

## ① 4. NEWTON HAREKET YASALARI

- 4.1 Newton Yasaları
- 4.2 Mekanikte Karşılaşılan Kuvvet Türleri
- 4.3 Newton Yasaları Uygulamaları
- 4.4 Dairesel Hareket



Daha iyi sonuç almak için, Adobe Reader programını **Tam Ekran** modunda çalıştırınız.  
Sayfa çevirmek/Aşağısını görmek için, farenin sol/sağ tuşlarını veya PageUp/PageDown tuşlarını kullanınız.

## 4.1 NEWTON YASALARI

- 1686 yılında İngiliz bilim adamı Isaac Newton yayınladığı *Principia Mathematica* adlı kitabıyla modern **Mekanik** biliminin temelini atmış oldu. ▼
- Newton Mekaniği 3 temel yasa üzerine kurulmuştur.  
Bu yasaları ispatsız kabul ederseniz, tüm makroskopik cisimlerin (taş, roket, ay, güneş ...) hareketini açıklayabilirsiniz. ▼
- 1900 lü yıllarda atomik boyutlardaki parçacıklar için bu yasaların yanlış sonuçlar verdiği gözlendi.  
Yeni arayışlar sonucunda **Kuantum Mekaniği** adıyla modern bir teori kuruldu.
- Fakat makroskopik cisimler için Newton mekaniği hala geçerlidir.

## 1. Newton Yasası

Üzerine net kuvvet etkimeyen bir cisim ya hareketsizdir, yahut da düzgün doğrusal hareket yapar.

$$\vec{F}_{\text{net}} = 0 \iff \vec{a} = 0$$



- $\vec{F}_{\text{net}}$  çok sayıda kuvvetin vektörel toplamı olup, buna **net kuvvet** veya **bileşke kuvvet** denir:

$$\vec{F}_{\text{net}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \sum_i \vec{F}_i$$

Cisim üzerine çok sayıda kuvvet etkiyor olabilir, ama bunların bileşkesi sıfırsa, birinci yasa geçerlidir. ▾

- Birinci yasa aslında kuvvetin tanımıdır. **Eğer bir cisim ivmeleniyorsa üzerine net bir kuvvet etkiyor demektir.** İvme, kuvvetin varlığının habercisidir.

## 2. Newton Yasası

Bir cisim, üzerine uygulanan net kuvvetle doğru orantılı ve onunla aynı yönde bir ivme kazanır. Orantı katsayısı cismin kütlesi olur.

$$\vec{F}_{\text{net}} = m \vec{a}$$

- İkinci yasa kuvvet birimini belirler. SI sisteminde Newton (kısaca N)  
 $1 \text{ N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$

- İkinci yasa vektörel bir eşitliktir. Her bileşen için geçerli olmalıdır:

$$\vec{F}_{\text{net}} = m \vec{a} \iff \begin{cases} F_{x,\text{net}} = m a_x \\ F_{y,\text{net}} = m a_y \end{cases}$$

- İkinci yasa aslında kütlenin tanımıdır. Kütle, cismin ivmelenmeye direncinin bir ölçüsüdür. Buna **eylemsizlik** denir.

- Newton yasaları hangi gözlemciler için geçerlidir?

**Newton yasaları birbirine göre duran veya düzgün doğrusal hareket yapan gözlemciler için geçerlidir.**

### 3. Newton Yasası

Bir cisim diğer ikinci bir cisime  $\vec{F}_{12}$  kuvveti uyguluyorsa, ikinci cisim de birinciye eşit ve zıt yönde bir  $\vec{F}_{21}$  kuvveti uygular.

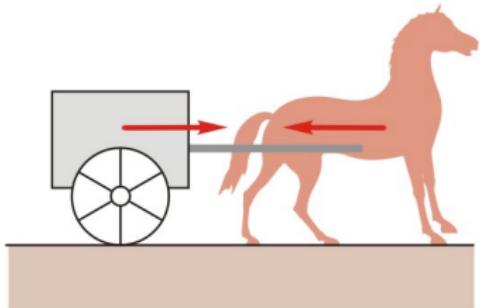
$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

- **Etki ve tepki farklı cisimlere uygulanır.**

Bu ayrılmazsa çelişkiye düşülebilir. ▾

Örnek düşünce: "At ve araba birbirlerini eşit ve zıt kuvvetlerle çekmektedirler. İki kuvvet birbirini sıfırlar ve araba gitmez."

Doğru mu?

