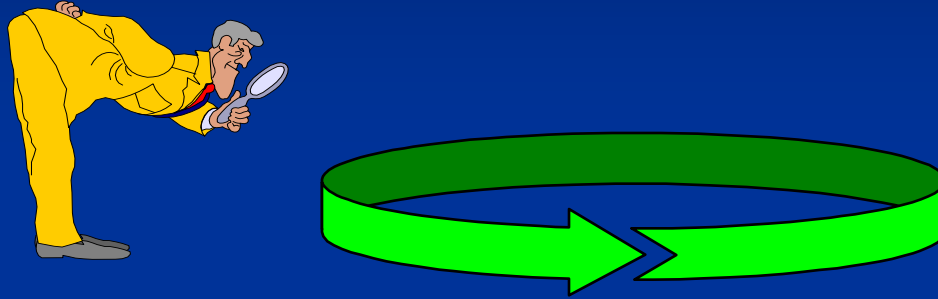


Fizik 101: Ders 4

Ajanda

- Tekrar ve devam: Düzgün Dairesel Hareket
- Newton'un hareket yasaları
 - Cisimler neden ve nasıl hareket ederler?

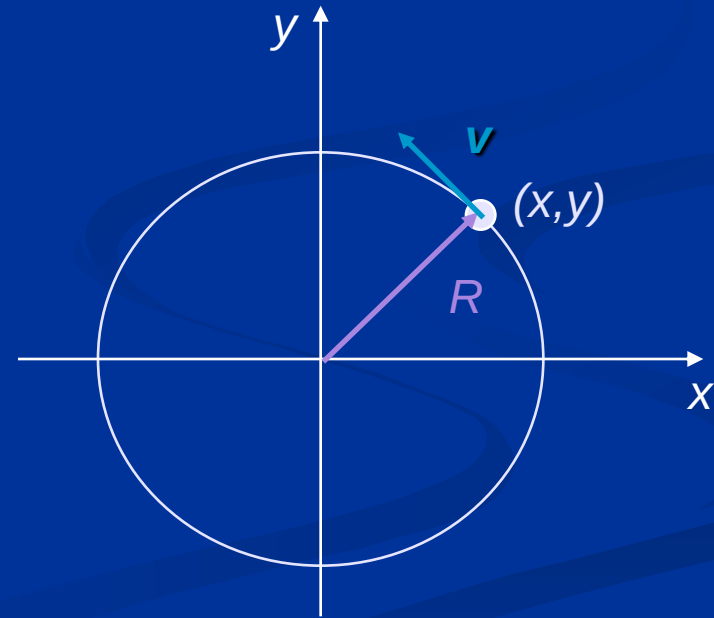
Düzgün Dairesel Hareket



- Ne demektir?
- Nasıl tanımlarız?
- Düzgün Dairesel Hareketten ne öğrenebiliriz?

DDH nedir?

- Daire üzerinde hareket. Ama Nasıl?
 - Sabit yarıçaplı R
 - Sabit hızla $v = |v|$



DDH'i nasıl tanımlarız?

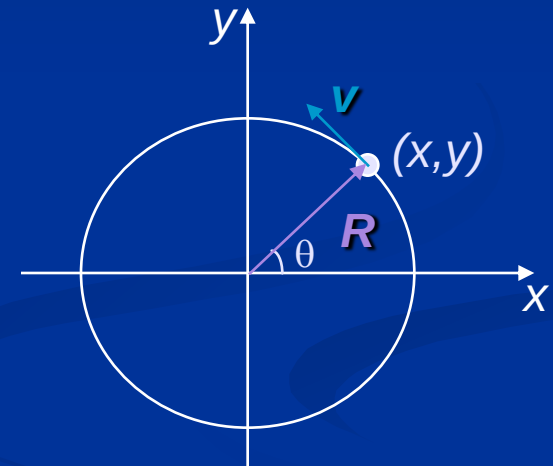
- Herhangi bir koordinat sistemi seçebiliriz:

- Kartezyen:

- (x, y) [konum]
- (v_x, v_y) [hız]

- polar:

- (R, θ) [konum]
- (v_R, ω) [hız]



- DDH'da:

- R sabittir (böylece $v_R = 0$).
- ω (açısal hız) sabittir.
- DDH'i tanımlamada polar koordinatlar (2D) en doğalıdır!

