

Newton's

# LAW OF MOTION AND MODEL ROCKETRY



Yazan Robert L. Cannon  
Güncelleme ve düzenleme  
Ann Grimm ve Jim Kranich  
Çeviri: Oktay Poyraz(Oktanyum)  
Merve Poyraz



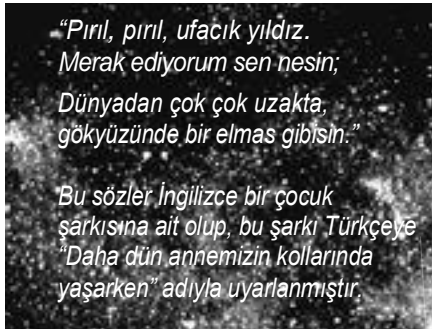
# NEWTON'UN BİRİNCİ HAREKET KANUNU:

Dengesiz bir kuvvet tarafından etki edilmedikçe, hareketsiz cisimler hareketsiz ve hareketli cisimler bir doğru boyunca hareketli kalır.

## UYDULAR NiÇİN YÖRÜNGEDE KALIR?

Bu kitapçık roket uçuşunun bazı prensiplerini anlamanıza yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Okuduklarınızın büyük bir kısmını anlamak için, talimatlara uyunuz:

Her seferinde \*\* ortaya çıktığında hemen okumayı durdurup soruyu cevaplayınız ya da önerilmiş olan çalışmayı hemen yapınız. Düşünüp taşındıktan sonra çalışmanın niçin yapıldığını çözmek için uğraşınız. Okumayı sürdürmeden önce her soruyu cevaplamaya çalışınız.....



Bu küçük dörtlük belki de uzay hakkında öğrendiğiniz ilk şeylerden biridir. Artık, yıldızların muazzam yoğunlukta ve son derece çok sıcak gazlar olduklarını biliyorsunuz. Güneşten başka diğer yıldızlar çok uzaktadır. Nükleer tepkimeler her saniye büyük bir kısmını tüketse de yıldızların kütleleri öylesine büyüktür ki kütleleri önemli şekilde azalmadan önce milyonlarca yıl yaşamlarını sürdürürler.

Yıldızların çoğunu ilk gökbilimciler adlandırmışlardır. Sonunda, bazıları birtakım 'yıldızlar' ın gökyüzünde ait oldukları yerde kalmadıklarını fark ettiler. Bu yer değiştirenlere 'gezegen' (gezgin) adı verildi.

Güneş sistemimizde keşfedilmiş dokuz 'gezgin' ya da gezegen vardır. Teleskoplar (dünya yörüngesindeki Hubble Teleskobu da dahil) ve matematik, modern gök bilimcilere dokuz gezegenle birlikte hareket eden pek çok uydunun tanımlamasına ve ayrıca incelenmesine olanak sağladı.

Bu dokuz gezegen ve uydularına ek olarak, binlerce asteroid ve birkaç kuyruklu yıldız, Güneşin etrafındaki yörüngelerinde dönmektedir.

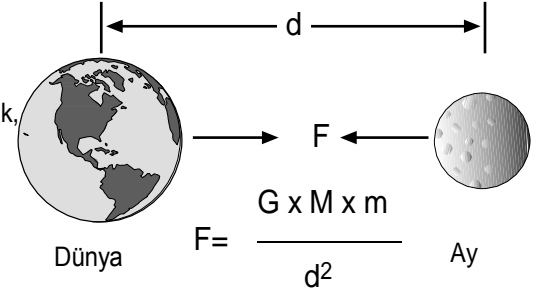
## YÖRÜNGEYİ OLUŞTURAN KUVVETLER

... Hareket halindeki bir cisim, ona dengesiz bir kuvvet etki etmedikçe sabit hızda ve bir doğru boyunca hareketine devam edecektir.



Estes roketiniz onu etkileyebilecek atmosfer (sürüklenme) ve yerçekimi (dengesiz kuvvetler)nin olmadığı uzay derinliklerine doğru fırlatılırsa, motor yandıktan sonra bir doğru boyunca sonsuza kadar sabit bir hızda yol alacaktır!

Uzaydaki bir cismin yanında bulunan diğer bir cisim, diğer cismin çekim alanından etkilenir. Örneğin, Ay, Dünyanın çekim kuvveti aracılığıyla Dünyaya doğru çekilir. Matematiksel olarak, iki cismin birbirine yaptığı çekim kuvveti aşağıdaki gibidir:



**F**= iki cisim arasındaki çekim kuvveti  
**M**= cismin kütlesi (Dünya)  
**m**= diğer cismin kütlesi (Ay)  
**d**= her iki cismin kütle merkezleri arasındaki uzaklık  
**G**= sabit çekim kuvveti

Formülden görüleceği gibi, her bir cismin kütlesi arttığında aralarındaki çekim kuvveti de artar. Her iki cisim arasındaki uzaklık arttıkça, çekim kuvveti azalır.

Ayın mevcut hareketi Dünyanın çekimiyle etkilenir

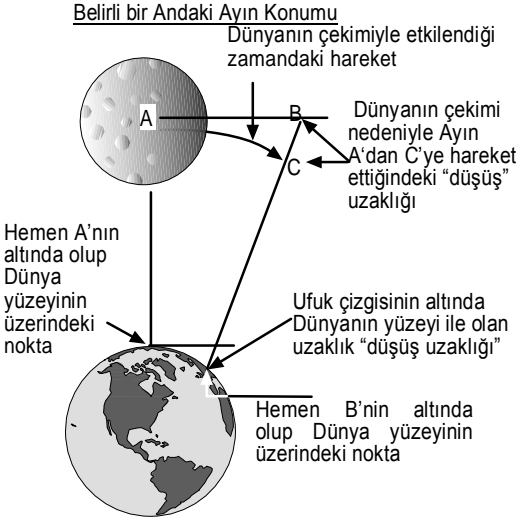
vercekimi

Ayın hareketi Dünyanın çekimiyle etkilenmemektedir

Ay Dünyanın çevresinde dönerken,

Dünyanın çekim kuvveti Ayı Dünyaya doğru çeker. Gerçekte, Ay Dünyaya doğru düşmektedir.

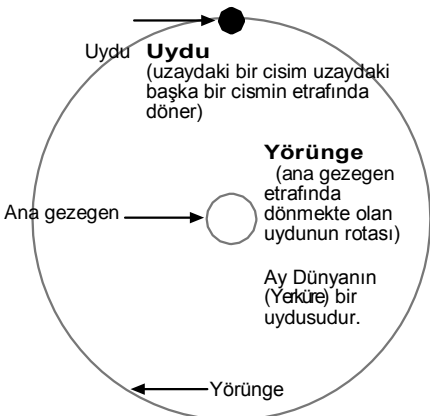
Ayrıca Ayın hareketi Ayın aynı anda yana doğru (yanlamasına) hareket etmesine neden olur. Dünyanın eğim derecesi Dünya yüzeyinin Aydan daha uzak olmasına neden olacağından, Ayın Dünyaya doğru aynı hızda düşmesine mani olmak için Ayın hızı yeterli olacaktır.



Ay, belli bir sürede AB yolu boyunca Dünyaya doğru bir BC uzaklığına düşerken Ayın hızı Ayın Dünyadan epey uzak olması için yeterli olacaktır.

Dünyanın yüzeyi ve kütle merkezi arasındaki uzaklıktan dolayı, 9.81 metre bölü saniye kare (9.81 m/s<sup>2</sup>) ya da 32.2 feet bölü saniye kare (32.2 ft/s<sup>2</sup>)'lik bir yerçekimi ivmesine maruz kalıyoruz. Bu, başlangıç hızı sıfır olup serbest düşen bir cisim harekete geçtiğinde, hareketinin her saniyesinde 9.81 m/s değerlikte hız kazanacağı anlamına gelir.

Serbest düşüşün ilk saniyesinde, bir cisim yaklaşık olarak 5 metre yol alacaktır. Dünyanın yüzeyi yaklaşık 8 kilometrede "aşağıya doğru" 5 metre eğiktir. Bu yüzden, saniyede 8 kilometre bir hızda "yatay olarak" hareket eden bir cisim dünyanın yüzeyi üzerindeki sabit bir uzaklıktaki konumda bulunacağı bir hızla düşecektir. Bu durum bir cismin dünyanın bir uydusu ve dairesel bir yörüngeye sahip olmasına neden olur.



Dünyanın efrasında dairesel bir yörüngeyi sürdürmek için gereken hızı hesaplayan matematiksel ifade aşağıdaki gibidir:

$$V = (u/r)^{1/2}$$

burada, r uydu ve Dünyanın merkezi (kütleli merkezi) arasındaki mesafe olup u Evrensel Sabit (Yerçekimi Sabiti çarpı Dünyanın kütlesi)'tir.