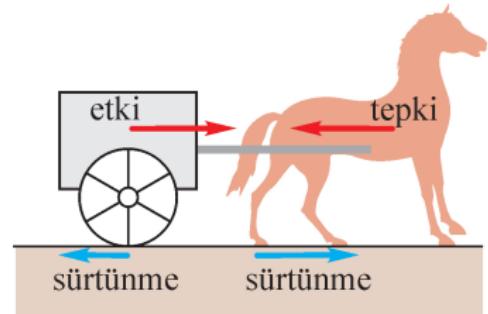


Düşünce yanlış, çünkü etki ve tepki farklı cisimlere uygulanmaktadır.

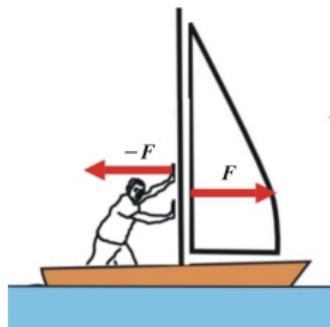
Bir cismi incelerken sadece o cisme etkiyen kuvvetler gözönüne alınır.

At, zeminde oluşturduğu büyük sürtünme kuvvetiyle tepkiyi dengeleyip geri gitmemeyi başarır.

Fakat, arabanın tekerlerindeki sürtünme küçük olduğu için, ileri gitmeyi engelleyemez.



Benzer örnekler:

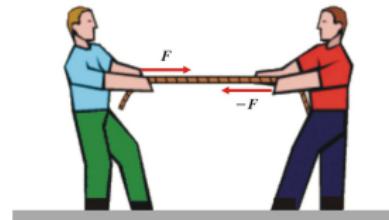


Adam kayığı hareket ettirebilir mi?

Cevap: Hayır.

(Adam+kayık) sistemi için etki, tepki birer iç kuvvet olurlar.

Bu sistemi hareket ettirebilmek için başka bir dış kuvvet gerekir. ▼



Hangisi kazanır? Daha kuvvetli olanı mı? ▼

Cevap: Yerde daha büyük sürtünme kuvveti oluşturan kazanır.

- Bir cismin hareketi incelenirken, sadece ona uygulanan dış kuvvetler gözönüne alınırlar.

Çünkü, iç kuvvetler 3. yasaya göre karşılıklı olarak birbirini götürürler. ▾

- İki cisim arasındaki bu kuvvetlerden hangisinin etki, hangisinin tepki olduğunu sormak yersizdir.

İkisi de aynı anda oluşur, yani aralarında bir sebep-sonuç ilişkisi yoktur.

## 4.2 MEKANİKTE KARŞILAŞILAN KUVVET TÜRLERİ

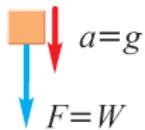
### Ağırlık (Yerçekimi kuvveti) ▾

Yeryüzünde serbest bırakılan her cisim, yerin merkezine doğru sabit  $g$  ivmesiyle hızlanarak düşüyordu. ▾

2. yasaya göre, bu ivmeye sebep olan bir kuvvet var olmalıdır.

Bu özel kuvvette **ağırlık** adı verilir ve büyüklüğü  $W$  ile gösterilir.

$$F = ma \quad \rightarrow \quad W = mg$$



# Kütle Çekim Yasası (Gravitasyon)

Ağırlık çok daha genel bir kütle çekim kuvvetinin özel halidir. ▾

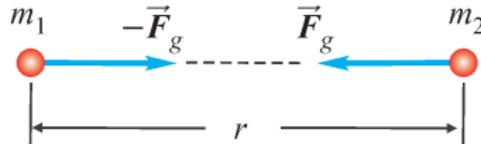
Doğadaki 4 temel kuvvet:

- Kütleçekimi
- Elektromanyetizma
- Çekirdek kuveti
- Zayıf kuvvet. ▾

## Newton'un Kütle Çekim Yasası

Evrende her iki cisim arasında, kütlelerin çarpımıyla doğru orantılı ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı bir çekim kuvveti vardır:

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

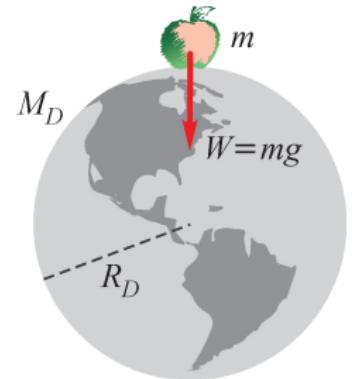


- $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$  (gravitasyon sabiti)

