



## Kuvvet ve Newton'ın Hareket Yasaları

## KUVVET

Cisimlerin şeklini, hareket doğrultusunu, yönünü değiştirebilen, durgun bir cismi harekete geçirebilen, hareketli bir cismi durdurabilen etkiye kuvvet adı verilir.

- ✔ Vektörel bir büyüklük olan kuvvet  $\vec{F}$  ile gösterilir. Şiddeti dinamometre ile ölçülen kuvvetin SI'daki birimi newtondur (N).
- ✔ Kuvvetler, temas gerektirip gerektirmemesine bağlı olarak iki gruba ayrılır.

## TEMAS GEREKTİREN KUVVETLER

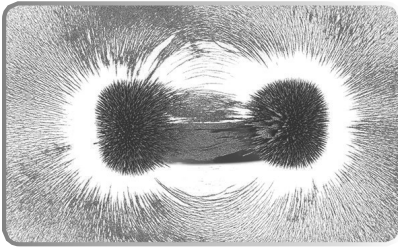
Kuvvet ile kuvvetin uygulandığı nesne arasında fiziksel temasın olduğu durumdaki kuvvetlerdir. Örneğin kaldırma kuvveti, bazı motor kuvvetleri, kas kuvveti, rüzgâr kuvveti, buhar kuvveti, sürtünme kuvveti, hava direnci gibi...



Rüzgârın yelkenliye uyguladığı kuvvet, temas gerektiren kuvettir.

## TEMAS GEREKTİRMEYEN KUVVETLER

Kuvvet ile kuvvetin uygulandığı nesnenin temas etmesinin gerekmediği durumlardaki kuvvetlerdir. Bu kuvvetlere "alan kuvvetleri" de denir.



Mıknatısların birbirlerine ve demir tozlarına uyguladığı kuvvetler temas gerektirmeyen kuvvetlerdir.

- ✔ Bu kuvvetlere doğanın temelinde var oldukları için temel kuvvetler de denir. Doğadaki temel kuvvetleri en şiddetliden en zayıfa doğru açıklayarak sıralayalım.

## 1. GÜÇLÜ NÜKLEER KUVVET

Bu kuvvetler, atom çekirdeğinde pozitif (+) yüklü protonların ve yüksüz (nötr) nötronların bir arada durmasını sağlayan kuvettir.

- ✔ En şiddetli kuvvet olmasına rağmen etkisi atom çekirdeği boyutlarındadır.

## 2. ELEKTROMANYETİK KUVVET

Elektrik yükleri arasındaki etkileşmeleri tanımlar.

- ✔ Elektrik yüklü cisimlerin ve mıknatısların birbirini itmesi ve birbirini çekmesi durumlarını yöneten kuvvetlerdir.
- ✔ Elektromanyetik kuvvetlerin menzili sonsuz olup sonsuzda sıfır olur.

## 3. ZAYIF NÜKLEER KUVVET

Pek çok parçacığın ve atom çekirdeğinin kararsız olmasından sorumludur.

- ✔ Güçlü nükleer kuvvetler gibi etkisi atom çekirdeği boyutlarında gözlenen kuvettir.

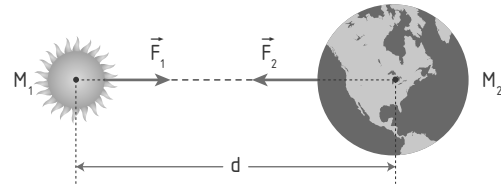
## 4. KÜTLE ÇEKİM KUVVETİ

Newton tarafından tanımlanan kütle çekim kuvveti sadece çekme özelliği gösteren bir kuvettir.

- ✔ Temel kuvvetler arasındaki en zayıf kuvvet olmasına rağmen evrenin bugünkü şeklini almasında en etkili olan kuvettir.
- ✔ Kütle çekim kuvvetlerinin menzili sonsuz olup sonsuzda sıfır olur.
- ✔ Cisimlerin birbirine uyguladığı kuvvetlerin büyüklüğü, cisimlerin kütleleri ( $M_1$  ve  $M_2$ ) ile doğru, kütleler arasındaki uzaklığın ( $d$ ) karesi ile ters orantılıdır.

$$F = G \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2}$$

G, evrensel çekim sabiti olmak üzere  $G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$  dir.



