

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 İsaac Newton yayınladığı *Principia Mathematica* adlı kitabıyla modern **Mekanik** biliminin temelini atmış oldu. ▼
- Newton Mekanikği 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 gözlemlendi.
Yeni arayışlar sonucunda **Kuantum Mekanikği** adıyla modern bir teori kuruldu.
- Fakat makroskopik cisimler için Newton mekanikği hala geçerlidir.

1. Newton Yasası

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

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

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

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

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:

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

- İkinci yasa aslında kütlenin tanımındır. 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 cisme \vec{F}_{12} kuvveti uyguluyorsa, ikinci cisim de birinciye eşit ve zıt yönde bir \vec{F}_{21} kuvveti uygular.

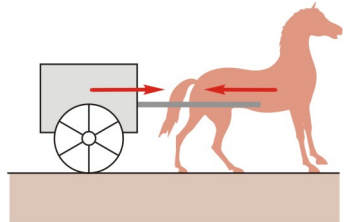
$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

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

Bu ayrım yapılmazsa çelişkiye düşülebilir. ▼

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

Doğru mu?

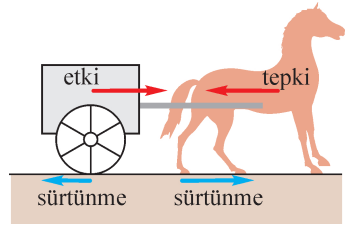


Düşünce yanlış, çünkü etki ve tepki farklı cisimlere uygulanmaktadır.

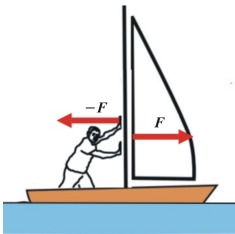
Bir cismi incelerken sadece o cisme etkiyen kuvvetler gözönüne alınır.

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

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



Benzer örnekler:

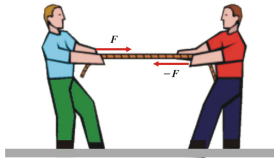


Adam kayığı hareket ettirebilir mi?

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

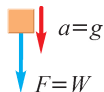
Ağırlık (Yerçekimi kuvveti) ▼

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 kuvvete **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. ▼

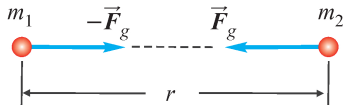
Doğadaki 4 temel kuvvet:

- Kütleçekimi
- Elektromanyetizma
- Çekirdek kuvveti
- 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:

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

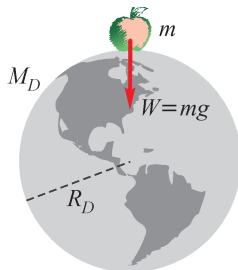


- $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ (gravitasyon sabiti)

- Dünya üzerindeki m kütleli bir cisme uygulandığında:

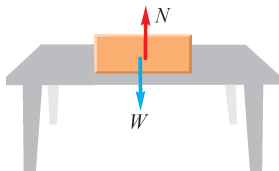
$$F_g = G \frac{mM_D}{R_D^2} = m \underbrace{\left(\frac{GM_D}{R_D^2} \right)}_g$$

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



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

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 etkiliyor olmalı ki net kuvvet sıfır olsun. ▼

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

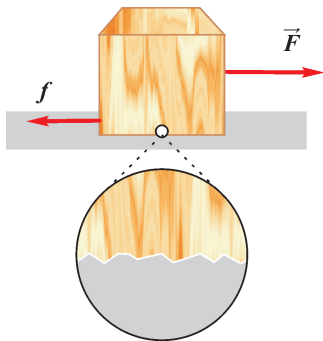
- Normal kuvvetin kaynağı, masa ve kitabı oluşturan moleküller arasındaki etkileşme kuvvetleridir. ▼
- Cisim sadece yüzeye temas ettiğinde ortaya çıkar, cisim yüzeyden ayrıldığında ortadan kalkar. ▼
- Normal kuvvet, cismin yüzey içine girmesini engellemeye yetecek büyüklüktedir.

Sürtünme Kuvveti (f)

Bir yüzey boyunca hareket etmek isteyen cisme 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:

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

- μ 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. ▼

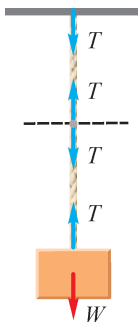
Bazı yüzeylerin sürtünme katsayıları

Yüzey	Statik sürtünme, μ_S	Kinetik sürtünme, μ_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 **bükülebilir** cisimlerde **gerilme kuvveti** oluşur. ▼

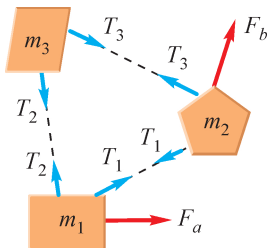
Esnek olmayan bir ipin ucuna asılı m kütlesi.



- 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 iletilir.

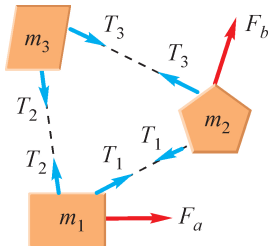
Serbest-Cisim Diyagramları

Dinamik problemlerinde ele alınan sistemi açıkça belirtmek gerekir. ▼



Çok sayıda kütlelen oluşan bir sisteme etkiyen kuvvetler iki gruba ayrılırlar: ▼

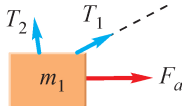
- **İç kuvvetler:** Sistemi oluşturan kütlelerin birbirine uyguladığı kuvvetlerdir. (Şekilde T_1 , T_2 , T_3)
3. Newton yasasına göre, bu kuvvetler daima çift olarak yer alırlar. ▼
- **Dış kuvvetler:** Sisteme dışardan uygulanan kuvvetlerdir (F_a , F_b).



- 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

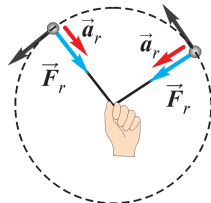
2-boyutlu harekette dairesel hareketi incelemiştik. ▼

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 ivmeyle 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 ...). ▼