Bir uydunun Dünyanın yüzeyinin yakınında dairesel bir yörüngeye girmesi gereken hızı saniyede yaklaşık 8 kilometredir. Bu saatte yaklaşık 29,000 kilometre (8 km/saniye x 60 saniye/dakika x 60 dakika/saat) yapar. Bu yüksek hızı ulaşmak için, yapay (insan yapımı) uydular çok güçlü roketlerle fırlatılmalarıdır.

Bir cisim uygun bir doğrultuda fırlatılsa bile, dairesel bir yörüngeyi sağlamak için gerekenden daha büyük bir hızla ulaşırsa, dairesel bir rotada kalmayacaktır. Hız yeterince büyükse, cisim dairesel bir yörünge yerine yalnızca eliptik bir yörünge ya da kaçışa girecektir.

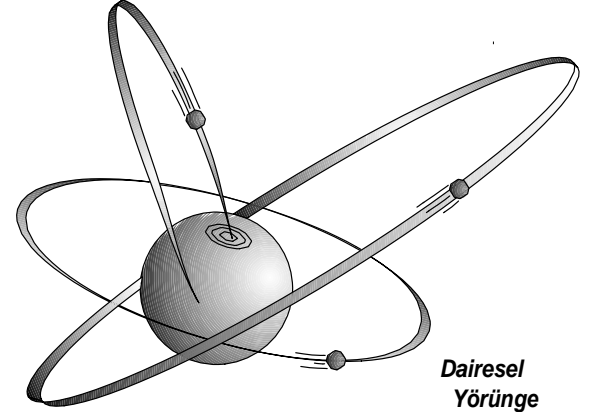


Cisim dairesel yörüngeye girmek için yeterince yüksek bir hızla erişemezse, gerisin geriye Dünyaya düşecektir.

Bir cisim Dünyadan ne kadar uzak olursa, cismi çeken Dünyanın çekim kuvveti daha güçsüz olur (uzaklığın karesiyle ters orantılı çekim kuvvetini belirten daha önceki denklemi hatırlayınız?!).

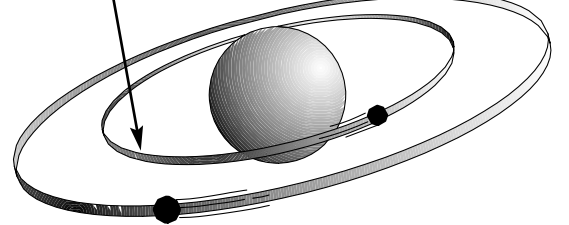
Çok hızlı "düşen" bir cismin yörüngesi.

Dairesel yörüngede kalmak için yeterince hızlı "düşmeyen" bir cismin oluşturduğu yörünge.



Bir cisim Dünya yüzeyinin üzerinden yükseldikçe, bu gerçeğe bağlı olarak, Dünyanın çekiminden dolayı düşüş hızı da daha yavaştır. Cisim yüksekte olduğundan daha yavaş bir hızda düşmeye yöneleceği için, Dünyadan uzakta olan bir cisim, yörüngede kalmak için daha yavaş hareket etmek zorunda kalacaktır.

**Alçak Yörünge:** Yüksek yörüngesel hız, küçük yörüngesel rota



**Yüksek Yörünge:** Düşük yörüngesel hız, büyük yörüngesel rota

Dünyadan çok uzak yörüngedeki bir uydu çok uzun bir yörüngesel rotaya sahip olup oldukça yavaş hareket etmektedir. Uydunun çok uzun bir devri (bir tur yapmak için gereken zaman) vardır.

Daha alçak yörüngedeki bir uydunun daha kısa yörüngesel bir rotası vardır. Dairesel yörünge ve yerçekimi denklemlerinden görülebileceği gibi, ana gezegene daha yakın olduğundan dolayı yerçekimi daha büyük olduğu için, uydu daha hızlı hareket edecektir. Uydunun gerçek hızı daha alçak irtifadan dolayı artmazsa, yörüngeden çıkıp Dünyanın atmosferine tekrar girecektir. Bu etmenler uydunun oldukça kısa bir devre sahip olmasına neden olur.

DAİRESEL YÖRÜNGELİ DÜNYA UYDULARININ DEĞİŞİK İRTİFALARDAKİ HIZ VE DEVİR SÜRELERİ		
Yükseklik Km.	Hız Km./san.	Devir süresi
0	7.92	1 sa. 24 dak.
160	7.80	1 sa. 28 dak.
644	7.53	1sa. 38 dak.
8,000	5.26	4 sa. 47 dak.
35,888	3.07	24 saat ----

İnsan yapımı uydular uydunun amacına bağlı olarak değişik irtifalardaki yörüngelere yerleştirilirler. Bazısı ayrıntılı gözlem yapmak için Dünyaya yakın yerleştirilirken bazıları ise yörüngede uzun süre kalacak şekilde çok yüksek yörüngelere yerleştirilmektedir.

Hız ve devir süreleri tablosundan, belli bir yörünge için 24 saatlik bir devir süresine sahip olduğunu görebilirsiniz. Uydu 24 saatte Dünya etrafında bir tur atar. Aynı zamanda Dünya her 24 saatte bir kez kendi eksenini etrafında döner. Bu, uydunun Dünya üzerinde sabit bir konumda kalmasıyla sonuçlanıp "Dünyayla eş zamanlı yörünge" olarak bilinmektedir. Haberleşme uyduları altlarındaki Dünya kısmında devamlı iletişim yayını sağlamak için bu tip yörüngelere yerleştirilirler.

Niçin bir uydu birçok ay süresince kalmayacağı Dünyaya yakın, (320 kilometreden daha az) çok alçak bir yörüngeye yerleştirilir?

\* \*

Bu soruya kendiniz cevap verebilirsiniz. Yörüngeye bir beyzbol topu fırlatmak istediğinizi farz edelim. Büyük bir ihtimalle bunu başarma şansınızın çok fazla olmayacağını fark edeceksiniz! Buna rağmen denemeye devam edelim. Dilerseniz dışarıya çıkıp bunu deneyebilirsiniz, ama önce nedenlerini birlikte gözden geçirelim.

Topu fırlatabileceğiniz kadar yükseğe ve uzağa atarsanız, çok güçlü olsanız bile topu yörüngeye sokmak için fazla şansınız olmayacaktır. Peki neden?



Top yerçekimi kuvvetiyle dünyanın merkezine doğru çekilmektedir.

Topun yukarıya doğru giderken yavaşladığını söyleyebilir misiniz? Söylenebilir.

Bu denemeyi açık bir alanda yapmaya çalışınız. Topu fırlatabileceğiniz kadar hemen hemen dik (yukarıya doğru) atınız. Topun yukarıya doğru gidişini ve aşağıya doğru gelişini izleyiniz. Topu iyi görmede ve hareketini gözlemlerken konsantre olmada güçlük çekiyorsanız, siz kenarda durup gözlem yaparken bir arkadaşınız topu fırlatsın.

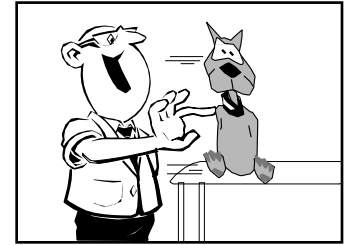
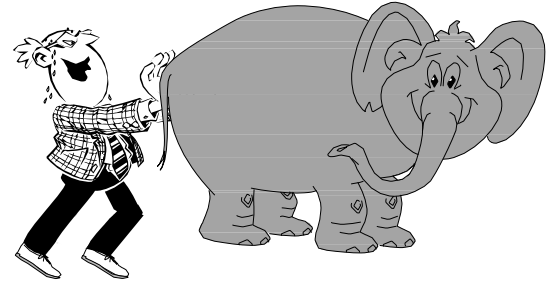
\* \*

## MOMENTUM

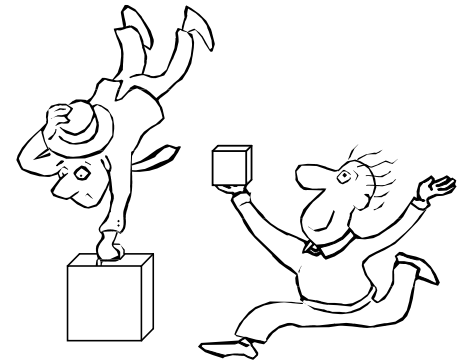
Top arkadaşınızın elinden ayrıldığı anda aşağıya doğru yavaşlamaya başlar. Top elden ayrıldığı anda, artan belirli bir hıza sahiptir. Fırlatma suretiyle topa verilen enerji elden çıkış anında topun belirli bir momentum miktarına sahip olmasına neden olur. Sahip olunan momentum miktarı topun kütlesiyle topun hızının çarpımı suretiyle hesaplanır.