## NOT

- ✔ Cisimlerin birbirine uyguladığı kütle çekim kuvvetleri daima eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür. ( $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ )



## BİLEŞKE KUVVET

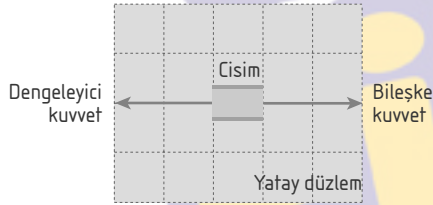
Bir cisme uygulanan birden fazla kuvvetin etkisini tek başına gösterebilen kuvvete bileşke kuvvet (net kuvvet) adı verilir.

- ✔ Bileşke kuvvet, vektörel hesaplamalarla bulunur.
- ✔ Bileşke kuvvet  $\vec{R}$  ile gösterilir.

## DENGELENMİŞ VE DENGELENMEMİŞ KUVVETLERİN ETKİSİNDEKİ CİSİMLER

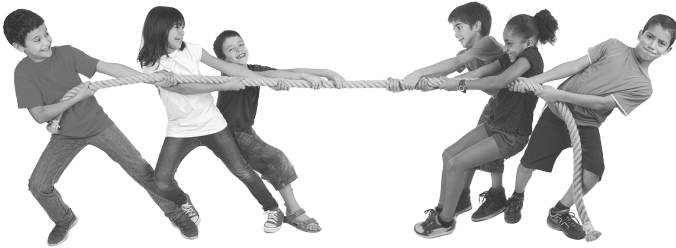
Bir cisme etki eden kuvvetlerin bileşkesini sıfırlayan kuvvete dengeleyici kuvvet denir.

- ✔ Dengeleyici kuvvet, bileşke kuvvetle aynı doğrultuda, eşit büyüklükte ve zıt yöndedir.
- ✔ Bir cismin üzerine etki eden bütün kuvvetlerin bileşkesi sıfır ise cisim dengelenmiş kuvvetlerin etkisindedir denir.



Eşit büyüklükte, zıt yönlü kuvvetlerin etkisindeki cisim dengededir.

- ✔ Aşağıdaki halat çekme oyununda, halat hareket etmiyor ise dengelenmiş kuvvetlerin etkisindedir. Bu durumda grupların uyguladığı bileşke kuvvetler eşit büyüklükte ve zıt yönlüdür.



- ✔ Dengelenmiş kuvvetlerin etkisindeki cisim;
  - ➔ ya duruyordur,
  - ➔ ya da sabit hızlı hareket ediyordur.

Bir cisme etki eden bileşke kuvvet sıfır değilse cisim dengelenmemiş kuvvetlerin etkisindedir.

- ✔ Halat çekme oyununda, grupların bileşke kuvvetlerinin büyüklükleri birbirinden farklı ise denge bozulur ve bileşke kuvveti büyük olan grup oyunu kazanır.
- ✔ Dengelenmemiş kuvvetlerin etkisindeki cisim ivmeli hareket yapar. Bu hareket;
  - ➔ ya hızlanan,
  - ➔ ya yavaşlayan,
  - ➔ ya da dönme hareketidir.

### NOT

Cisimlerin dengelenmiş ya da dengelenmemiş kuvvetler etkisinde olup olmadığına; hareketin ivmeli olup olmadığı açısından bakmak yeterli olacaktır.

### Örnek

Aşağıdaki kuvvetlerden hangisi temas gerektiren kuvvettir?

- A) Yatay düzlemde itilen kanepenin ile yatay düzlem arasında oluşan, kanepenin hareketini engellemeye çalışan kuvvet
- B) Saça sürtülen plastik tarağın küçük kağıt parçalarına yaklaştırıldığında kağıt parçalarına uyguladığı kuvvet
- C) Zıt kutupları birbirine yaklaştırılan iki mıknatısın birbirine uyguladığı kuvvet
- D) Ay'ın Dünya'ya, Dünya'nın da aya uyguladığı zıt yönlü, eşit büyüklükteki kuvvetler
- E) Atom çekirdeğindeki proton ve nötronları bir arada tutan kuvvet

### Çözüm..



## NEWTON'IN HAREKET YASALARI

Kuvvet ve kuvvetin etkileri ile ilişkili durumlar matematiksel olarak Isaac Newton tarafından üç yasa ile açıklanmıştır.