Polar koordinatlar:

- Bir daire üzerindeki yay uzunluğu s ile açı arasındaki bağlantı:

$s = R\theta$, burada θ açısal yer değiştirme.

- θ 'nin birimi *radyan*'dır.

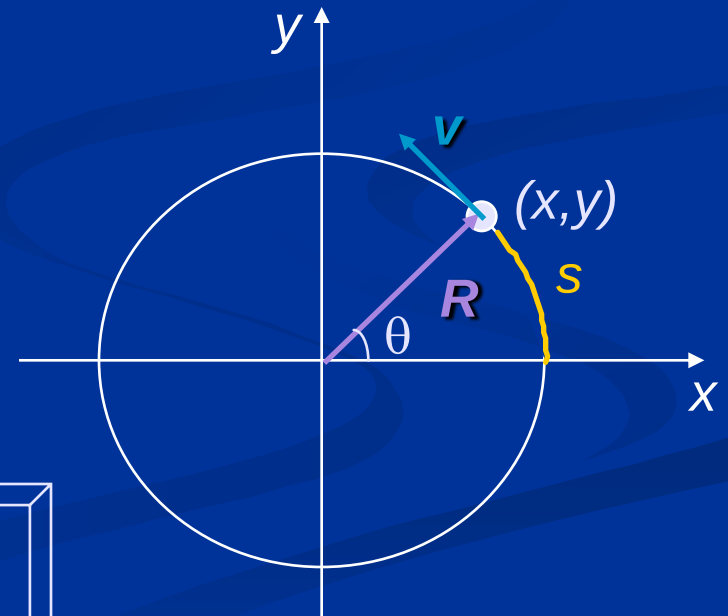
- Daire etrafında tam bir tur için:

$$2\pi R = R\theta_c$$

- $\theta_c = 2\pi$

θ 'nin *periyodu* 2π .

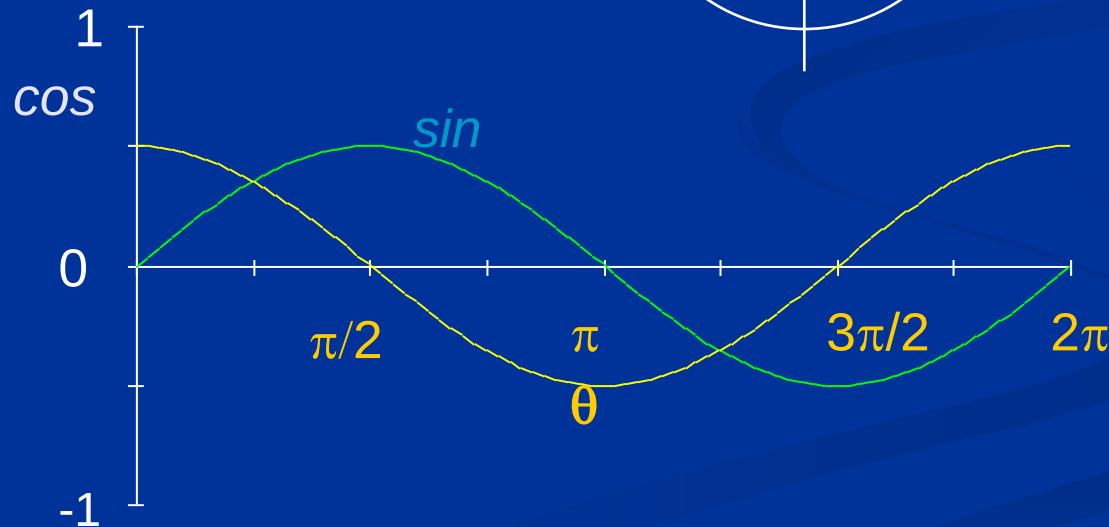
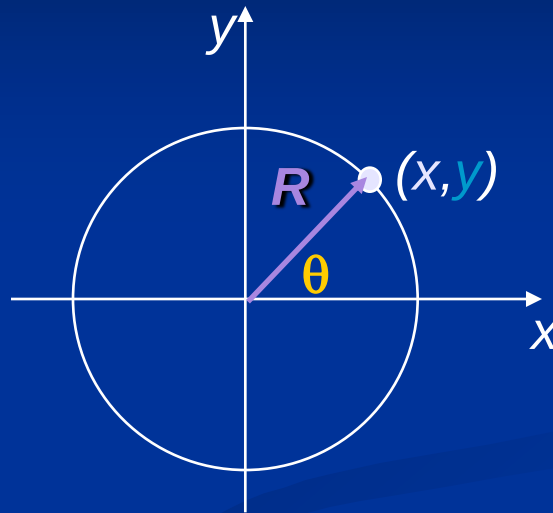
1 tam tur::dönü = 2π radyan



Polar koordinatlar...

$$x = R \cos \theta$$

$$y = R \sin \theta$$



Polar koordinatlar...