## MOMENTUM = KÜTLE x HIZ

Kütle bütün cisimlerin sahip olduğu özellik ve cismin hareketteki bir değişikliğe gösterdiği direncin ölçümüdür. Dünyanın yerçekimi nedeniyle, genelde kütle yerine ağırlık terimini kullanırız. Daha büyük cisim, Dünyada daha ağır olup açıkça daha ağır cisimlerin hareket ettirilmesi daha zordur. Halbuki, cisimler kütleleri olmasına rağmen uzayda ağırlıksızdır. Bu ağırlıksız durumda, daha kütleli cisimler hareketteki bir değişikliğe daha karşı koyar. Daha küçük cisimle karşılaştırıldığında daha kütleli cisimlerin hareketini değiştirmek için daha fazla kuvvet gerekmektedir.



Dünyada sadece ağırlığın kütleye bağlı olduğunu fark ettiğimizden dolayı bir şeyin kütlesi ne kadar büyükse daha ağır olacaktır.



Topun kütlesi arkadaşınız onu havaya doğru fırlattığında değişmese de, top kısa bir süre içinde tam olarak duruncaya kadar yavaşlayıp, ardından yere doğru düşmeye başlar. Topun

düşüşüyle hız arasındaki herhangi bir seyri gözlemleyebilir misiniz?

\*\*

Top, izlediği yolun en üst noktasında bir anlık durakladıktan itibaren gitgide hızlanarak düşmeye başlar. Bu duruma, topu aşağıya doğru çeken yerçekimi kuvveti neden olur.

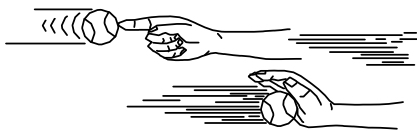
Bir topu Dünyanın etrafındaki bir yörüngeye fırlatmaya yeltenmeniz işe yaramadı. Topun elinizden ayrıldığı an, yörüngeye girmek için çok fazla kinetik(hareket) enerjisi vardı. Yerçekimi topu sürekli olarak aşağıya doğru çekiyor olsa da top elinizden ayrıldığı andan itibaren, yerçekimine karşı koyacak gerekli olan kuvveti topa sağlayamadınız. Top yukarıya doğru ilerlerken yerçekimi kuvveti de topu aşağıya doğru çekti. Sonuç – top yavaşladı. Top elinizden ayrıldığı anda ona etki eden tek kuvvet yerçekimi miydi?

\*\*

## SÜRÜKLENME

Hayır. Top havanın içinde hareket etti ve havada topu yavaşlatan sürüklemeyi meydana getirdi. Bu sürüklenme, havanın içinde hareket eden topun hareketine, havanın gösterdiği dirençtir. Bu sürüklenmeyi rüzgarsız bir günde koşarken rüzgar yüzünüze dokunduğunda ya da bisiklete bindiğinizde hissedersiniz. Bir cisim havanın içinde ne kadar hızlı hareket ediyorsa, cismin üstündeki aerodinamik (hareketli hava) sürüklenme o kadar büyüktür.

DÜŞÜK HIZ – DÜŞÜK SÜRÜKLENME



YÜKSEK HIZ – ÇOK YÜKSEK SÜRÜKLENME

Topun üzerindeki yerçekimi kuvveti, topu fırlattığınızdaki hız ne olursa olsun aynıdır. Karşı karşıya gelinen sürüklenme miktarı

hıza bağlıdır. Her iki kuvvette topun artan momentumunu azaltmakta rol oynamaktadır. Yerçekimi topu gerisin geriye yere doğru çeker.

Estes roketinin uçuş anında topta olduğu gibi aynı kuvvetlerle karşı karşıya kalır. Motor yandığında, roket belirli bir momentum miktarına sahiptir. Roket yukarı çıktıktan en sonunda durup ve aşağıya doğru düşmeye başladığında yerçekimi ve sürüklenme kuvvetleri roketi yavaşlatmaktadır. Atmosfer ya da yerçekimi olmasaydı motor yandıktan sonra Estes roketinin ne yapardı?

\*\*

Yerçekimi ya da hava(sürüklenme) üretmek olmadan roketin momentumunu azaltmak için, roket Newtonun Birinci Hareket Kanununa uygun olarak davranacak ve dengesiz bir kuvvet ona etki etmedikçe bir doğru boyunca ve sabit bir hızla hareketine devam edecektir. Kısaca, roket devamlı olarak yukarıya doğru çıkacaktır! Dünyadan çok uzaktaki bir yörüngede bulunan uydu üzerinde hangi kuvvetler bulunur?

\*\*

Dünyadan uzakta çok güçlü olmamasına rağmen Dünyanın yerçekimi elbette mevcuttur. Uydu Dünyaya ne kadar yakınsa, ona etki eden yerçekimi kuvveti de o kadar güçlüdür. Çekim kuvveti denkleminde hatırlayınız, yerçekimi kuvveti her iki cismin kütle merkezleri arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Diğer bir deyişle, (Dünyanın merkezinden) iki katı uzaklıktaki aynı uydu yalnızca  $\frac{1}{4}$  kuvvetle çekilecektir.

Gezeganimizin yüzeyinden uzaklaştıkça, atmosfer incilir. 1,600 kilometrelik bir irtifada bile hala ölçülebilir bir miktarda hava bulunmaktadır. Hava direnci en sonunda dairesel bir yörüngeyi (dairesele yörünge denkleminde bakınız) sağlamak

için uyduyu aşağıya doğru yavaşlatır. Bu durum, Dünyanın yerçekimiyle birleştiğinde, alçak yörüngedeki uydunun kısa bir süre içinde yörüngeden çıkmasına “düşme” ve Dünyaya geri dönmesine neden olur. Çok yüksek yörüngelerdeki uydular çok daha az sürüklenme ve daha düşük yerçekimiyle karşılaştıkları için çok uzun süre yörüngede kalacaklardır.

**Dengesiz bir kuvvet hareketi değişikliğe uğratar.**

## EYLEMSİZLİK

Eylemsizlik hareketsiz bir kütle için dengesiz bir kuvvet tarafından çekilmediği ya da itilmediği sürece hareketsiz kalma eğilimidir ve üzerine dengesiz bir kuvvet tarafından etki edilmedikçe hareketli bir kütle hareketine aynı yönde ve hızda devam eder.

Bu tanımlama görüldüğü kadar karmaşık değildir. Birçok kişi eylemsizliğin iki tipinden bahsetmektedir. Statik eylemsizlik diyebileceğimiz birinci çeşidi, hareketsiz kütlelerin sahip olduğu eylemsizliktir.

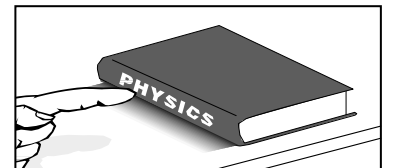
Buna bir örnek düşünebiliyor musunuz?

\*\*

Masa üzerinde bulunan kitap buna iyi bir örnektir. Kitabı hareket ettirmek için kitaba dengesiz kuvvet etki etmediği sürece, kitap olduğu yerde kalacaktır. Kitabı hareket ettirmek için bir yol düşünebiliyor musunuz?

\*\*

Yeterli büyüklükte herhangi bir kuvvet kitaba uygulanırsa, kitap hareket edecektir. Kitabı hareket ettirmek için kitabı atmak, parmaklarınızla masa boyunca itmek ya da masadan düşürünceye kadar kitaba yeterince sert vurmak gibi bütün büyük kuvvetler yeterli olur .



Eylemsizliğin diğere çeşidi bazen kinetik eylemsizlik olarak da adlandırılan hareketli bir kütlelenin sahip olduğu eylemsizliktir. Bu hareketli bir kütlelenin hareketini devam ettirme eğilimidir.

Dünyadan çok uzak bir yörüngedeki uyduyu tekrar göz önüne alalım. Yerçekimi zayıf olsa da hala uyduyu çekmektedir. Uyduda, yüzey üzerindeki bu yüksek atmosferde mevcut az sayıda atomlar, moleküller ve iyonların neden olduğu bir miktar aerodinamik sürüklenmeyle karşılaşır. Bununla birlikte, bu aerodinamik sürüklenme kuvveti çok küçüktür.