### 1. YASA (EYLEMSİZLİK YASASI)

Bir nesneye uygulanan kuvvetlerin bileşkesi sıfır olduğunda, cisim dengelenmiş kuvvetlerin etkindedir. Dengelenmiş kuvvetlerin etkisindeki cisim, denge durumunu korumak ister.

Cisimlerin kütlelerinden dolayı, denge durumlarını değiştirmeye karşı gösterdiği dirence eylemsizlik denir. Örneğin boş bir damacananı yuvarlamak veya yuvarlanan boş bir damacananı durdurmaya çalışmak, içi suyla dolu damacanaya göre daha kolaydır. Bunun sebebi içi dolu olan damacananın eylemsizliğinin daha büyük olmasıdır.

- Dengelenmiş kuvvetlerin etkisindeki cisimler; duruyorsa durmaya, hareket ediyorsa hareket etmeye devam etmek ister.
- Eylemsizlik maddelerin ortak özelliklerinden birisidir.
- Araç içindeki insanların; araç ani fren yaptığında öne doğru, araç aniden hızlandığında da geriye doğru savrulmaları eylemsizlikten dolayıdır.



Araçlardaki emniyet kemerleri, koltuk başlıkları ve hava yastıkları, eylemsizlikten kaynaklanabilecek olumsuzlukları önlemek içindir.

### MERAKLISINA BİLGİ

Aristoteles'in görüşüne göre bir cisme etki eden kuvvet kaldırıldığında cismin hareketini sürdürmesinin nedeni havadır. Havanın hareketi engelleyici özelliğinden dolayı İbn-i Sina bu anlayışı kabul etmemiş cisme kuvvet etki etmediği halde hareketini sürdürmesini maddelerin hareket etme eğilimi (kasr-i mey) özelliğinden kaynaklandığını savunmuştur.

İbn-i Sina'nın bu yaklaşımı Newton'ın hareket yasalarının temelini oluşturmuştur.

### 2. YASA (TEMEL YASA)

Bir cisme etki eden net kuvvet sıfırdan farklı ise cisim dengelenmemiş kuvvetlerin etkisindedir. Dengelenmemiş kuvvetlerin etkisindeki cisimler bileşke kuvvet doğrultusunda ivmeli hareket yapar.

- Duran bir cisme net kuvvet uygulandığında cisim kuvvet yönünde hızlanır. Hareket eden cisme hareketi yönünde net kuvvet uygulanırsa cisim yine kuvvet yönünde hızlanır.

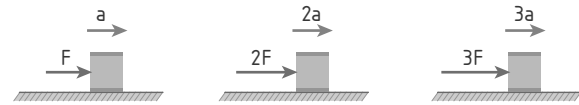


- Hareket halindeki bir cisme, hareketine zıt yönde bir kuvvet uygulanırsa cisim yavaşlar.



- İvmenin yönü net kuvvet ile aynıdır. İvme, net kuvvetle doğru, cismin kütlesi ile ters orantılıdır.

Cisme uygulanan kuvvetin cismin kazandığı ivmeye oranı sabittir ve bu sabit değer, cismin kütlesine eşittir.

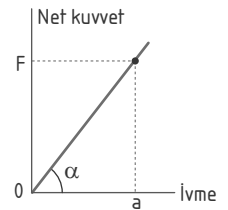


$\frac{F}{a} = \frac{2F}{2a} = \frac{3F}{3a} = \text{sabit} = \text{kütle (m)}$  ve buradan aşağıdaki bağıntı türetilir.

$$F_{\text{net}} = m \cdot a$$

- SI'da kütle birimi kg, ivme birimi  $m/s^2$ , kuvvet birimi newtondur (N).
- Bir cismin net kuvvet - ivme grafiğinin eğimi, cismin kütlesini verir.

$$\tan \alpha = \frac{F}{a} = m$$





## ÖSYM Benzeri

İki durak arasında doğrusal hat boyunca hareket eden bir metro treninin, bu iki hat arasında sahip olduğu hızlar ve hareketleri süresince etki eden net kuvvetlerin büyüklükleri ile ilgili bilgiler aşağıda belirtilmiştir gibidir:

- İlk duraktan harekete geçerek 100 km/h hıza 25 s'de ulaşır ve bu sürede trene etki eden ortalama net kuvvetin büyüklüğü  $F_1$  dir.
- 100 km/h hıza ulaştıktan sonra 2 dk süre ile hızını değiştirmiyor ve bu sürede trene etki eden net kuvvetin büyüklüğü  $F_2$  dir.
- Diğer durağa yaklaştığında 100 km/h hızdan itibaren yavaşlama başlıyor ve 17 s'de duruyor. Bu sürede trene etki eden net kuvvetin büyüklüğü  $F_3$  tür.

