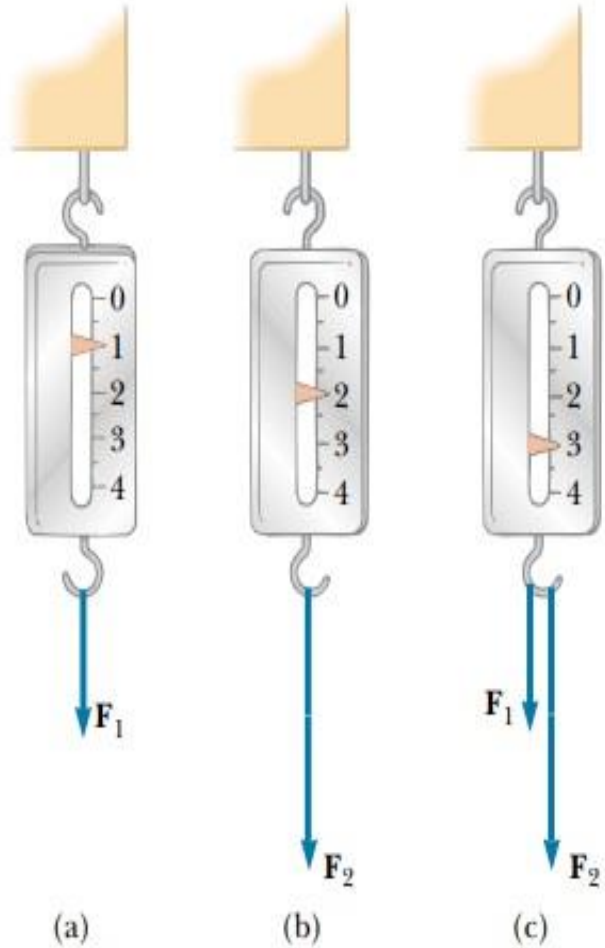
b) Sürtünme kuvveti  $s$ : normal kuvvete ek olarak yüzey ile cisim arasındaki kuvvettir.

c) Gerilim kuvveti  $T$ : bir cisme tel, ip vb. ile uygulanan çekme kuvvetidir.

d) Ağırlık  $w$ : yerin bir cisim üzerindeki çekim kuvvetidir.

# 5.1. Kuvvet Kavramı

## Kuvvetin şiddetinin ölçülmesi



Yandaki şekilde F1 kuvveti yayı 1 cm geriyor.  
Ve diğer kuvvetler ise yayın gösterdiği değerlerdir.  
F kuvvetinin büyüklüğünü bulalım;

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$F = \sqrt{1^2 + 2^2}$$

$$F = \sqrt{5} = 2,24cm$$



## 5.2. Newton'un Birinci Yasası ve Eylemsiz Sistemler

Bir cisme uygulanan net kuvvet sıfır ise, cisim hareketli ise sabit hızlı hareket, duruyor ise durgunluğuna devam eder. Bu durum cismin dengede olduğunu gösterir. Newton; cismin hızındaki değişmeye ancak bir kuvvet neden olur. Hızdaki değişimde ivme olduğundan, ivme ile kuvvet arasında orantı vardır. Cisme etki eden birden fazla kuvvet varsa net kuvvete bakarız.

$$\sum \vec{F} = 0$$

Bu yasaya göre duran bir cisim ile sabit hızlı hareket eden bir cisim *eş değerdir*. Doğrusal bir yolda 100 km/sa hızla giden araba içerisinde bir yolcu fincanına kahvesini kolayca doldurabilir. Fakat sürücü hızlanır, frene basar veya direksiyonu bir tarafa çevirirse artık ivmelenmiştir ve araba artık eylemsiz değildir.

Bu durum eylemsizdir. *Eylemsizlik*; bir cismin hızında meydana gelecek değişime karşı koyma eğilimine denir. Ve *eylemsiz bir gözlem çerçevesi ivmesiz bir referans sistemidir*.

### KÜTLE

Cismin sahip olduğu eylemsizliğin bir ölçüsüdür. Cismin değişmeyen bir özelliği olup skaler bir niceliktir.

## 5.3. Newton'un İkinci Yasası

Bir cisme net bir kuvvet etki ederse, cisim net kuvvet yönünde ivmelenir. İvmenin büyüklüğü cisme uygulanan net kuvvet ile doğru, kütlesi ile ters orantılıdır.

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

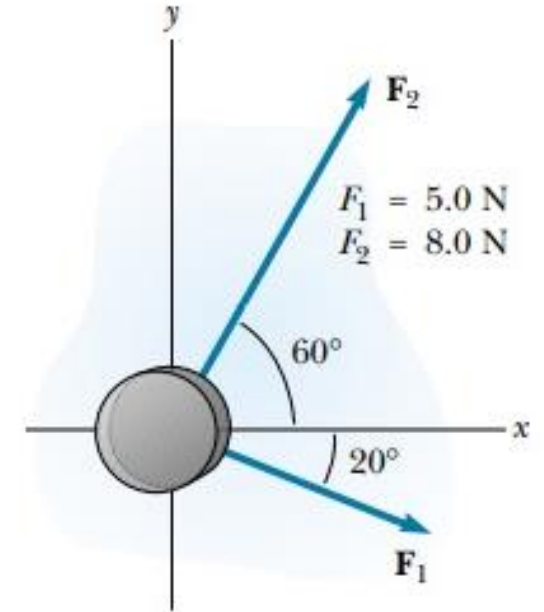
$$\sum \vec{F}_x = m \cdot \vec{a}_x$$

$$\sum \vec{F}_y = m \cdot \vec{a}_y$$

$$\sum \vec{F}_z = m \cdot \vec{a}_z$$

**Soru:** Birim kuvvetin değerini ve birimini belirleyin. 1N=?

**Örnek:** Sürtünmesiz buz düzlemde kayan 0,3 kg kütleli buz hokeyine şekildeki gibi iki kuvvet etki etmektedir. Diskin ivmesinin büyüklüğünü ve yönünü bulunuz.



## 5.3. Newton'un İkinci Yasası

### Çözüm:

X ve y yönündeki toplam kuvvet bulunur. Ve bu 2. kanundan faydalanarak her iki yönde ivmenin bileşenleri bulunabilir.