- Dünya üzerindeki  $m$  kütleyeli bir cisime uygulandığında:

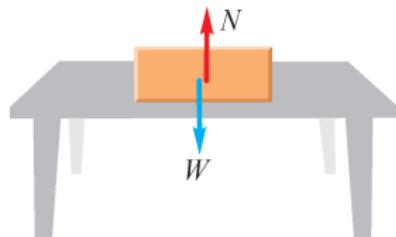
$$F_g = G \frac{mM_D}{R_D^2} = m \underbrace{\left( \frac{GM_D}{R_D^2} \right)}_g$$

Bu özel kuvvette **ağırlık** adı verilir ve büyüklüğü  $W$  ile gösterilir:



$$W = F_g = mg \quad \text{ve} \quad g = \frac{GM_D}{R_D^2} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

## Yüzeylerde Normal Kuvvet ( $N$ )



Masa üzerinde duran kitap.

$W=mg$  ağırlık kuvveti var.

Niçin düşmüyor? ▾

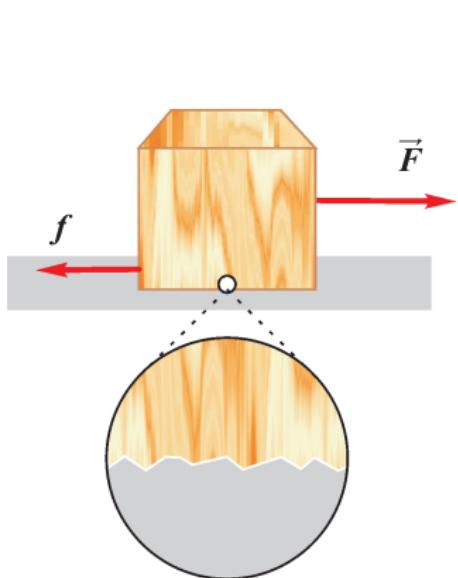
Kitap hareketsiz ( $a = 0$ ) olduğuna göre, ağırlığa zıt yönde bir kuvvet daha etkiyor olmalı ki net kuvvet sıfır olsun. ▾

**Etkileşen yüzeyler arasında, daima yüzeye dik (normal) bir tepki kuvveti oluşur. ▾**

- Normal kuvvetin kaynağı, masa ve kitabı oluşturan moleküller arasındaki etkileşme kuvvetleridir. ▾
- Cisim sadece yüzeye temas ettiğinde ortaya çıkar, cisim yüzeyden ayrıldığında ortadan kalkar. ▾
- Normal kuvvet, cismin yüzey içine girmesini engellemeye yetecek büyüklüktedir.

## Sürtünme Kuvveti ( $f$ )

Bir yüzey boyunca hareket etmek isteyen cisimde daima bir sürtünme kuvveti karşı koyar. ▼



Gözlemler:

- Sürtünme kuvveti cisim ile yüzeyin arakesitindeki engebeler ve atomlar arası kimyasal bağlardan kaynaklanır. ▼
- Cismin hangi yüzü temasta olursa olsun, sürtünme kuvveti yaklaşık aynı olur. ▼
- Cismin hızı ne olursa olsun, sürtünme kuvveti yaklaşık aynı olur. ▼
- Yüzey üzerinde duran cisim harekete başladıktan sonra sürtünme kuvvetinin maksimum değeri biraz azalır. ▼

**Statik sürtünme kuvveti ve kinetik sürtünme kuvveti** farklıdır.

- Sürtünme kuvvetinin maksimum değeri yüzeydeki normal kuvvetle orantılı olur:

$$f_{\max} = \mu N$$

- $\mu$  iki yüzey arasındaki sürtünme katsayısıdır.  
Sürtünen yüzeylerin cinsine ve pürüzlülük derecesine bağlıdır.
- Cisim hareket etmiyorsa  $0 < f < f_{\max}$  aralığında,  
hareket ediyorsa  $f = f_{\max}$  olur.