Uyduda zayıf bir çekim alanında ise ağırlığı çok az olabilir. Buna rağmen, uyduda yörüngedeyken yerde olduğu andaki aynı kütleyle sahiptir.

Uydunun hareketi sebebiyle sahip olduğu kinetik enerji uydunun kütlesi ile hızının karesinin çarpımının yarısına eşittir. Kinetik eylemsizliği nedeniyle hareket eden uyduda bir doğru boyunca yol almaya çalışır. Sonuç - uydunun kinetik eylemsizliği uydunun yörüngedeki konumundan uzakta ve teğetteki bir doğru boyunca hareketini sürdürmesine uğraşır.

## YÖRÜNGESEL HAREKETİN TAKLİTİ

Uzaydaki bir noktanın etrafında dönen cisimlerle ilgili olarak deney yapmak için ilginç bir yöntem aşağıdaki denemede olduğu gibi davranılmasıdır. Bir iplik makarası (tercihen boş), uzun bir ip parçası (yaklaşık 120 cm) ve hafif bir cisim (küçük lastik top, silgi ya da benzeri) ediniz. Cismi ipin herhangi bir ucuna sınıksıkı bağlayınız. Diğere ucu makaradaki delikten geçirip ipi kopartmadan mümkün olduğunca asınız. Açık bir alanda durup makarayı bir elinizle

başınızın üzerinde tutunuz. Diğere elle de ipi tutunuz. İpin hareketini diğere elle durdurmadan önce makaranın arasından geçirilmiş yaklaşık 30 cm'lik ipe asılmak suretiyle cismi bırakınız. Cismi makara etrafında döndürmeye başlayınız.



Cismin ipi çektiğindeki kuvveti hissediniz. Cismi daha hızlı döndürünüz. Çekişin ne kadar büyümeye başladığına dikkat ediniz.

\*\*

Hareket eden cisimler momentuma sahip olurlar. Bir cismin momentum miktarı kütlesiyle hızının çarpımı suretiyle belirlenmektedir. Örneğin, saniyede 4.85 mil hareket eden (Dünyanın yüzeyi yukarısında 100 mil yükseklikteki dairesel yörüngeli bir uydunun yörünge hızı) 100 pound (kütle)'luk bir uydunun 2,560,800 foot-pound/saniye (100lbs. x 4.85 mil/saniye x 5280 feet/mil)'lik bir momentumu olacaktır. Benzer bir şekilde metrik sistemli ölçümde ise, 7790 metre/saniyelik bir hızda hareket eden 45 kilogram (kg)'lık bir uyduda 350,550 kg-m/s. bir momentuma sahip olacaktır.

Hareketli bir kütlelenin sahip olduğu eylemsizlik kütlelenin bir doğru boyunca sabit bir hızda hareketini sürdürmesine çalışır. Döndürdüğünüz cisim doğrusal bir yolda ilerlemeye çabalasa da, ipin cismin dairesel bir rotada hareket etmesine neden olan sürekli bir kuvvet uygular.

Döndürülen cisim ve makara bir uyduda ve Dünyaya benzetilebilir. İp yerçekimini temsil ederken, döndürülen cisim uyduda olup Dünya makarasıdır. Bu doğru olmamasına rağmen gerçek durumun bir modelidir.

İpi aniden serbest bırakırsanız makaranın etrafında dönen cisme ne olur? Bu, Dünyanın yerçekimi aniden yok olursa eylemsizliğin yapay bir uyduda ne yapacağına benzetilebilir.

\*\*



**Eylemsizlik cismin bir doğru boyunca sabit bir hızda ilerlemesine neden olur.**

Cismi daha hızlı ya da daha yavaş döndürmek ve ipin uzunluğunu değiştirmek suretiyle, birçok ilginç denemeler yapmak mümkündür. Bu yörüngedeki bir uyduda üzerinde etkili olan kuvvetleri anlayabilmeniz için bir "sezgi" edinmenize yardımcı olur.

Yapılabilecek bir örnek de kısa bir ipin (alçak yörünge) dolanma süresinin ölçümünün aynı zamanda çok daha uzun bir ipin dolanma süresiyle karşılaştırıldığında ip üzerindeki çekişin sürekli olarak epeyce sürdürmek olmasıdır.

# DEĞERLENDİRME

## NEWTONUN BİRİNCİ HAREKET KANUNU

### Bölüm I

Her bir ifadeyi okuyup Doğru ya da Yanlış olup olmadığına karar veriniz (D ya da Y yazınız).

- \_\_\_\_\_ 1. Uyduların hepsi insan yapımıdır.
- \_\_\_\_\_ 2. Yerçekimi yörüngedeki uydular üzerine etki etmez.
- \_\_\_\_\_ 3. Dünyadan uzaklaştıkça atmosfer incelmeye rağmen, 1600 kilometrelik bir irtifada hala ölçülebilir bir miktarda hava bulunmaktadır.
- \_\_\_\_\_ 4. Dengesiz bir kuvvet hareketi değişikliğe uğratmaz.
- \_\_\_\_\_ 5. Bir kütlelin havanın içinden geçerken ki hızı üretilen sürüklenme miktar üzerinde etkili değildir.
- \_\_\_\_\_ 6. Bir uydunun Dünyaya olan mesafesi değiştikçe kütlesi de değişir.
- \_\_\_\_\_ 7. Bir uydunun eylemsizliğe sahiptir.
- \_\_\_\_\_ 8. Bir uydunun aslında Dünya etrafında düşmektedir.
- \_\_\_\_\_ 9. Daha yüksek yörüngelerde bulunan uydular daha alçak yörüngelerde bulunanlardan çok daha uzun devir süreli yörüngelerde kalırlar.
- \_\_\_\_\_ 10. Momentum yalnızca bir uydunun üzerine etki eden büyük bir kuvvettir.
- \_\_\_\_\_ 11. Dairesel yüksek bir yörüngedeki uydunun düşük yörüngedeki aynı bir uydudan daha yüksek bir dairesel hıza sahiptir.
- \_\_\_\_\_ 12. Bir uydunun 'devir süresi' düşmeden önceki yörüngede sahip olduğu devrine tekabül eder.



- \_\_\_\_\_ 13. "Kaçış hızı" bir uydunun Dünyanın yüzeyinden fırlatılması için gereken kuvvete tekabül eder.
- \_\_\_\_\_ 14. Hareket halindeki bir cisme dengesiz bir kuvvet etki etmedikçe, cisim farklı hızlarda hareketine devam eder.
- \_\_\_\_\_ 15. Dairesel bir yörüngedeki bir uydunun herhangi bir belirlenmiş irtifası için, sadece sürdürmesi gereken tek bir, belirli hızı vardır.
- \_\_\_\_\_ 16. Ağırılığınız Everest tepesinin (dünyadaki en yüksek dağ) zirvesinde Ölüm Vadisi (dünya yüzeyindeki en düşük rakım)'nde olduğundan daha az olacaktır.

### Bölüm II

Çoktan seçmeli.

Her bir ifadeyi tamamlamak için en uygun kelime ya da kelimeleri daire içine alınız ya da altını çiziniz.

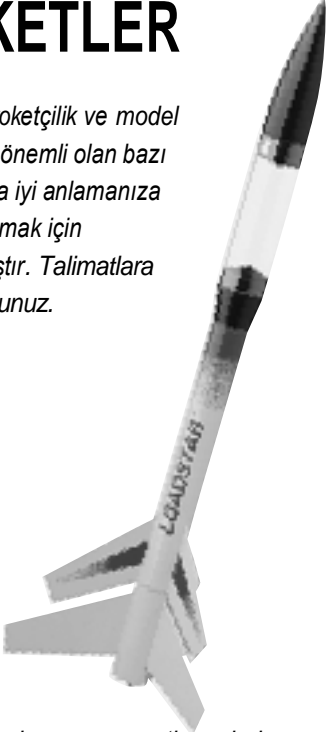
17. Hareketsiz kütlelerin sahip olduğu eylemsizlik (kinetik, sabit, statik) eylemsizlik olarak adlandırılır.
18. Bir uydunun Dünyanın yüzeyine yakın dairesel bir yörüngeye girmesi için gereken hız saatte yaklaşık ( 35,888, 29,000, 80,000) kilometre'dir.
19. Ay, Dünyanın (yerçekimi, manyetik kuvvet, güneş enerjisi) ile Dünyaya doğru çekilir.
20. Güneş sistemimizde (onbir, dokuz, otuz) gezegen bulunmaktadır.
21. Yörüngedeki bir uydunun etki eden kuvvet (mermi yolu, yörüngesel, yerçekimi)'dir .
22. Bir kütlelin havanın içinde iken hareketinden oluşan dirence (sürüklenme, itme, kaldırma) adı verilir.
23. Havanın içindeki hareketli bir kütlelin momentumu (kuvvet, yükseklik, kütle) ile hızının çarpımı suretiyle ölçülür.
24. Dünya etrafında hareket eden bir uydunun izlediği rotaya uydunun (vertigo, yörünge, mermi yolu) adı verilir.
25. Bir uydunun Dünyanın çevresinde bir tur atmak için ihtiyaç duyduğu zamana uydunun (parça, parçacık, devir süresi) adı verilir.
26. Bir uzay aracının yörüngeden çıkıp Aya doğru gitmesi için gereken hıza (ayrılış, kaçış, momentum) hızı denir.