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} \Rightarrow a_x = \frac{\sum F_x}{m}$$
$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} \Rightarrow a_y = \frac{\sum F_y}{m}$$

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_{1x} + F_{2x} = F_1 \cos(-20^\circ) + F_2 \cos 60^\circ \\ &= (5.0 \text{ N})(0.940) + (8.0 \text{ N})(0.500) = 8.7 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_y &= F_{1y} + F_{2y} = F_1 \sin(-20^\circ) + F_2 \sin 60^\circ \\ &= (5.0 \text{ N})(-0.342) + (8.0 \text{ N})(0.866) = 5.2 \text{ N}\end{aligned}$$

$$a_x = \frac{\sum F_x}{m} = \frac{8.7 \text{ N}}{0.30 \text{ kg}} = 29 \text{ m/s}^2$$

$$a_y = \frac{\sum F_y}{m} = \frac{5.2 \text{ N}}{0.30 \text{ kg}} = 17 \text{ m/s}^2$$

$$a = \sqrt{(29)^2 + (17)^2} \text{ m/s}^2 = 34 \text{ m/s}^2$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{a_y}{a_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{17}{29}\right) = 30^\circ$$

## 5.4. Ağırlık ve Çekim Kuvveti

Cisimlerin dünyaya doğru çekildiğine hemen her gün şahit olmuşuzdur. Bir cisme dünyanın uyguladığı kuvvet, **çekim kuvveti** olarak adlandırılır. Yerin merkezine doğru olan bu kuvvetin büyüklüğüne cismin **ağırlığı** denir. Bu F kuvvetinin büyüklüğü yine 2. yasadan faydalanarak;

$$\sum F = ma = F_g = mg$$

$$W = m.g$$

$$G = m.g$$

**Örnek:** A) Ağırlığınızı hesaplayınız. ( $g=9,8$ ). B) Mars daki ağırlığınız dünyadaki  $\frac{1}{4}$  ü ise Mars için  $g$  kaçtır?

**Newton'un evrensel kütle çekim yasası;** evrendeki her parçacık başka bir parçacığı kütlelerinin çarpımı ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olan bir kuvvetle çeker:

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

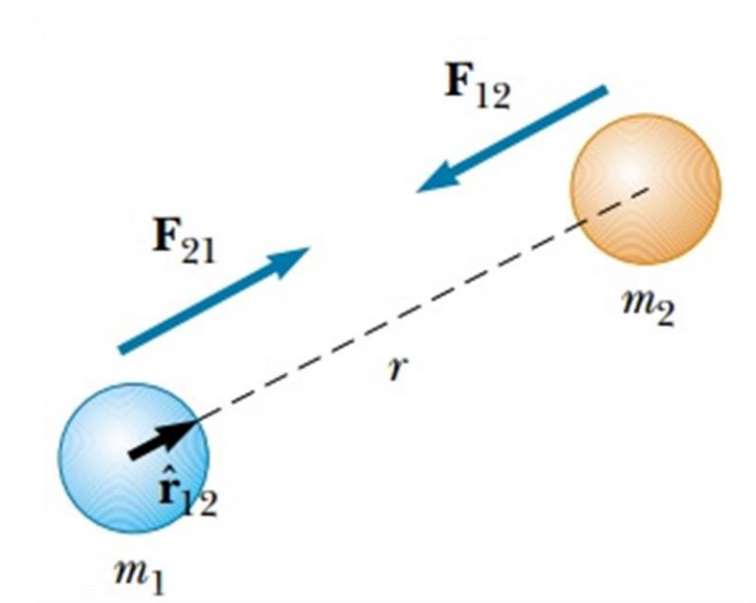
G evrensel kütle çekim sabiti olup değeri;

$$G = 6,67 \times 10^{-11} N.m^2 / kg^2$$

## 5.5. Ağırlık ve Çekim Kuvveti

Şekildeki gibi aralarında  $r$  uzaklığı bulunan iki kütlenin birbirilerine uyguladıkları çekim kuvvetleri şekildeki gibidirler. Bu iki kuvvet birbirine büyüklükçe **eşit ve zıt** yönlerdedir.

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$



Küresel bir kütlenin tüm kütlesi merkezindeki bir nokta olarak kabul edilir ve uygulanan kütle çekim kuvvetinde de aynı mantığın olduğunu kabul edersek, dünyanın yüzeyinde bulunan  $m$  kütleli bir cisme dünyanın uyguladığı kuvvet;

$$F_g = G \frac{M_E m}{R_E^2}$$

Dünyanın kütlesi
Dünyanın yarıçapı

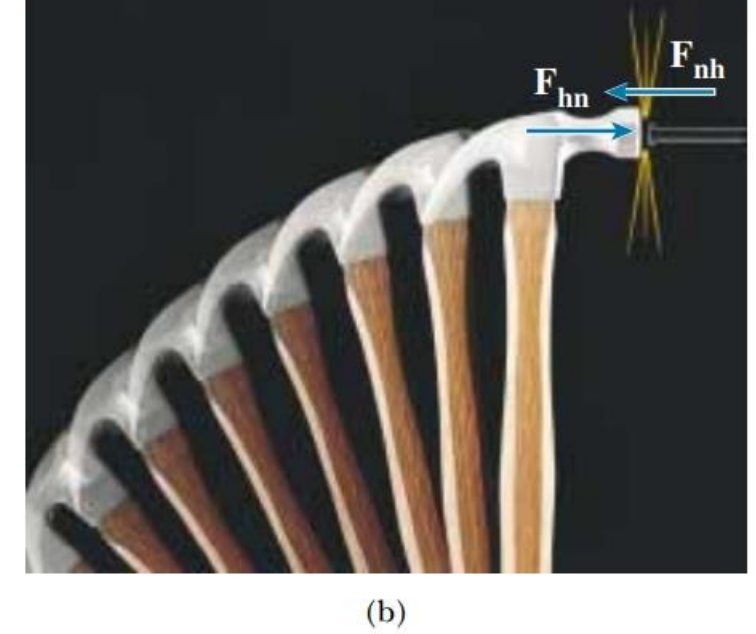
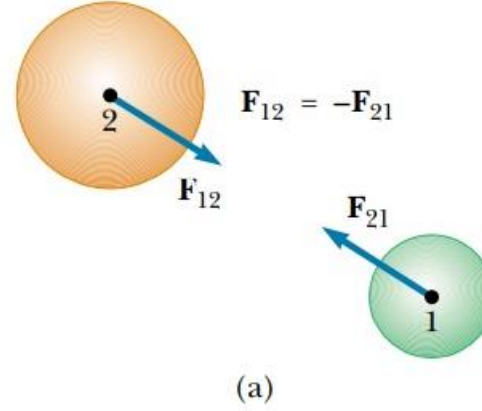
$$F_g = mg$$

## 5.6. Newton'un Üçüncü Yasası

İki cisim etkileşiyor ise ikinci cismin birincisine uyguladığı kuvvet ile birinci cismin ikincisine uyguladığı kuvvete eşit ve zıt yönlüdür. Etki-tepki kuvvetleri olarak da bilinirler.

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

Şekilde a) topların birbirilerine uyguladıkları ve b) çekiç ile çivinin birbirilerine uyguladıkları kuvvetler eşit ve zıt yönlüdür.