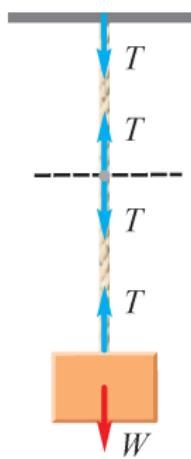
### Bazı yüzeylerin sürtünme katsayıları

Yüzey	Statik sürtünme, $\mu_s$	Kinetik sürtünme, $\mu_k$
Tahta-tahta	0.35	0.30
Çelik-çelik	0.80	0.50
Çelik-buz	0.1	0.05
Lastik-kuru asfalt	1.0	0.8
Lastik-yaş asfalt	0.7	0.5

## İplerde Gerilme Kuvveti ( $T$ )

İp, kablo veya tel gibi **bükülebilen** cisimlerde **gerilme kuvveti** oluşur. ▾

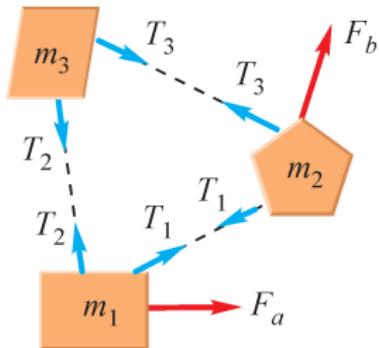
Esnek olmayan bir ipin ucuna asılı  $m$  kütlesi.



- Cisim dengede olduğuna göre, altta ağırlığa eşit ve zıt yönde bir  $T$  gerilme kuvveti olmalıdır. ▾
- İpin herhangi bir kesitindeki alt ve üst parçalar, 3. yasaya göre, birbirlerini eşit ve zıt bir gerilme kuvvetiyle çekerler. ▾
- İpin kütlesi ihmal edilebiliyorsa, her kesitte aynı  $T$  gerilmesi tavana kadar iletılır.

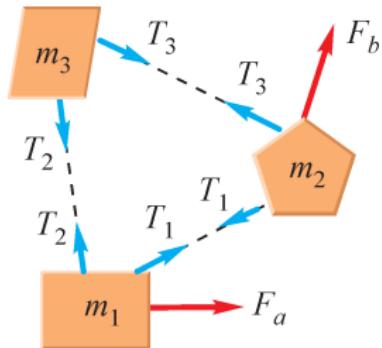
## Serbest-Cisim Diyagramları

Dinamik problemlerde ele alınan sistemi açıkça belirtmek gerekir. ▾



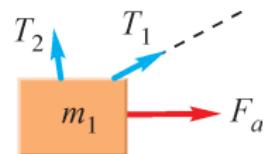
Çok sayıda kütleden oluşan bir sisteme etkiyen kuvvetler iki gruba ayrırlar: ▾

- **İç kuvvetler:** Sistemi oluşturan kütlelerin birbirine uyguladığı kuvvetlerdir. (Şekilde  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ )  
3. Newton yasasına göre, bu kuvvetler daima çift olarak yer alırlar. ▾
- **Dış kuvvetler:** Sisteme dışardan uygulanan kuvvetlerdir ( $F_a$ ,  $F_b$ ).



- Bütün sistem  $(m_1 + m_2 + m_3)$  incelendiğinde, **sadece dış kuvvetler gözönüne alınır** ( $F_a, F_b$ ).  
(İç kuvvetler  $\pm$  işaretli iki kez yeraldığından birbirlerini götürürler). ▾

- Sistemin sadece bir parçası inceleniyorsa (örneğin  $m_1$ ), ona etkiyen **tüm kuvvetler** (iç ve dış) birlikte gözönüne alınırlar.



## 4.4 DAİRESEL HAREKET

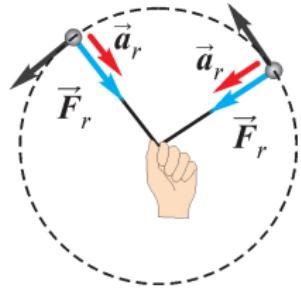
2-boyutlu harekette dairesel hareketi incelemiştik. ▾

$r$  yarıçaplı daire çevresinde sabit  $v$  hızıyla dönen bir cismin üzerinde daima merkeze yönelik bir **merkezcil ivme** oluyordu:

$$a_r = \frac{v^2}{r} \quad (\text{merkezcil ivme})$$

2. yasaya göre cisim üzerinde, bu ivmeye aynı yönde, yani merkeze yönelik bir  $F_r$  kuvveti etkiyor olmalıdır:

$$F_r = ma_r = m \frac{v^2}{r}$$



Merkezcil kuvvet  $F_r$  radyal doğrultudaki kuvvetlerin toplamıdır. Bu, çeşitli yollarla sağlanıyor olabilir (İpteki gerilme kuvveti, raylardaki normal tepki kuvveti ...). ▾