Buna göre  $F_1$ ,  $F_2$  ve  $F_3$  net kuvvetlerinin büyüklükleri arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

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

## Çözüm..

## AĞIRLIK ve YER ÇEKİM İVMESİ

Bir gezegenin, üzerinde bulunan cisme uyguladığı kütle çekim kuvvetine ağırlık denir.

- Çekim ivmesi  $g$  olan bir gezegende  $m$  kütleli bir cismin ağırlığının büyüklüğü aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$G = m \cdot g$$

- Ağırlık vektörel büyüklüktür. Yönü daima gezegenin merkezine doğrudur. Dinamometre ile ölçülür.  $\vec{G}$  sembolü ile gösterilir, birimi newton'dur (N).

## NOT

- Gezegenlerin üzerindeki birim kütle (1 kg) uygulanan kuvvete çekim ivmesi denir.
- Çekim ivme değeri gezegenin kütlesine, yarıçap değerine ve gezegenin yoğunluğuna bağlı olarak değişir.
- Gezegen yüzeyinden uzaklaştıkça çekim ivmesi azalır. Gezegen yüzeyinden gezegen merkezine doğru çekim ivmesi azalır.
- Yer çekimi ivmesinin değeri, kutuplarda, ekvatora göre daha büyüktür. Dünya yüzeyinde yer çekimi ivmesinin ortalama değeri yaklaşık olarak 9,8 N/kg'dır.

## ÖSYM Benzeri

Kütlesi 700 g olan bir vazo yatay bir masa üzerine hareketsiz duracak şekilde konulmuştur.



Vazoya veya masaya başka bir kuvvet etki etmediğine göre, aşağıdaki kuvvetlerden hangisinin büyüklüğünün 7 N olduğu verilen bilgilerden çıkarılamaz? (Yer çekimi ivmesini  $g=10 \text{ m/s}^2$  alınız.)

- A) Vazonun Yerküre'ye uyguladığı kuvvet  
B) Yerküre'nin vazoya uyguladığı kuvvet.  
C) Vazonun masaya uyguladığı kuvvet  
D) Masanın vazoya uyguladığı kuvvet  
E) Yerküre'nin masaya uyguladığı kuvvet

## Çözüm..

## NOT

Günlük hayatta kütle ve ağırlık birbirine karıştırılan kavramlardır. Kütle değişmeyen madde miktarıdır. Ağırlık ise cisimlere buldukları gezegenler tarafından uygulanan bir kuvvettir.



Dünya'daki ağırlığım 600 N'dir.



Ay'daki ağırlığım 100 N'dir.



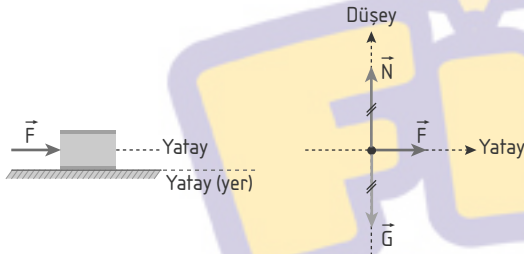
Kütle her yerde 60 kg'dır.



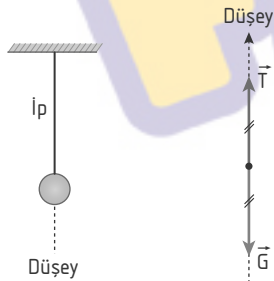
**SERBEST CİSİM DİYAGRAMI**

Cisme etki eden kuvvetlerin bir koordinat ekseninde gösterilmesine serbest cisim diyagramı denir.