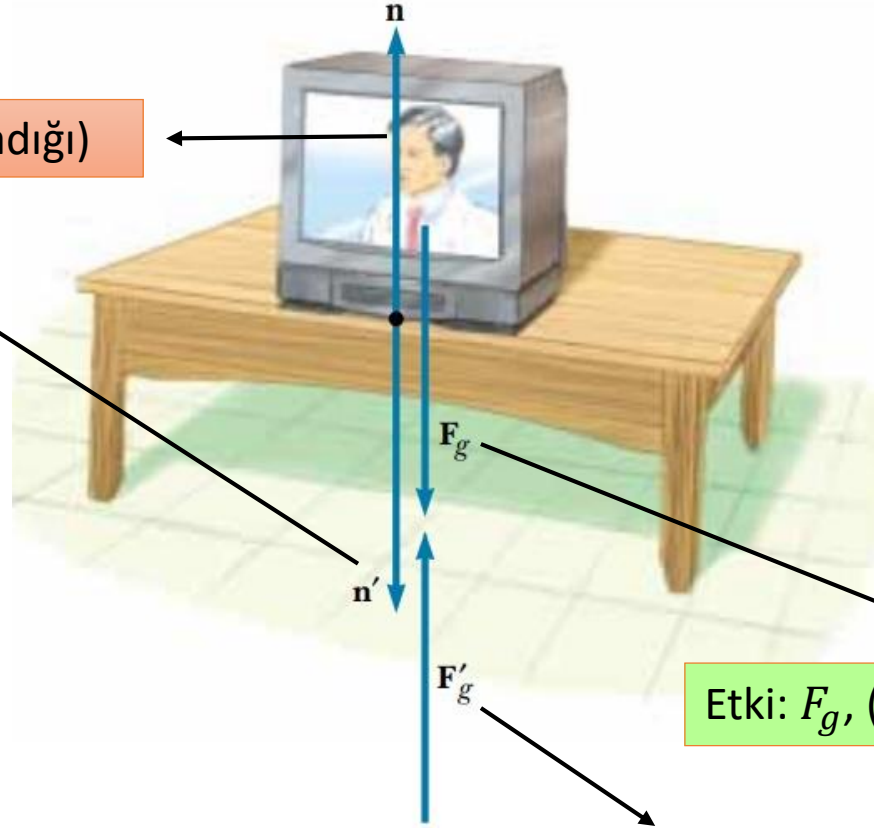


**NOT:** Etki – tepki kuvvetleri daima farklı cisimler üzerine uygulanır (yukarıda şekillerdeki gibi). Tek bir cisme uygulanan birden fazla kuvvet soruları ile karıştırılmamalı.

## 5.6. Newton'un Üçüncü Yasası

Etki:  $n$ , Normal kuvvet (masanın TV ye uyguladığı)

Tepki:  $n'$ , (TV nin masaya uyguladığı)



Etki:  $F_g$ , (Dünya nın TV ye uyguladığı kuvvet)

Tepki:  $F_g'$ , (TV nin Dünya ya uyguladığı kuvvet)



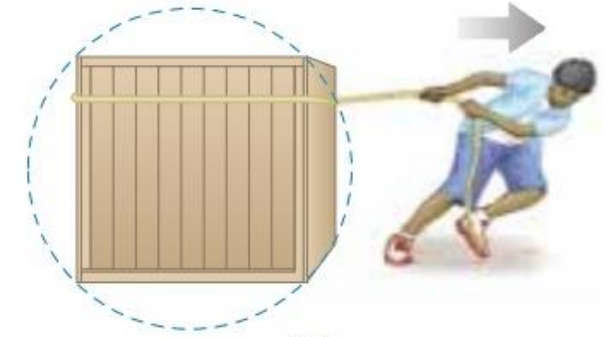
## 5.7. Newton Yasalarının Uygulamaları

Uygulamalarda öncelikli olarak kuvvet diyagramlarını çizmektir. *Kuvvet diyagramı* bir cisme uygulanan tüm kuvvetlerin vektörel olarak gösterildiği diyagramdır.

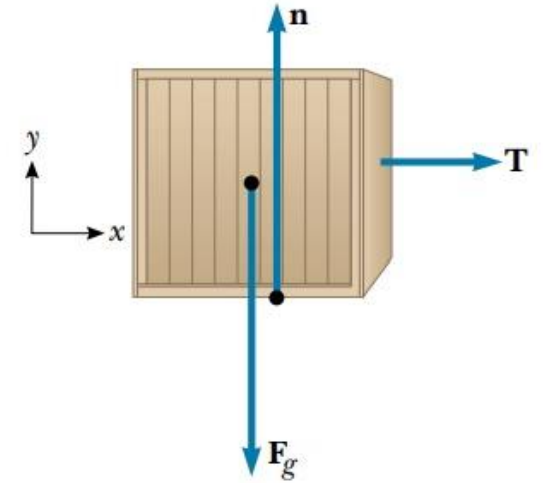
$$\sum F_x = T = ma_x \quad \text{or} \quad a_x = \frac{T}{m}$$

$$\sum F_y = ma_y$$
$$a_y = 0$$

$$n + (-F_g) = 0 \quad \text{or} \quad n = F_g$$

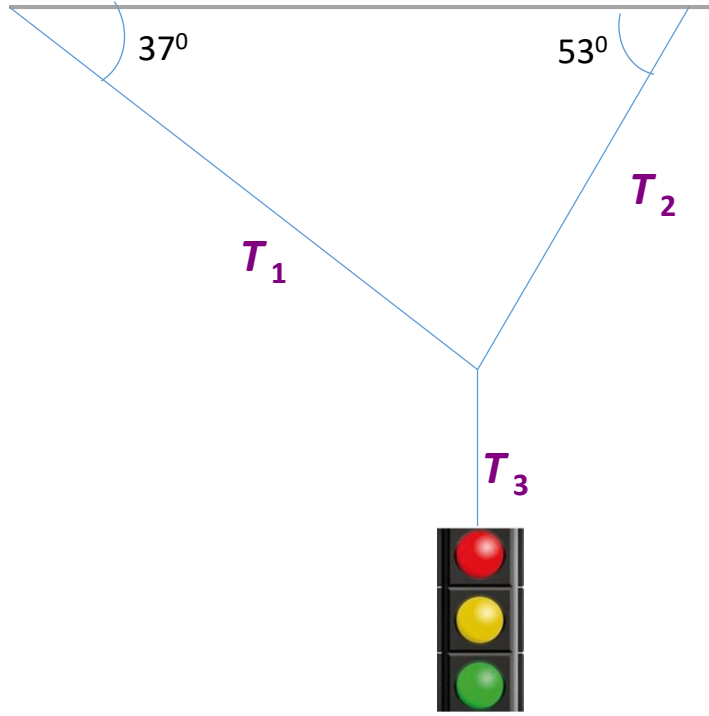


(a)



(b)





**Örnek: Asılı duran bir trafik lambası**  
125 N ağırlığındaki bir levha şekildeki gibi kablolarla bir desteğe asılmıştır. Her üç kablodaki gerilmeyi bulunuz.