# NEWTONUN İKİNCİ HAREKET KANUNU:

Kuvvet kütle ile ivmenin çarpımına eşittir.

## DENGESİZ KUVVETLER VE ROKETLER

Bu bölüm roketçilik ve model roketçilikte önemli olan bazı fikirleri daha iyi anlamana yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Talimatlara dikkatle uyunuz.



Bir kurşunkalem ve on santim eninde ve yirmibeş santim uzunluğunda karton ya da kalın bir kağıt şerite ihtiyacınız olacaktır. Bu şeridi bir sonraki sütunun üzerine koyup ilk noktalı çizgiye gelene kadar kağıdı aşağıya hareket ettiriniz. Konuyu çalışıp ardından boşluk(lar) doldurunuz.

Cevabı görmek için kağıdı aşağıya doğru hareket ettirip cevabınızı kontrol ediniz. Doğru düşünceyi ifade ettiği sürece cevabınızın verilen aynı kelimelerde olmasına gerek yoktur. Yanıtınız yanlışsa, konuyu inceleyerek, cevabınızı düzeltiniz ve yeni bir paragrafa geçiniz. Bu bölüm boyunca bu adımlara uyunuz.

Önceki bölüm (Newtonun Birinci Kanunu) dengersiz kuvvetlerin olmadığı zamandaki durumu inceledi. Bundan genellikle *statik* bir durum olarak bahsedilir; ivme yoktur. *Dengesiz bir kuvvet* karşı bir kuvvetin üstün gelmediği bir kuvvettir. Dinamik bir durumu oluşturacak ivmeye (hızdaki bir değişiklik) neden olan dengersiz kuvvetlerin var olduğu zamandaki etkiyi inceleyelim.

Matematiksel olarak, Newtonun İkinci Kanunu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$F = m \times a$$

burada:

F = kuvvet(Newton veya pound)

m = kütle (kilogram veya kütle ölçüleri)

a = ivme(m/s<sup>2</sup> ya da ft/s<sup>2</sup>)

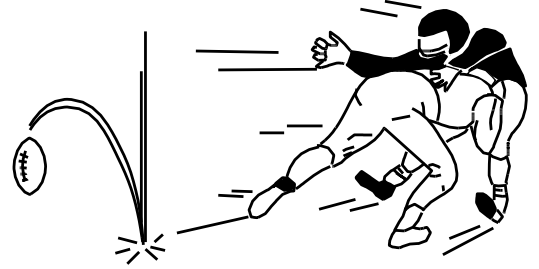
Statik bir duruma (ivme sıfır) sahipsek, eşitliğin sağ tarafı sıfır olur. Ayrıca kuvvetlerin net tutarında sıfıra eşittir.

Bu bize dengersiz kuvvetlere sahip olmadığımızı gösterir. Dengersiz kuvvetlerin var olduğu (bütün kuvvetlerin net toplamı sıfıra eşit değildir) *dinamik* bir durumda, m kütleli cismin gerçek değerini belirten nicelik (m x a) a miktarıyla hızlanacaktır.

İvme miktarının dengersiz kuvvetlerin büyüklüğüyle doğru orantılı olduğunu görebilirsiniz; kuvvet büyüdükçe, ivme de büyür. İvmenin büyüklüğü aynı zamanda harekete direnç gösteren kütle miktarıyla ters orantılıdır; kütle

büyüdükçe, ivme de küçülür.

Bir Amerikan futbol oyuncusu hücumu beklemeyen başka bir oyuncuya hücum ederse, hücumla uğrayan oyuncu dengersiz bir kuvvete maruz kalır. Büyük bir ihtimalle de birkaç adım öteye sendeler!



Bir cismi kol mesafesinden tutup, bıraktırsanız, ne olur?

Cisim -----.

düşer.

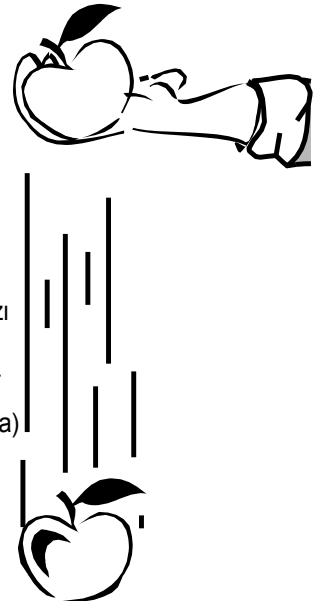
## İVME

Hareket eden bir cismin hızı değiştiği zaman, cisim ivmelenir.

Cisim, daha büyük bir hızla hareket ettirildiğinde, cismin *pozitif ivme*

kazandığını söyleriz.

Tam tersine, hızı azalan hareketli bir cisim *negatif ivme* (yavaşlama) etkisi altına girecektir.





Bir cisim üzerine etki eden dengesiz bir kuvvet cismin \_\_\_\_\_ neden olur.

hızlanmasına

Cismi tutarken serbest bıraktığınızda, \_\_\_\_\_ kuvveti nedeniyle \_\_\_\_\_ ivme kazanır.

yerçekimi pozitif

Bir kuvveti tam olarak tanımlamak için kuvvetin büyüklüğünü (miktarı) ve kuvvetin etki ettiği yönü bilmemiz gerekmektedir.

\_\_\_\_\_ etki ettiği yöndeki bir cismi dengesiz bir \_\_\_\_\_ ivmelendirir.

Kuvvetin kuvvet

Diğer bütün faktörler sabitken, bir topu ne kadar sert fırlatırsanız, o kadar uzağa gidecektir. Topu sadece azıcık bir kuvvetle fırlatırsanız, top küçük bir ivme kazanır.

Topu fırlatabileceğiniz kadar sert fırlatırsanız, top büyük bir ivme kazanır.

Büyük bir kuvvet, aynı cisim üzerinde daha küçük bir kuvvetten \_\_\_\_\_ bir ivme oluşturur.

daha büyük

Daha büyük bir ivme, aynı zaman süresindeki küçük bir ivmeden \_\_\_\_\_ bir hız değişikliği oluşturur.

daha büyük

# MOMENTUM

Hareketli tüm cisimler *momentuma* sahiptir. Hareketli bir cismin momentumu cismin kütlesiyle (cismin madde miktarı) hızının (belirli bir yöndeki hız) çarpımı suretiyle belirlenir.

## KÜTLE x HIZ = MOMENTUM

Hangisinin daha fazla momentumu vardır?: belirli bir hızda hareket eden bir top ya da daha yüksek bir hızda hareket eden benzer bir top? -----hızda hareket eden topun daha büyük bir momentumu vardır.

yüksek

## İTME KUVVETİ

Bir cisim üzerine etki eden dengesiz kuvvet ne kadar büyükse, kuvvetin ürettiği hız o kadar büyüktür.

Bir roket motorunun ileriye doğru oluşturduğu kuvvete *itme kuvveti* adı verilir.



Toplam kütleleri eşit olan roketlerin her motoru kendi başına eşit itme kuvveti üretiyorsa, hangi roket daha fazla hızlanacaktır? \_\_\_\_\_ roketi diğer roketten daha fazla hızlanacaktır.

A

Bir cisim ne kadar ağırsa, belirli bir ivmeye ( hız değişiminin oranı) ulaşmak için gerekli olan kuvvet o kadar büyüktür. Diğer bir ifadeyle, belirli bir

kuvvet az kütleli bir cismi daha büyük kütleli cismi hızlandırdığından daha fazla hızlandıracaktır.

C ve D roketlerinin motorları aynı itme kuvvetini üretmektedir. C roketi D roketinden çok daha fazla kütleye sahiptir.

\_\_\_\_\_ roketinin diğer roketten daha büyük bir ivmesi olacaktır.