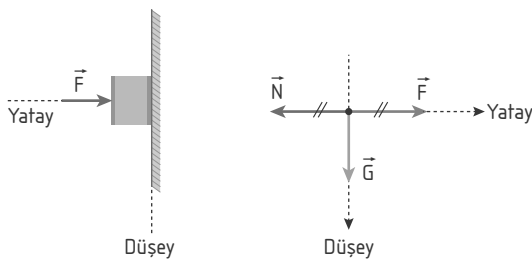
- Cisme etki eden bütün kuvvetler belirlenerek yön ve büyüklükleri ile koordinat ekseninde gösterilir.
- Ağırlık kuvvetleri yerin merkezine doğru gösterilir. Yatay düzlemde duran bir cismin ağırlığı, dengelenmiş kuvvettir. Ağırlık, yüzey tarafından cisme uygulanan normal kuvveti ile dengelenir. Normal kuvvetleri  $\vec{N}$  ile gösterilir. Yüzeye diktir.
- Aşağıdaki, sürtünmesi önemsiz yatay düzlemde yatay  $\vec{F}$  kuvveti ile itilen cisim için net (bileşke) kuvvet  $\vec{F}'$ 'dir. Cismin ağırlığı ( $\vec{G}$ ) ile ( $\vec{N}$ ) birbirini dengelemiştir.  $|\vec{G}| = |\vec{N}|$ 'dir.



- Bir ip ile tavana asılarak düşey düzlemde dengelenmiş cismin ağırlığı ( $\vec{G}$ ), ipte oluşan gerilme kuvveti ( $\vec{T}$ ) ile dengelenmiştir. İpte oluşan gerilme kuvveti, bağlı olduğu cismi kendine çekecek yöndedir.  $|\vec{G}| = |\vec{T}|$ 'dir.



- Sürtünmesi önemsiz düşey duvara yatay  $\vec{F}$  kuvveti ile bastırılmış cisme üç kuvvet etki eder. Bunlar  $\vec{G}$  (ağırlık),  $\vec{N}$  (normal kuvveti) ve  $\vec{F}$ 'dir. Cisim ağırlığının etkisi ile düşey aşağı yönde hareket eder.  $\vec{N}$  ve  $\vec{F}$  kuvvetleri dengelenmiş kuvvetlerdir.  $|\vec{F}| = |\vec{N}|$ 'dir.

**3. YASA (ETKİ - TEPKİ YASASI)**

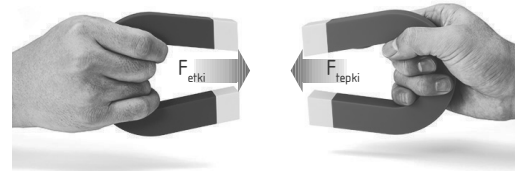
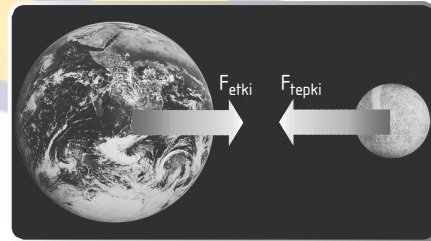
Etkileşim hâlinde olan cisimlerden biri etki uyguluyorsa diğer cisim de etkiye karşı tepki uygular. Newton bu durumu Etki - Tepki Yasası'nda "A cismi B cisminde bir kuvvet uyguladığında B cismi de A cisminde eşit büyüklükte ve zıt yönde bir tepki kuvveti uygular." ifadesiyle açıklamıştır.

$$\vec{F}_{\text{etki}} = -\vec{F}_{\text{tepki}}$$

- Buz pistinde yan yana duran iki patenci birbirini iterse itme sonucu zıt yönlerde hareket ederler. İtilen kişinin hareketinin nedeni, üzerine kuvvet uygulanmasıdır. İten kişinin zıt yönde hareket etmesinin nedeni ise görmüş olduğu tepki kuvvetidir.



- Her etkiye eşit ve zıt yönde tepki kuvveti vardır. Gösterilen etki kadar tepki oluşur. Etki kuvveti artırılınca tepki kuvveti de artar.
- Temas gerektiren ve temas gerektirmeyen kuvvetler etki - tepki kuvvet çifti oluştururlar. Dünya ile Ay arasında, mıknatıslar arasında temas olmadan etki - tepki kuvvet çifti oluşur.