**Çözüm:**

Üç kablonun düğüm noktasını referans olarak bir serbest cisim diyagramı çizilir. Levhayı tutan kablo  $T_3$  olduğu için bu kablodaki gerilme 125 N dur.

Sistem dengede, F sağa doğru = F sola doğru.

$$\sum F_x = -T_1 \cos 37^\circ + T_2 \cos 53^\circ = 0$$

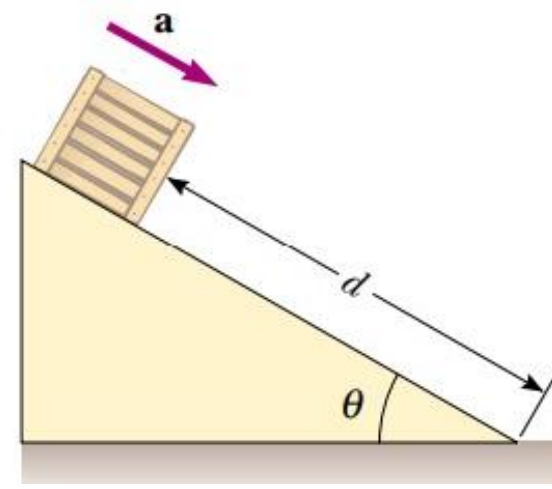
Sistem dengede, F aşağı doğru = F yukarı doğru.

$$\sum F_y = T_1 \sin 37^\circ + T_2 \sin 53^\circ - 125N = 0$$

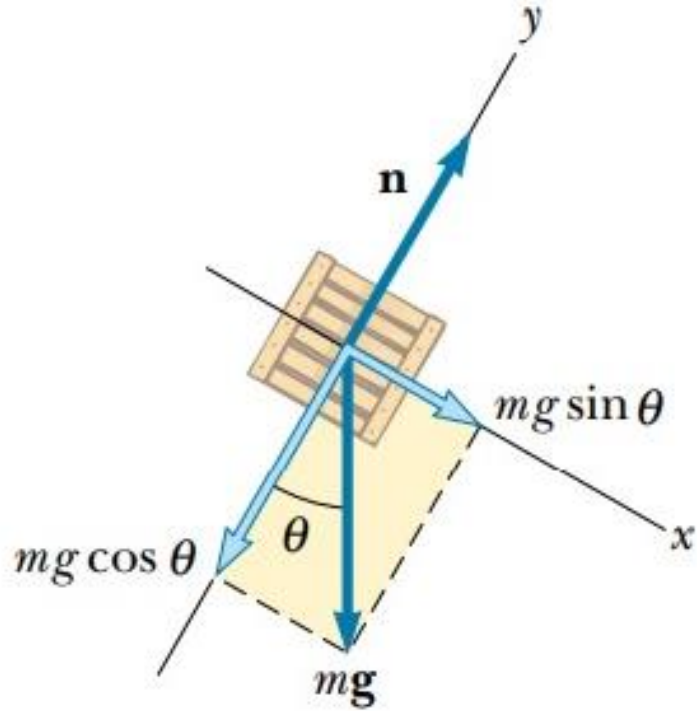
Üstteki eşitlikten  $T_2$  yi  $T_1$  cinsinden bulup, bir sonraki denklemde kullanılabilir.

## Örnek: Sürtünmesiz eğik düzlem üzerindeki sandık

Şekildeki sürtünmesiz,  $\theta$  eğim açılı eğik düzlem üzerine  $m$  kütleli bir sandık konulmuştur. a) sandık serbest bırakılınca sahip olacağı ivmeyi bulunuz.



**Çözüm:** Kütleye ait kuvvet diyagramını çizip Newton'un ikinci kanunu uygulayalım.



$$(1) \quad \sum F_x = mg \sin \theta = ma_x$$

$$(2) \quad \sum F_y = n - mg \cos \theta = 0$$

$$(3) \quad a_x = g \sin \theta$$

b) Eğik düzlemin tepesinden sandığın serbest bırakıldığını kabul edelim ve eğik düzlemin uzunluğu  $d$  olsun. Sandığın alt uca varması için geçen süreyi ve alt uçtaki hızını bulunuz.

**Çözüm:** İvme sabit ( $a = g \sin \theta$ ) olduğundan kinematik eşitlikleri kullanırsak;  $\Delta x = d$  ise;

$$x_s - x_i = v_{x_i} t + \frac{1}{2} a_x t^2 \longrightarrow d = \frac{1}{2} a_x t^2$$

$$(4) \quad t = \sqrt{\frac{2d}{a_x}} = \sqrt{\frac{2d}{g \sin \theta}}$$

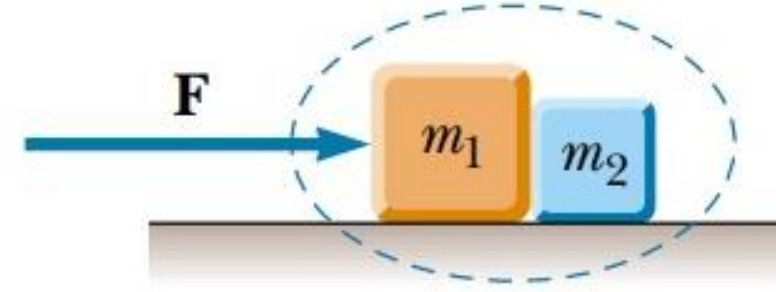
ayrıca  $v_{x_s}^2 = v_{x_i}^2 + 2a_x (x_s - x_i)$  olduğundan  $v_{x_i} = 0$ , ise

$$v_{x_s}^2 = 2a_x d$$

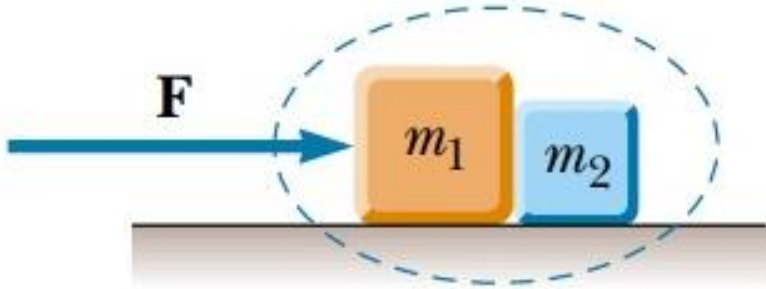
$$(5) \quad v_s = \sqrt{2a_x d} = \sqrt{2gd \sin \theta}$$

### Örnek: Bir bloğun ötekini itmesi

$m_1$  ve  $m_2$  kütleli iki blok şeklindeki gibi yatay, düzgün ve sürtünmesiz bir yüzey üzerinde birbirine değecek şekilde yerleştirilmiştir. Yatay, sabit bir  $F$  kuvveti şeklindeki gibi  $m_1$  kütesine uygulanıyor. a) iki blokluk sistemin ivmesini bulunuz.