- Kartezyen koordinatlarda hız $dx/dt = v$.

- $x = vt$

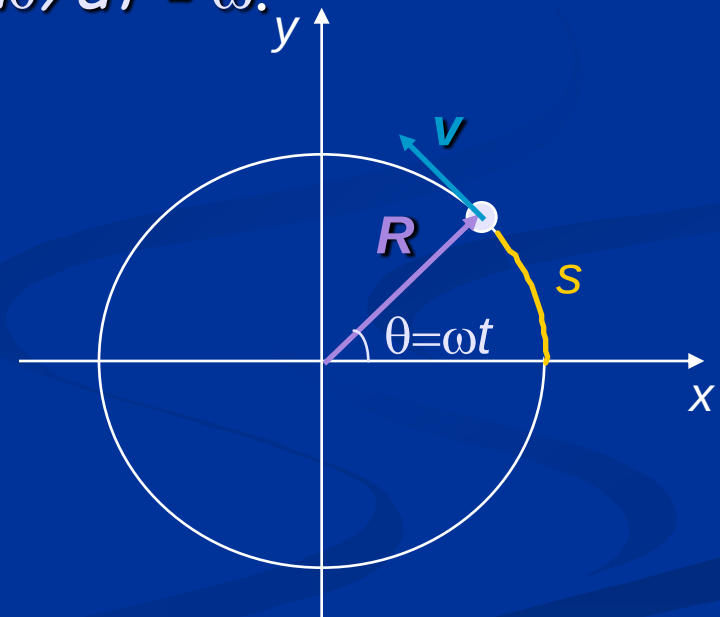
- Polar koordinatlarda açısal hız $d\theta/dt = \omega$.

- $\theta = \omega t$

- ω nın birimi *radyan/saniye*.

- Yer değiştirme $s = vt$.

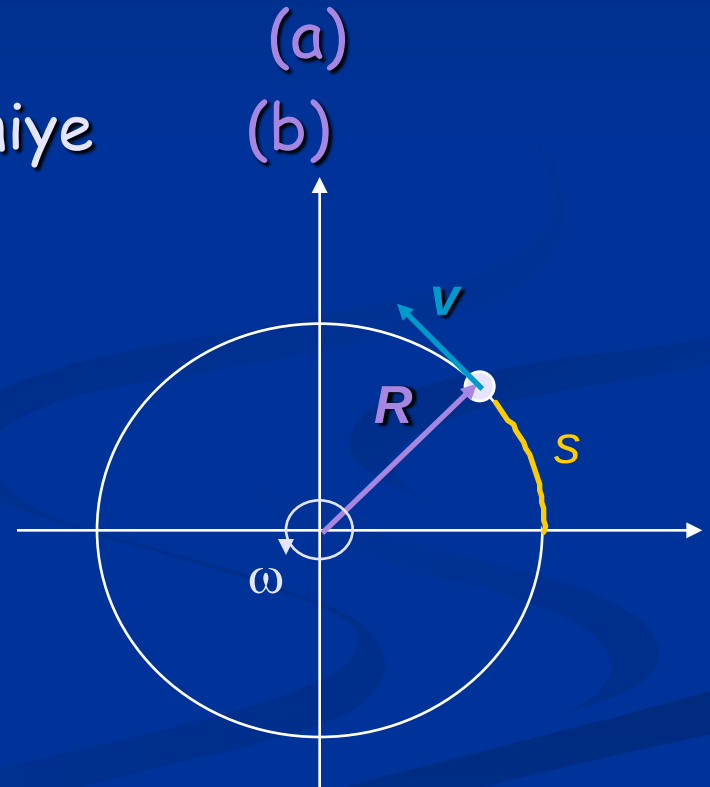
burada $s = R\theta = R\omega t$, dolayısıyla:



$$v = \omega R$$

Periyot ve Frekans

- Anımsatama: 1 tam dönü = 2π radyan
 - frekans (f) = dönü / saniye
 - Açısal hız (ω) = radyan / saniye
- (a) ve (b) birleştirilirse:
 - $\omega = 2\pi f$
- Sonuç olarak:
 - Periyot (T) = saniye / dönü
 - Sonuç: $T = 1 / f = 2\pi / \omega$



$$\omega = 2\pi / T = 2\pi f$$

Özet:

$$x = R \cos(\theta) = R \cos(\omega t)$$

$$y = R \sin(\theta) = R \sin(\omega t)$$

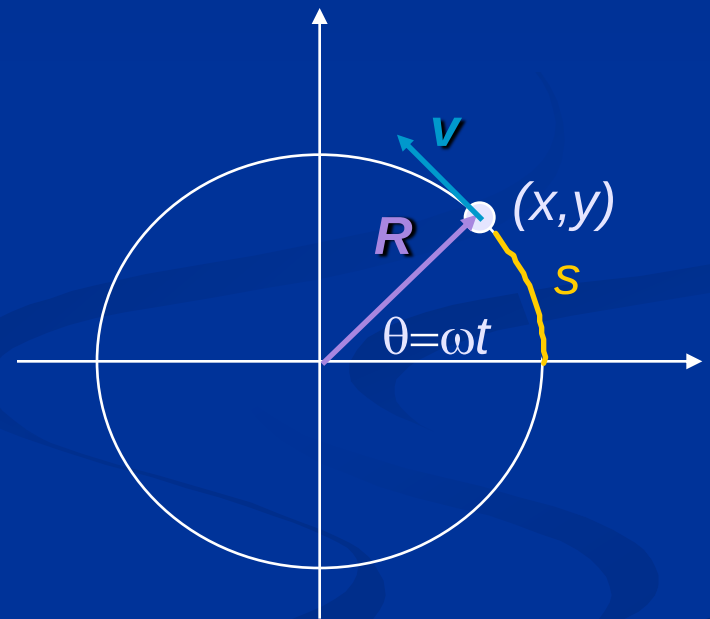
$$\theta = \arctan(y/x)$$

$$\theta = \omega t$$

$$s = v t$$

$$s = R\theta = R\omega t$$

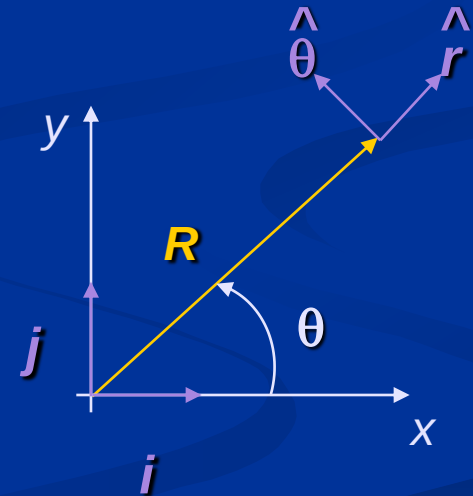
$$v = \omega R$$



Polar birim vektörler

- Kartezyen koordinatlardaki birim vektörler: i, j, k
- Tanışalım: polar koordinatlarda "birim vektörler" $\hat{r}$ ve $\hat{\theta}$:
 - $\hat{r}$ radyal yöndedir
 - $\hat{\theta}$ teğetsel yöndedir

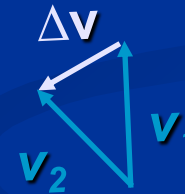
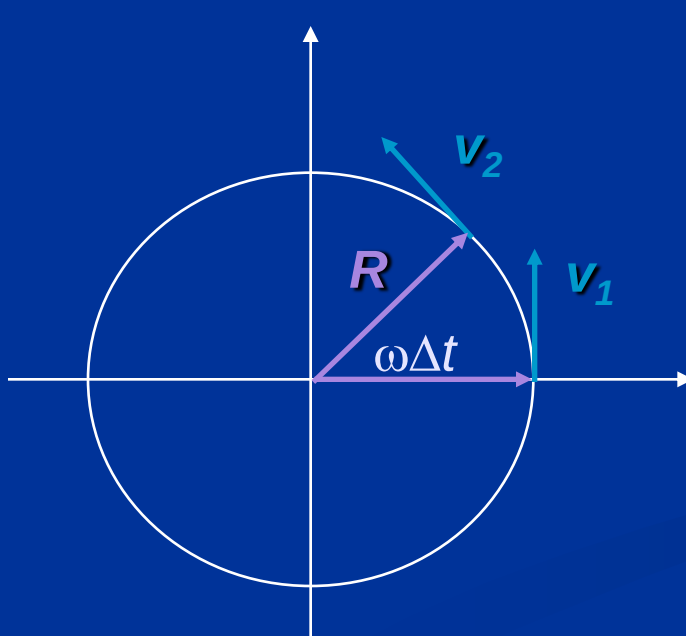
(saatin tersi yönde)