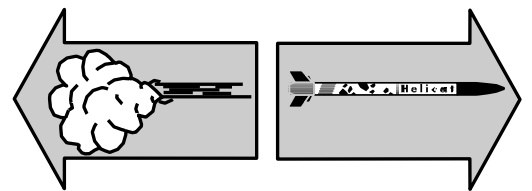


D

Bir roket motoru belirli bir itme kuvveti üretebilir. Bir uydunun istenen hıza ulaşmasını sağlamak için, roket uyduyu sıfır hızdan istenilen hıza hızlandırmalıdır.

Raketin tümü(uydu, motor, itici yakıt, gövde, vb.) motorun itme kuvvetiyle hızlandırılır.

Bir roketin kazandığı toplam momentum roketin egzoz gazları tarafından edinilmiş toplam momentuma eşittir. Bildimiz gibi, momentum kütleyle hızın çarpımıdır. Bir Estes roketin egzoz gazları düşük kütleli olsa da hızı son derece süratlidir. Toplam momentum aynı olduğu için, egzoz gazlarından daha büyük kütleye sahip olan bir roket, egzoz gazlarından daha düşük bir hız elde edecektir.



ETKİ

TEPKİ

Daha büyük kütleli bir roket uygulandığı gibi aynı itme kuvveti küçük kütleli bir roket de uygulanırsa, daha küçük kütleli mi yoksa daha büyük kütleli roket mi daha yüksek bir ivme kazanacaktır?

daha küçük kütleli roket

Newtonun ikinci hareket kanunu  $F/m=a$  olarak yeniden yazılırsa, görüleceği gibi motorun itme kuvvetinin ivmelendirdiği bir roketin kütlelerinin azaltılması roketin daha büyük bir ivme kazanmasını sağlayacaktır. Bu, roketin daha yüksek hızlara ulaşmasıyla sonuçlanır.

Roketin motoru belirlenmiş bir süre çalıştığında roketin toplam kütlesi azalacağından roket yükü \_\_\_\_\_

daha büyük

Fırlatma rampasındaki bir roketin üstünde bulunan bir uydunun yörüngeyi temin için pozisyonunu değiştirmesi kütlelerini değiştirmeyecektir. Fırlatma rampasındaki uydunun sıfır momentumu (kütleli çarpı sıfır hız sıfır momentuma eşittir) olmasından başka yörüngesinde izlediği büyük bir momentumu vardır. Uydu momentumunda çok büyük bir değişiklik geçirmiştir. Dünyanın hareketi nedeniyle Dünyadaki bütün cisimlerin sahip olduğu momentum bu kitapçıkta ele alınmamıştır.

## İTME KUVVETİ

Küçük bir itme kuvveti üretmesinden başka uzun süre çalışan küçük bir motor belli bir yük kütlelerini yüksek bir hıza erişirebilir (itme kuvvetinin roketin ağırlığı ve sürüklenme birleşiminden daha büyük olduğu farzedildiğinde). Bu, Newtonun ikinci kanunundan ileri gelen *itici kuvvet* ilkesidir. Uygun matematik ve fizik temellerine göre, çıkan formül aşağıdaki gibidir:

**$F = m \cdot a$  Newtonun ikinci kanunu**

$F = m \frac{dv}{dt}$  a (ivme) hızın zamana oranla birinci türevidir.

$F \Delta t = m \Delta v$  eşitliğin her iki yanı  $\Delta t$  ile çarpılırsa

$F \Delta t = m \Delta v$   $\Delta$  işareti; a türevindeki bir değişikliği belirtir.

$\Sigma F \Delta t = m(v_f - v_i)$   
Bütün kuvvetlerin toplamıyla onların etki ettiği süre çarpımı cismin kütleleriyle hızdaki değişikliğin çarpımına eşittir. İlk hız  $v_i$  olup son hız  $v_f$  'dir.

Eşitliğin sol tarafı **itici kuvveti** (kuvvet çarpı zaman) ve sağ tarafında **momentumu** (kütle çarpı hız) ifade etmektedir. Bu eşitlik bütün itici kuvvetlerin toplamının momentumdaki değişikliğe eşit olduğunu gösterir. Daha küçük motorumuz daha uzun süre çalıştığı için, roket daha büyük hızlara erişebildi. Daha büyük itme kuvveti üreten daha büyük bir motor \_\_\_\_\_ bir süre çalışmakla aynı yük kütlelerini aynı hıza erişirebilir.

daha kısa

Küçük bir itme kuvveti üreten küçük bir roket motoru yüklü ve gerekli itici yakıtlı bir roketi havalandıramaz. Bundan dolayı, çoğu kez büyük bir motor ya da küçük motorların bir grubu roketi fırlatma rampasından fırlatmak için gereklidir.



roketin kütlelerini azaltarak roketten ayrılan gazlara dönüşür. Sonuç olarak, sabit bir itme kuvveti düzeyi roketlerin

hızlarında bir \_\_\_\_\_ yapabilir.

artış

Bir roketin kütlesi ne kadar büyükse, belli bir toplam itme kuvveti için üretilen ivme o kadar \_\_\_\_\_.

azdır

## ÇOK-KADEMELİ ROKETLER



Çok kademeli bir roketin her kademesinde itici yakıt kullanıldığından dolayı, kademe atılabilir. Bu, roketin kütlelerini azaltır (kademelerin diğer parçalarının ve motorun uzaklaştırılması suretiyle). Sonuç olarak, bir sonraki kademe motorununun itme kuvveti daha küçük bir kütleli iter. Bu, motora, roketin daha ağır olduğu ana nazaran, roketi daha fazla ivme kazandırmasına imkan verir. Ayrıca, halihazırda hızı devam ettirmek için motorun itme kuvvetinin azalmasına imkan verir. Bu motorun daha uzun çalışarak belli bir miktar yakıt kullanarak roketin daha yüksek bir irtifaya ulaşmasına imkan verir.

Bir roketin kademeleri roketin geri kalanından ayrıldığında, roketin toplam kütlesi \_\_\_\_\_.

azalır

Belli bir itici yakıt kütlelerinden dolayı kademelendirme, bir roket yükünün yalnız tek kademeli bir roket kullanılarak başarılabilmesine göre \_\_\_\_\_ bir hıza ulaşmasına imkan verir.

daha büyük

# DEĞERLENDİRME

## NEWTONUN İKİNCİ HAREKET KANUNU

### Bölüm I

Her bir ifadeyi okuyup Doğru ya da Yanlış olup olmadığına karar veriniz (D ya da Y yazınız).

- \_\_\_\_\_ 1. Hareketli bir cismin momentumu cismin kütlesiyle ağırlığının çarpımı suretiyle belirlenir.
- \_\_\_\_\_ 2. Dengesiz bir kuvvet karşıt bir kuvvetle dengelenen bir kuvvettir.
- \_\_\_\_\_ 3. Hareketli bir kütle pozitif (artan) doğrultuda hareket ederken negatif ivmeye (yavaşlama) maruz kalırsa yavaşlar.
- \_\_\_\_\_ 4. Bir cisme etki eden daha büyük dengesiz kuvvet, daha büyük ivme kuvveti üretir.
- \_\_\_\_\_ 5. Çok kademeli bir roketin ilk kademesi atıldığında, sonuç roketin kütlesinde azalmadır.
- \_\_\_\_\_ 6. Küçük ve büyük kütleli roketlere eşit itme kuvvetleri uygulanırsa, büyük kütleli roket daha fazla ivme kazanacaktır.
- \_\_\_\_\_ 7. Çok kademeli bir rokette C6-0 ve C6-7 motorları kullanarak, azami hıza üst kademeye ulaşılır.
- \_\_\_\_\_ 8. Bir roketin toplam kütlesi motor çalışırken azalır.

- \_\_\_\_\_ 9. Aynı iki roket farklı motorlar kullanılarak fırlatılmaktadır. Yakıt yandığında, A roketi B roketinden daha büyük bir hıza sahiptir. Daha büyük momentuma sahip olan B roketi A roketinden daha uzun bir süre süzülecektir.
- \_\_\_\_\_ 10. 450 gram ağırlığındaki bir roket 2.5 Newton itme kuvveti üreten bir motorla fırlatılmaktadır. Dengesiz kuvvetler roketin fırlatma rampasından kalkmasına izin veren pozitif doğrultudaki ivmeyi doğuracaklardır.

### Bölüm II

Çoktan seçmeli.

Her bir ifadeyi tamamlamak için en uygun kelime ya da kelimeleri daire içine alınız ya da altını çiziniz.

11. Bir roketin kademesi roketin geri kalanından ayrıldığında, roketin toplam kütlesi (artar, azalır, aynı kalır).
12. Aynı zaman zarfında, büyük bir ivme küçük bir ivmeden (daha az, bir miktar, daha fazla) hız değişimi meydana getirir.
13. Karşı bir kuvvetin üstün gelmediği bir kuvvet (dengeli, sabit, dengesiz) bir kuvvet olarak adlandırılır.
14. Hareket eden bir cismin hızı değiştiği zaman, cisim (durur, döner, ivmelenir).