**Çözüm:** Kütleler temas halinde oldukları için birlikte hareket ederler ve aynı ivmeye sahip olacaklardır, Newton'un ikinci kanunu uygulayalım.



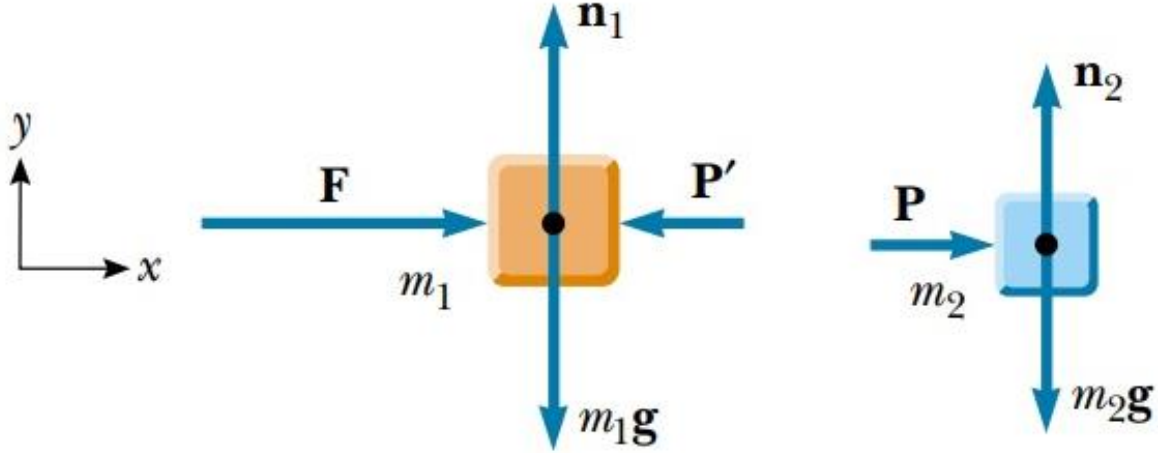
$$\sum F_x(\text{system}) = F = (m_1 + m_2) a_x$$

(1)

$$a_x = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

b) Her iki blok arasındaki temas kuvvetini bulunuz.

**Çözüm:** Kütleler için kuvvet diyagramını çizip Newton'un ikinci kanunu m2 kütlesine uygulayalım.



$$(2) \quad \sum F_x = P = m_2 a_x$$

Eşitlik 1 de bulduğumuz a ivmesini 2 de yerine yazalım;

$$a_x = \frac{F}{m_1 + m_2}$$

$$(3) \quad P = m_2 a_x = \left( \frac{m_2}{m_1 + m_2} \right) F$$

Newton'un ikinci kanunu m1 kütlesine uygularsak;

$$(4) \quad \sum F_x = F - P' = F - P = m_1 a_x$$

İvme ifadesini yukarıdaki denklemde yerine yazarsak yine 3 numaralı eşitlikteki P değerini buluruz. Deneyiniz!

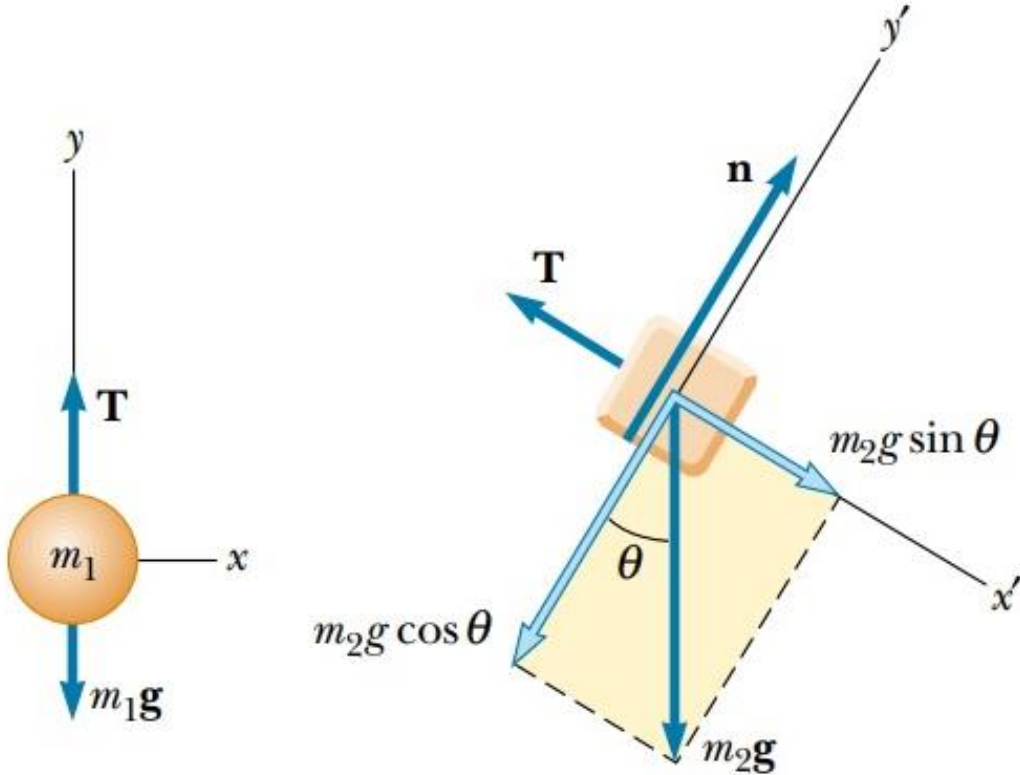
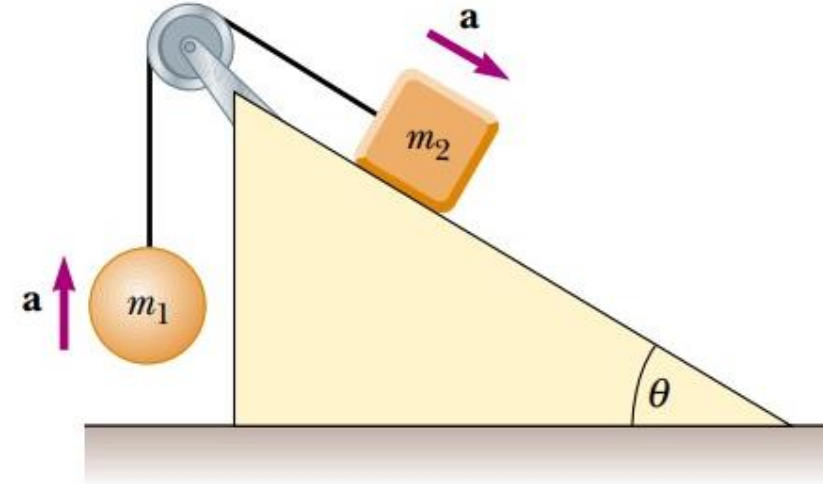
m1=4 kg, m2=3 kg ve F=9 N için sistemin ivmesini ve değme kuvveti P yi bulunuz.