DDH'te ivmelenme:

- DDH'te *dönü hızı* sabit olduğu halde *hız* sabit **değildir** zira yönü mütemadiyen değişmektedir: ivme içinde aynısı söz konusudur!
 - Ortalama ivmelenme zamanını göz önüne alalım

$$\Delta t \Rightarrow a_{\text{ort}} = \Delta v / \Delta t$$

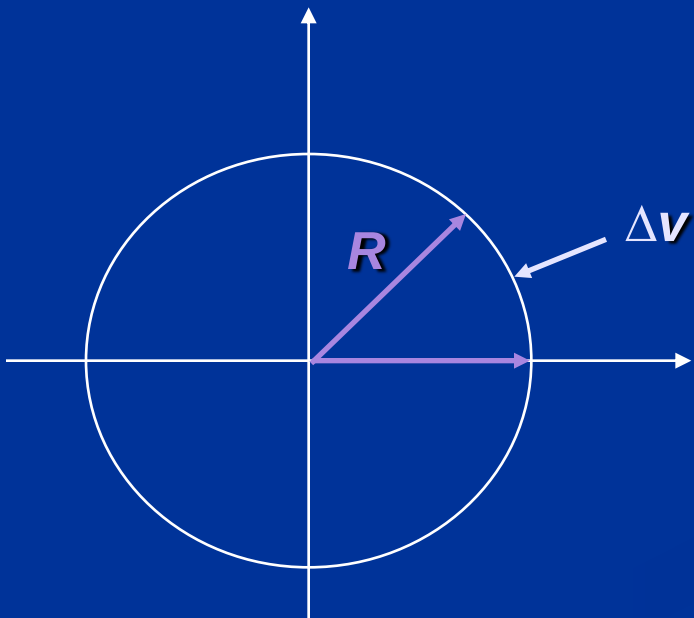


DDH'te ivmelenme:

- DDH'te *dönü hızı* sabit olduğu halde hız sabit *değildir* zira yönü mütemadiyen değişmektedir: ivme içinde aynıısı söz konusudur!

- Ortalama ivmelenme zamanını göz önüne alalım

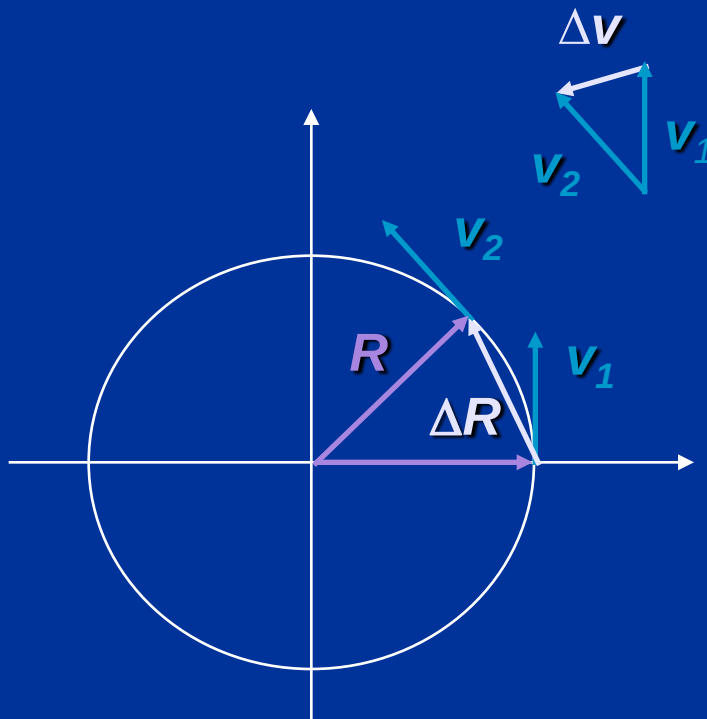
$$\Delta t \Rightarrow a_{\text{ort}} = \Delta v / \Delta t$$



Δv gibi (çünkü $\Delta v / \Delta t$)
Orijine doğrudur!