**NOT**

- Etki - tepki kuvvetleri farklı cisimler üzerine uygulanır.
- Bir sistem için, etki - tepki kuvvetlerinin bileşkesi sıfır gibi görülse de birbirinin etkisini yok etmez. Etki ve tepki kuvvetleri cisimler üzerinde ayrı ayrı ele alınır.



## ÖSYM Benzeri

Günlük hayatta karşılaşılan bazı kuvvetlerle ilgili,

- I. Bir buz pistinde yan yana duran iki kişiden büyük kütleli olan, küçük kütleli olanı sabit bir kuvvetle ittiğinde, küçük kütleli olanın gösterdiği tepki kuvveti, büyük kütlelinin uyguladığı etki kuvvetine eşit olur.
- II. Masa üzerinde dengede duran bir kitabın ağırlığıyla kitabın Dünya uyguladığı kütle çekim kuvveti aynı büyüklüktedir.
- III. Bir çekiçle çivinin duvara çakılması olayında; çekiç çiviye, çivinin çekiğe uyguladığından daha büyük bir kuvvet uygular.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I                      B) Yalnız II                      C) I ve II  
D) II ve III                      E) I, II ve III

**Çözüm..**

## ÖSYM Benzeri

Yakar top oynayan bir grup öğrenciden Taner, topu hızlıca Aysun'a fırlattığında top yatay düzlemde duran Aysun'a isabet ediyor. Bu sırada diğer oyuncuların Ahmet, Burçin ve Cevdet; top ile Aysun'un hareket ettikleri çok kısa süren çarpışma süreciyle ilgili aşağıdaki yorumları yapmışlardır.

- **Ahmet:** Topun Aysun'a uyguladığı kuvvet, Aysun'un topa uyguladığından büyüktür.
- **Burçin:** Topun ivmesi, Aysun'ununkinden büyüktür.
- **Cevdet:** Topun hızı, Aysun'ununkinden daha büyük değişim göstermiştir.

Buna göre; Ahmet, Burçin ve Cevdet'in yorumlarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız Ahmet                      B) Yalnız Burçin                      C) Yalnız Cevdet  
D) Ahmet ve Burçin                      E) Burçin ve Cevdet

**Çözüm..**

## KUVVETİN GÜNLÜK HAYATTAKİ VE TEKNOLOJİDEKİ YERİ

- Asma köprülerin kabloları, aşağı doğru olan yer çekimi kuvvetine eşit ve yukarı doğru kuvvet uygulayarak köprünün ağırlığını destekler. Bu kuvvet dengesi köprüyü sabit tutar.



- Tavandan sarkan bir tabela, tabelaya etki eden yer çekimi kuvvetine eşit ve zıt olan destek kablosundaki gerilim kuvveti tarafından yerinde tutulur. Bu kuvvet dengesi tabelayı sabit tutar.
- Bir kuş bir ağaç dalına konduğunda, ağırlığı daldan gelen yukarı doğru kuvvetle dengelenir ve bir denge durumu ortaya çıkar.
- Bir beyzbol topuna sopayla vurulduğunda, topa uygulanan kuvvet topun ivmesini belirler. Daha büyük bir top, aynı kuvvetle vurulduğunda daha hafif bir topa kıyasla daha az ivmelenme yaşar, daha az yer değiştirir.



- Zıpladığınızda, siz yere bir kuvvet uygularsınız ve yer de size eşit ve zıt bir kuvvet uygulayarak sizi havaya iter.
- Yüzücüler kolları ve bacaklarıyla suyu geriye doğru iterler. Su da yüzücüye eşit ve zıt bir kuvvet uygulayarak onu ileri doğru iter.
- Bir silah ateşlendiğinde, mermi hareket kuvveti nedeniyle ileri doğru itilir. Eşit ve zıt tepki kuvveti silahın geri tepmesine neden olur.
- Bir roket fırlatıldığında, motorları egzoz gazlarını yüksek hızda dışarı atarak bir etki kuvveti oluşturur. Tepki kuvveti roketi ters yönde iterek havalanmasını ve uzaya çıkmasını sağlar.
- Yüzen cisimlerde, yer çekimi kuvveti ve kaldırma kuvveti dengelenmiştir.