Cevap: a=1,29 m/s<sup>2</sup>, P=3,86 N

## Örnek: Birbirine bağlı iki cismin ivmesi

Farklı kütleli iki cisim hafif bir iple birbirilerine bağlandıktan sonra, şekildeki gibi sürtünmesiz bir makaradan geçirilerek eğik düzlem üzerinde hareketi sağlanmıştır. Eğik düzlemin açısı  $\theta$  ise iki cismin ivmesini ve ipteki gerilmeyi bulunuz.

**Çözüm:** Her iki cisme ait kuvvet diyagramlarını çizip,  $m_1$  kütesine Newton'un ikinci kanunu uygulayalım.



m1

$$(1) \quad \sum F_x = 0$$

$$(2) \quad \sum F_y = T - m_1g = m_1a_y = m_1a$$

m2

$$(3) \quad \sum F_{x'} = m_2g \sin \theta - T = m_2a_{x'} = m_2a$$

$$(4) \quad \sum F_{y'} = n - m_2g \cos \theta = 0$$

**Örnek:** Farklı kütleli iki cisim hafif bir ip ile birbirilerine bağlandıktan sonra, şekildeki gibi sürtünmesiz bir makaradan geçirilerek eğik düzlem üzerinde hareketi sağlanmıştır. Eğik düzlemin açısı  $\theta$  ise iki cismin ivmesini ve ipteki gerilmeyi bulunuz.

2 ve 3 numaralı eşitlikleri birlikte çözersek;

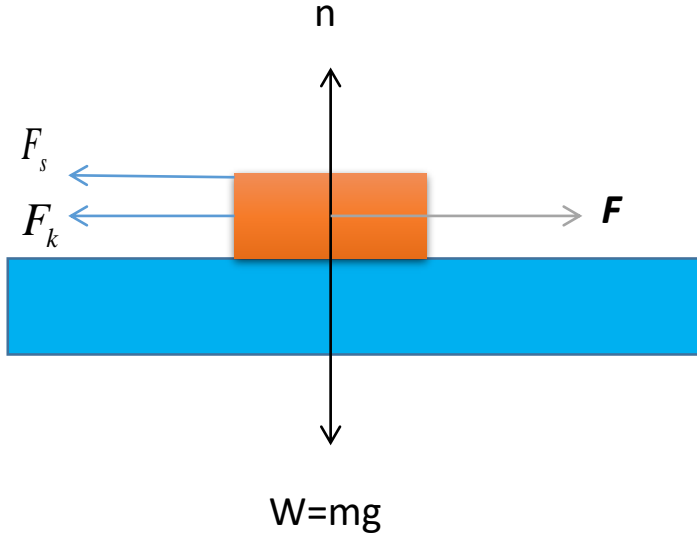
$$(5) \quad a = \frac{m_2 g \sin \theta - m_1 g}{m_1 + m_2}$$

$$(6) \quad T = \frac{m_1 m_2 g (\sin \theta + 1)}{m_1 + m_2}$$



## 5.8. Sürtünme Kuvvetleri

Bir cisim, pürüzlü bir yüzeyde veya su, hava gibi viskoz bir ortam içinde hareket ediyorsa, çevresi ile arasındaki etkileşmeden dolayı harekete karşı bir direnme doğar. Böyle bir direnmeyi **sürtünme kuvveti** olarak adlandırırız. Sürtünme kuvvetleri günlük yaşamımız için çok önemlidir. Bu kuvvet, yürüyebilmemiz, koşabilmemiz, durabilmemiz, arabaların harekete geçmesi ve durabilmesi gibi elzem olaylar için gereklidir.



Birbiriyle temas halde bulunan şekildeki gibi (kitap-masa) iki yüzey arasındaki **statik sürtünme kuvveti**,

$$f_s \leq \mu_s \cdot n$$

$\mu$  yüzeyin sürtünme katsayısı olup malzemeye bağlı bir özelliktir.

Blok tam kayma sınırındayken

$$f_s = f_{s, maks} = \mu_s \cdot n$$

Blok harekete başladıktan sonra ise; Artık cisme **kinetik bir sürtünme kuvveti** etkir, ve yüzeyin sürtünme katsayısı ise **kinetik sürtünme katsayısıdır**.