15. Bir roketin kazandığı toplam momentum roketin (motor kuvveti, egzoz gazları, elektriksel yükü) tarafından edinilmiş toplam momentuma eşittir.
16. Büyük kütleli bir roket uygulandığı gibi aynı itme kuvveti küçük kütleli bir roket de uygulanırsa, (büyük, küçük, dairesel) kütleli roket daha fazla ivme kazanacaktır.
17. Roketin motoru belirlenmiş bir süre çalıştığında roketin toplam kütlesi azalacağından, roket yükü (daha büyük, daha küçük, aynı) hıza ulaşabilecektir.
18. Kütleyle hızın çarpımı (ivme, yerçekimi, momentum) eşittir.
19. Kuvvet çarpı zamandaki değişiklik (hız, itici kuvvet, itme kuvveti) eşittir.
20. Çok kademeli bir roketin en üst kademesi çok yüksek hızlarda gideceği için, bu kademe önceki kademedenden (daha yüksek, daha düşük, aynı) itme kuvvetinde çalışmakla daha uzun bir süre yanabilir.



# NEWTONUN ÜÇÜNCÜ HAREKET KANUNU:

Her etki için, eşit ve karşıt bir tepki vardır.

## ROKETLER ZİT YÖNDE UZAYDA NEYİ İTERLER



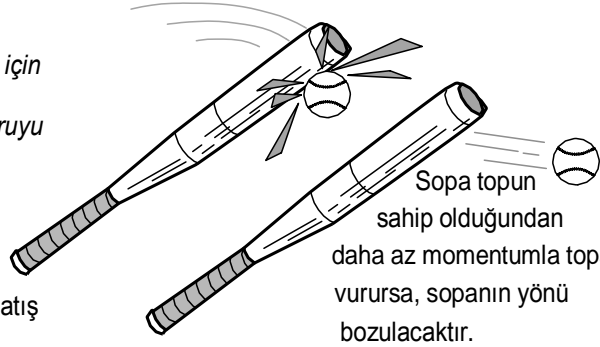
Her seferinde\* \* ortaya çıktığında, hemen okumayı durdurup soruyu cevaplayınız ya da önerilmiş olan çalışmayı hemen yapınız. Düşünüp taşındıktan sonra çalışmanın niçin yapıldığını çözmek için uğraşınız. Okumayı sürdürmeden önce her soruyu cevaplamaaya çalışınız.

Bezbol oynarken birinin size doğru atış yaptığını hatırlıyor musunuz? Topa sopayla sağlamca vurmanız, bezbol topunun tersine yönelmesine ve diğer yöne hızla gitmeye başlamasına neden olur. Bu iş için çok fazla kuvvet gerekir. Kuvveti sopayı sallayarak sağladınız.

Ne olduğunu analiz edelim. Atıcı topu attığında çok fazla kuvvet harcar. Bu kuvvet topa *momentum* kazandırır. Momentum hareketli cismin *kütlesine* ve *hızına* (sürat) bağlıdır. Dolayısıyla, bezbol topunun momentumu da bezbol topunun kütlesine ve atıldığındaki hızına bağlıdır.

Topa vurduğunuz kuvvet miktarı sopanızın momentumuna bağlıdır. Sopanın kütlesi, sopayı bir parça kırmadığınız ya da sopaya bir parça eklediğiniz sürece sabit kalır. Sopanın momentumunu değiştirmenin tek yolu hızını değiştirmektir.

Sopayı daha hızlı sallarsanız, daha fazla momentum kazanır. Sopanız toptan daha fazla momentuma sahip olursa, topun momentumu sopanın momentumunu aşarak sopanın hala sahip olduğu fazladan momentum topa aktarılır. Top ve sopa ters yönde hareket ettiğinden dolayı, topun yönü geriye olacaktır.



Sopa ve top tam olarak aynı momentuma sahip olursa, her biri diğerine dokunduktan sonra geri sıçrayacaktır.

Bir roketin motoru roketi hareket ettirmek için havayı mı iter? Bu soruyu cevaplayabilecek bazı deneyler yapalım.

İki şeye ihtiyacınız olacaktır. Biri işaret parmağınız, diğeri üstü düzgün dayanıklı bir sıra ya da masa.

İşaret parmağınızı masanın üzerindeki düz alanın ortasına koyunuz.

Bu noktanın üzerine yavaş yavaş bastırınız.

\* \*

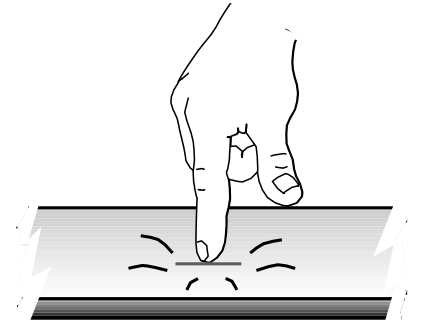
... Şimdi daha sert bastırınız.

\* \*

... Daha da sert bastırınız.

\* \*

Masa geriye doğru itiliyor mu? Yine daha sert bastırın. Ama parmaklarınız ya da masayı kırmayın!

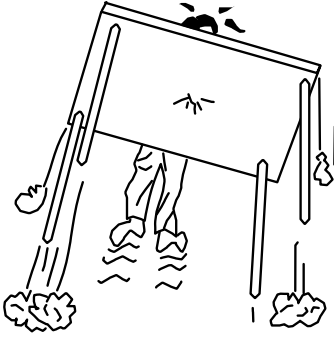


Yine masa geriye gitmiyor mu? Gitmediyse, parmaklarınız niçin masadaki noktaya doğru gitmiyor? Masaya bir kuvvet (etki) uygularsanız, masa parmaklarınızı geriye doğru itecektir. Sopaya vuran topun momentumu sopanın eylemine karşı bir *tepki* oluşturur. Parmaklarınızla uygulanan kuvvete tepki ne olurdu?

\* \*

Parmaklarınızla uyguladığınız kuvvet "etki" ise, o zaman tepki de masanın bu kuvvete olan direncidir. Parmaklarınızla masanın dayanabileceğinden daha fazla kuvvet uygularsanız ne olur?

\* \*

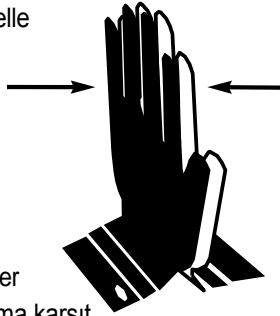


Uygulanan kuvvet, hareketsiz olarak direnç gösteren cisme uygulanan kuvvetten daha büyükse, kuvvetin uygulandığı kısım hareket edecektir. Masanın tepki göstereceği kuvvetten daha fazla kuvveti parmağınızla uygularsanız, parmağınız incinecek veya masada bir delik açacak veyahut da masa hareket edecektir. Her etki daima eşit bir tepki meydana getirdiğinden, gerek etkide ve gerekse tepkide aynı kuvvet miktarı olur.

Masa parmakla uygulanan kuvvete karşı daha büyük bir kuvvetle tepki gösterirse, bu, denemenin yeni alanını meydana çıkaracaktır.

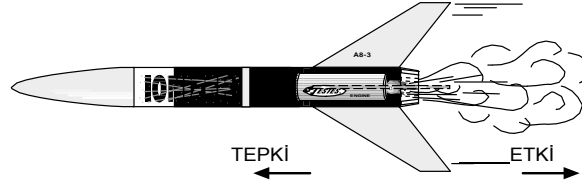
Her etki için karşı yönde eşit bir tepki vardır görüşü üzerinde itirazınız varsa, ellerinizi önünüzde birbirlerine karşı itmeyi deneyiniz. Kol kaslarınız ellerinizi birlikte eşit olarak kuvvetle ittiğinde, hareket olmaz.

Sağ el sol elden daha kuvvetli itme yaparsa, her iki eli de sola doğru hareket ettiren ivme meydana gelir. Bununla birlikte, sol elin maruz kaldığı tepki kuvveti sağ elle sarfedilmiş kuvvete eşit olacaktır.



Bütün bu denemeler her etki için eşit ama karşıt bir tepki vardır sonucunu göstermeye yardım etmek için yapılmıştır. Bir rokette etki, ya yanma odasında yakıt ve oksitleyiciyi birleştiren kimyasal

reaksiyonla ya da Estes roketinizdeki gibi katı bir itici yakıtın yanışıyla üretilen egzoz gazlarının roketi itmesi olarak görünür.