$$f_s = \mu_k \cdot n$$

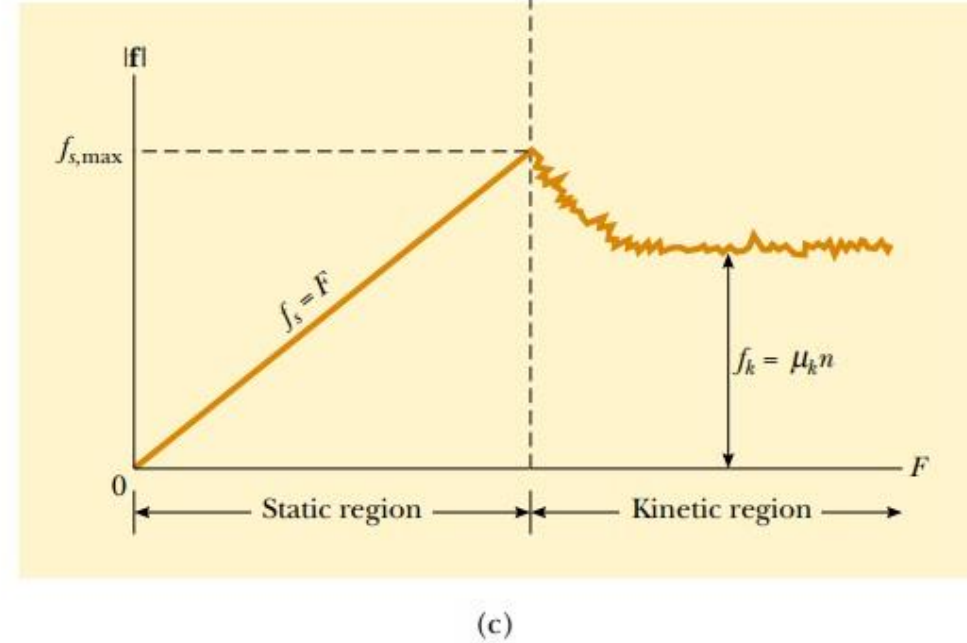
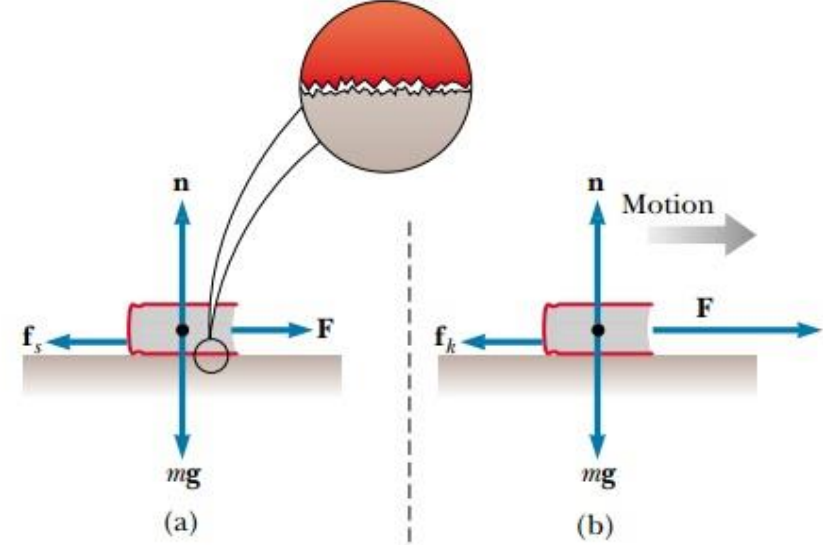
$$a = \frac{F - f_s}{m}$$



## 5.8. Sürtünme Kuvvetleri

Sürtünmeli bir yüzey üzerinde duran kitaba uygulanan kuvvet ile sürtünme arasındaki ilişki;

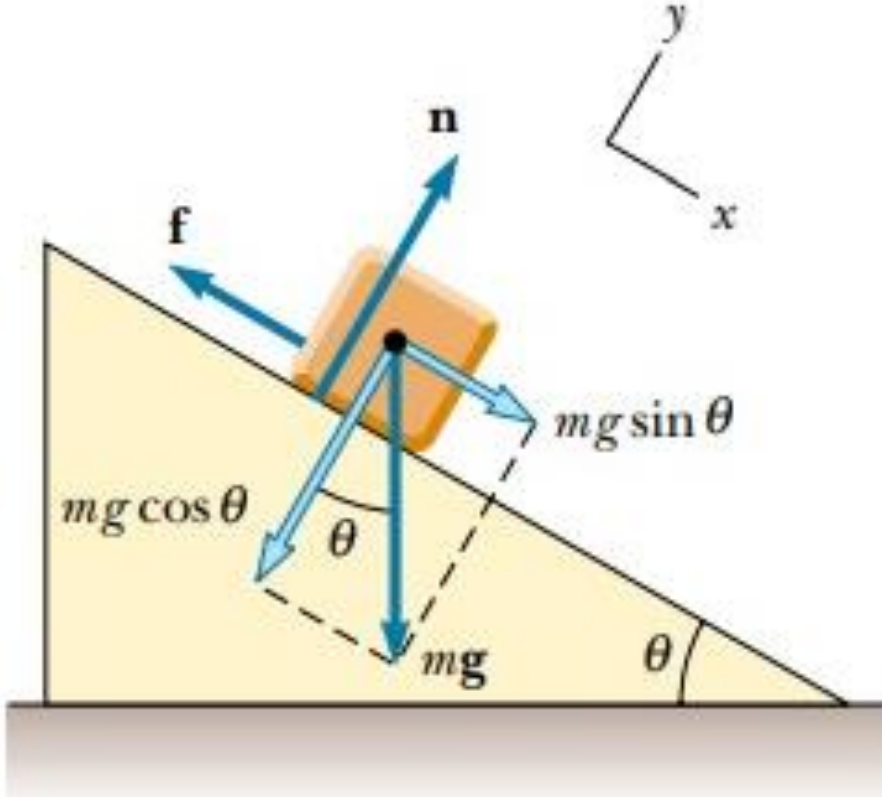
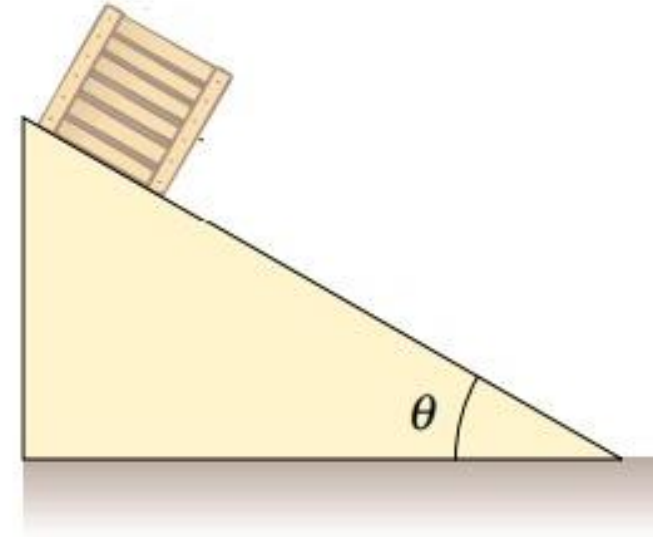
- Statik sürtünme kuvveti, uygulanan  $F$  kuvvetine eşittir.
- Uygulanan kuvvet kinetik sürtünme kuvvetini aştığı zaman kitap hareket eder.
- Sürtünme kuvvetinin büyüklüğünün uygulanan kuvvete göre grafiği.



## Örnek: $\mu_k$ ve $\mu_s$ nin deneysel olarak belirlenmesi

Küçük bir cisim şekilde görüldüğü gibi eğik düzlem üzerine yerleştiriliyor. Eğik düzlemin eğim açısı, blok kaymaya başlayıncaya kadar artırılıyor. Tam kaymaya başladığı  $\theta_c$  kritik açısı ölçülerek  $\mu_s$  yi bulunuz.