Yanma odasının kenarları gazların yan yöne kaçmalarına engel olur. Yanma odası gazların kaçışına izin vermeyeceğinden dolayı gazlar ileriye doğru kaçamaz. Dışarıya doğru olan tek açıklık nozuldür. Yakıt yanarken çok büyük bir hacimli sıcak gazlar oluştuğunu hatırlayınız.

Bu sıcak gazların kütlesi vardır ve bu kütle yalnızca yüksek hızda roketin nozulünden çıkabilir. Bu, gazların büyük bir momentumu ( gazların kütlesi çarpı gazların hızı) olduğu anlamına gelir.

Egzoz gazları etkiden dolayı momentum kazanırlar. Tepki, roketle eşit ama karşıt yönde momentum kazandırır. Roketin momentumu (teпки), düşük kütleli, yüksek hızlı egzoz gazlarının momentumuna (etki) eşit olmak için büyük kütleli roketle düşük bir hız kazandırır.

Roketin yanma odasındaki dengesiz basınç bir roketi uzayda iten şeydir.

Bu ilkeyi gösterebileceğiniz başka bir eylem de kendinizi roketin yerine koymayı gerektirir. Bu iş için, kaldırılması zor bir ağırlık (5 - 10 kilogramlık beton bir blok iş görecektir) ve bir salıncağa ihtiyacınız olacaktır. Salıncakta oturur ve kucağınızda bir ağırlık tutarken serbestçe asılı durmak için ayaklarınızı yerden kaldırırsınız. Ağırlık ve salıncak haricinde hiçbir şeye temas etmeden ağırlığı, atabildiğiniz kadar kendinizden uzağa düz bir şekilde atınız. Ağırlığın birine çarpmasına ya da salıncaktan düşmemeye dikkat ediniz.

Ne oldu?

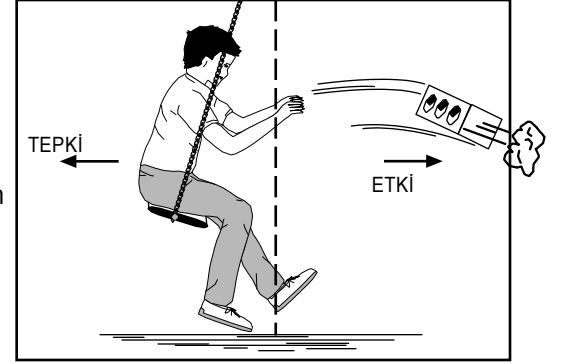
\*\*

Ağırlık zıt yönde hareket ederken salıncakla birlikte aynı yönde hareket edersiniz. Hangisi daha hızlı hareket eder - siz mi ağırlık mı?

\*\*

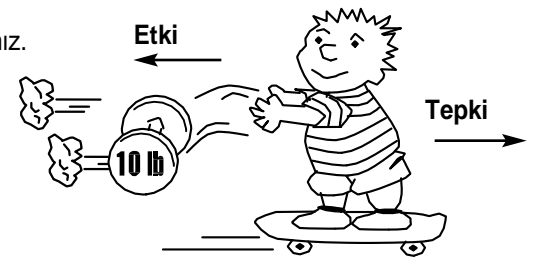
Ağırlığın kütlesi, sizden daha az olduğu için daha hızlı hareket eder. Hareket etmeye başladığınızda zıt yönde neyi itiyordunuz?

\*\*



Zıt yönde ittiğiniz ağırlık bir roketin egzoz gazlarına benzetilebilir. Ağırlığı tutan elleriniz bir roketin yanma odasının ön duvarı gibi aynı amaca hizmet eder. Kol kaslarınız bir roketi hareket ettiren "egzozu" oluşturan yakıt ve oksitleyicinin kimyasal reaksiyonuyla aynı işi yapar. Bir roketin, egzoz gazlarının zıt yönünde "itildiğini" uzayda görebiliriz.

Aynı deneme bir kaykay ve ağırlık kullanılarak yapılabilir.



# DEĞERLENDİRME

## NEWTONUN ÜÇÜNCÜ HAREKET KANUNU

### Bölüm I

Her bir ifadeyi okuyup Doğru ya da Yanlış olup olmadığına karar veriniz ( D ya da Y yazınız).

- \_\_\_\_\_ 1. Her etki için, eşit ve karşı yönde bir tepki vardır.
- \_\_\_\_\_ 2. Bir roket motorundan çıkan egzoz gazları roketi hareket ettirmek için atmosferi zıt yönde iter.
- \_\_\_\_\_ 3. Roket motorları Aydaki atmosferden dolayı Ayda çalışır.
- \_\_\_\_\_ 4. Uygulanan her kuvvet her zaman bir tepkiyle sonuçlanır.
- \_\_\_\_\_ 5. Parmağınızla bir masaya bastırırken, masa cansız bir cisim olduğundan dolayı hiçbir tepki göstermez.
- \_\_\_\_\_ 6. Uygulanan kuvvetin miktarı sonuçta oluşan tepki miktarını belirler.
- \_\_\_\_\_ 7. Momentum, uygulanan bir kuvvetin sonucu olabilir.
- \_\_\_\_\_ 8. Bir roket motorunda, egzoz gazlarını çıkaran kuvvet etki olarak nitelendirilir ve tepki de roketin hareketine neden olur.
- \_\_\_\_\_ 9. Bir roket motorunda, tepki etkiden daima büyüktür.
- \_\_\_\_\_ 10. Roket motorunun çalışması Dünyanın etrafındaki atmosfer bölgesiyle sınırlanmıştır.

### Bölüm II

Çoktan seçmeli.

Her bir ifadeyi tamamlamak için en uygun kelime ya da kelimeleri daire içine alınız ya da altını çiziniz.

11. Momentum hareketli cismin (yüzeyine, kütesine, yapısına) ve hareketli cismin hızına bağlıdır.
12. Bir roket motorunda (tepki, etki, hareket ettirme) egzoz gazlarından ileri gelmektedir.
13. (roket motorunun, fırlatma çubuğunun, yanma odasının) kenarları gazların yan yöne kaçmalarına engel olur.
14. Roketlerde, egzoz gazları etkiden dolayı momentum kazanırlar, (itme, hız, tepki), rokete eşit ama karşıt yönde momentum kazandırır.
15. Bir roketin yanma odasındaki (dengeli, dengesiz, aşırı) basınç, roketi uzayın her tarafında iter.



# DEĞERLENDİRME CEVAPLARI

## NEWTONUN BİRİNCİ HAREKET KANUNU

1. Y
2. Y
3. D
4. Y
5. Y
6. Y
7. D
8. D
9. D
10. Y
11. Y
12. Y
13. Y
14. Y
15. D
16. D
17. statik
18. 29,000
19. yerçekimi
20. dokuz
21. yerçekimi
22. sürüklenme
23. kütle
24. yörünge
25. devir süresi
26. kaçış

## NEWTONUN İKİNCİ HAREKET KANUNU

1. Y
2. Y
3. D
4. D
5. D
6. Y
7. D
8. D
9. Y
10. Y
11. azalır
12. daha fazla
13. dengesiz
14. ivmelenir
15. egzoz gazları
16. küçük
17. daha büyük
18. momentum
19. itici kuvvet
20. daha düşük

## NEWTONUN ÜÇÜNCÜ HAREKET KANUNU

1. D
2. Y
3. Y
4. D
5. Y
6. D
7. D
8. D
9. Y
10. Y
11. kütleline
12. etki
13. yanma odasının
14. tepki
15. dengesiz

Estes roketleri aynı tam ölçekli roketler gibi Newton'un Üç Hareket Kanunu doğrultusunda çalışmaktadır. Bu kanunları öğrenmek, roketler ve uyduların hareketlerini daha iyi kavramanızı sağlamak kadar Estes roketinizin çalışmasını daha güzel anlamanıza yardımcı olacaktır.

Yazar, birçok yapıcı önerileri için Denver Üniversitesi (CO) Fizik Bölümü'nden Dr. Mario Iona'ya şükranlarını sunmaktadır.

# NEWTON'UN HAREKET KANUNLARI VE MODEL ROKETÇİLİK

Yazan Robert L. Cannon  
Güncelleme ve düzenleme

Ann Grimm ve Jim Kranich  
Çeviri: Oktay Poyraz (Oktanyum)  
Merve Poyraz

[www.oktanyumroket.com](http://www.oktanyumroket.com)

Mart 2008



Estes Industries

1295 H Street

Penrose, CO 81240

© Telif hakkı 1972, 1979 & 1998 Centuri Corporation.

Tüm hakları saklıdır

EST 2821