**Çözüm:** Cisim üzerindeki kuvvetlerin diyagramını çizip Newton' ikinci hareket kanunu uygulayalım;



$$(1) \quad \sum F_x = mg \sin \theta - f_s = ma_x = 0$$

$$(2) \quad \sum F_y = n - mg \cos \theta = ma_y = 0$$

2 den  $mg$  yi çekip 1 de yerine yazarsak;

$$(3) \quad f_s = mg \sin \theta = \left( \frac{n}{\cos \theta} \right) \sin \theta = n \tan \theta$$

## Örnek: $\mu_k$ ve $\mu_s$ nin deneysel olarak belirlenmesi

Tam kayma sınırında;

$$f_s = f_{s,maks} = \mu_s . n$$

Ve buda 3 eşitliğinde yerine yazılırsa;

$$\mu_s . n = n \tan \theta_c$$

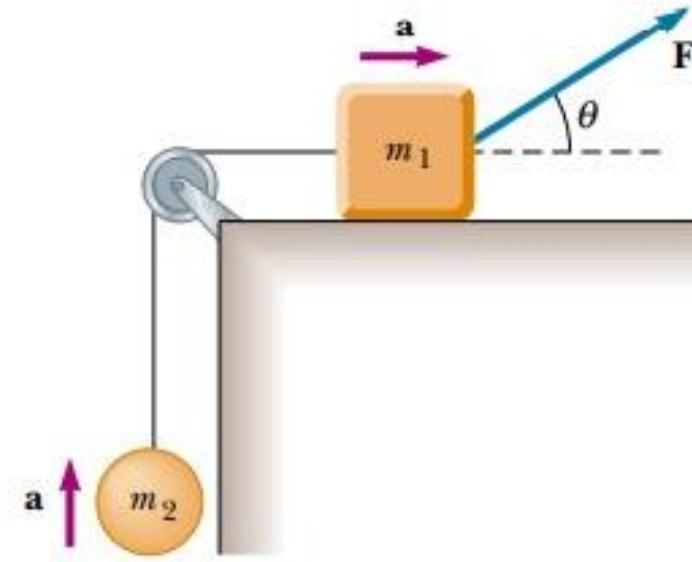
$$\mu_s = \tan \theta_c$$

Cisim bir kez kaymaya başlayınca aşağı doğru ivmelenir ve **kinetik sürtünme kuvvetinin** etkisinde kalır. Bu sefer 1 ve 2 eşitliklerinde statik sürtünme kuvveti yerine kinetik sürtünme kuvvetini yazarak şu eşitliğe ulaşabiliriz;

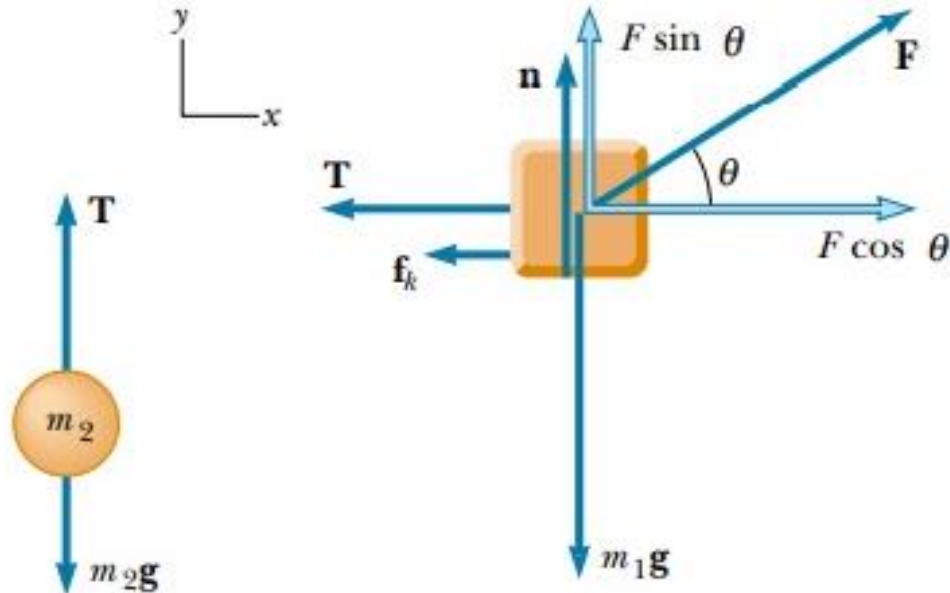
$$\mu_k = \tan \theta_c$$

## Örnek: Sürtünmeli ortamlarda iki bağlı cismin ivmesi

$m_1$  kütleli bir blok şekilde görüldüğü gibi yatay pürüzlü bir yüzey üzerinde ağırlıksız bir ip ile sürtünmesiz bir makaradan geçirildikten sonra  $m_2$  kütleli cisme bağlanıyor.  $F$  büyüklüğünde bir kuvvet şekildeki gibi  $m_1$  kütleli cisme uygulanıyor.  $m_1$  ile yüzey arasındaki kinetik sürtünme katsayısı  $\mu_k$  ise her iki cismin ivmesinin büyüklüğünü bulunuz.



**Çözüm:**  $m_1$  ve  $m_2$  kütlelerine ait serbest cisim diyagramlarını çizip Newton' ikinci kanunu uygulayalım;



$$(1) \quad \sum F_x = F \cos \theta - f_k - T = m_1 a_x = m_1 a$$

$$(2) \quad \sum F_y = n + F \sin \theta - m_1 g = m_1 a_y = 0$$

$$\sum F_x = m_2 a_x = 0$$

$$(3) \quad \sum F_y = T - m_2 g = m_2 a_y = m_2 a$$

## Örnek: Sürtünmeli ortamlarda iki bağlı cismin ivmesi

$m_1$  kütleli bir blok şekilde görüldüğü gibi yatay pürüzlü bir yüzey üzerinde ağırlıksız bir iple sürtünmesiz bir makaradan geçirildikten sonra  $m_2$  kütleli cisme bağlanıyor.  $\mathbf{F}$  büyüklüğünde bir kuvvet şekildeki gibi  $m_1$  kütlesine uygulanıyor.  $m_1$  ile yüzey arasındaki kinetik sürtünme katsayısı  $\mu_k$  ise her iki cismin ivmesinin büyüklüğünü bulunuz.

2 eşitliğinden  $n$  i çekip kinetik sürtünme kuvvetinde kullanalım;

$$(4) \quad f_k = \mu_k(m_1 g - F \sin \theta)$$

4 eşitliğini ve 3 de bulunan  $T$  değerini 1 eşitliğinde yerine yazalım;

$$F \cos \theta - \mu_k(m_1 g - F \sin \theta) - m_2(a + g) = m_1 a$$

$$(5) \quad a = \frac{F(\cos \theta + \mu_k \sin \theta) - g(m_2 + \mu_k m_1)}{m_1 + m_2}$$

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

*ve*

TEKRAR ETMEYİ UNUTMAYINIZ