DDHda Merkezci İvme

- Bunun adı: *Merkezci İvme*.
- Büyüklüğü nedir:



Benzer Üçgenler: $\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta R}{R}$

Küçük Δt için $\Delta R = v\Delta t$

$$\Rightarrow: \frac{\Delta v}{v} = \frac{v\Delta t}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}$$

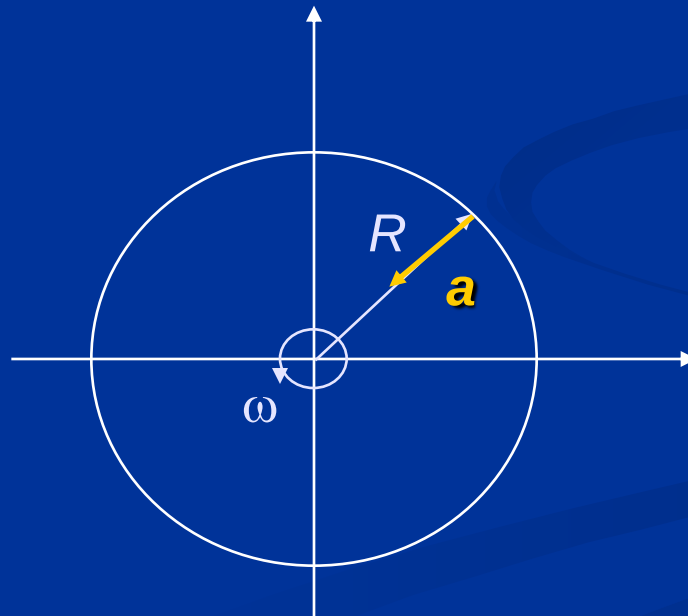
$$a = \frac{v^2}{R}$$

Merkezcil İvme

- DDH ivme yaratır:

- Büyüklüğü: $a = v^2 / R$

- Yönü: $-\hat{r}$ (dairenin merkezine doğru)



Eşdeğeri:

Biliyoruz ki $a = \frac{v^2}{R}$ ve $v = \omega R$

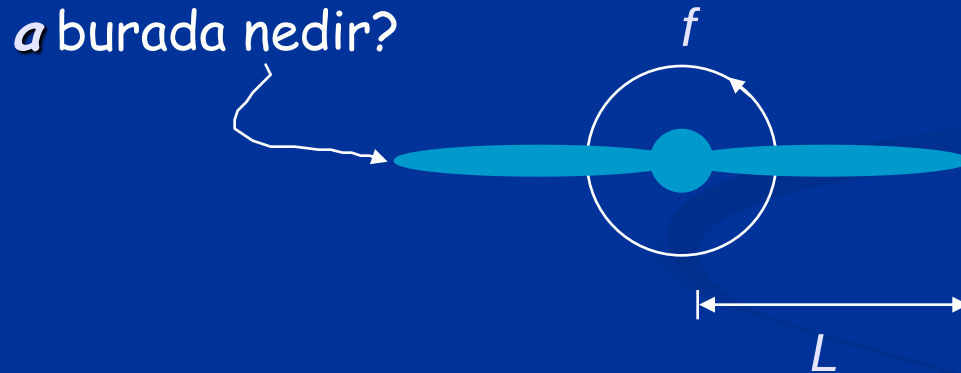
v 'yi yerine koyarsak:

$$a = \frac{(\omega R)^2}{R}$$

$$a = \omega^2 R$$

Örnek: Pervanenin ucunda ivme

- Küçük bir uçağın pervanesinin dönüş frekansı $f = 3500 \text{ dönü/dak.}$ Her bir pervanenin uzunluğu $L = 80 \text{ cm.}$ Pervanenin en ucundaki noktada merkezci ivme nedir?



Örnek:

- Önce pervanenin açısal hızını hesaplayalım:

$$1 \text{ d/d} = 1 \frac{\text{d}}{\text{d}} \times \frac{1}{60} \frac{\text{d}}{\text{s}} \times 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{d}} = 0.105 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \equiv 0.105 \text{ s}^{-1}$$

- $3500 \text{ dönü/dak} \rightarrow \omega = 367 \text{ s}^{-1}$

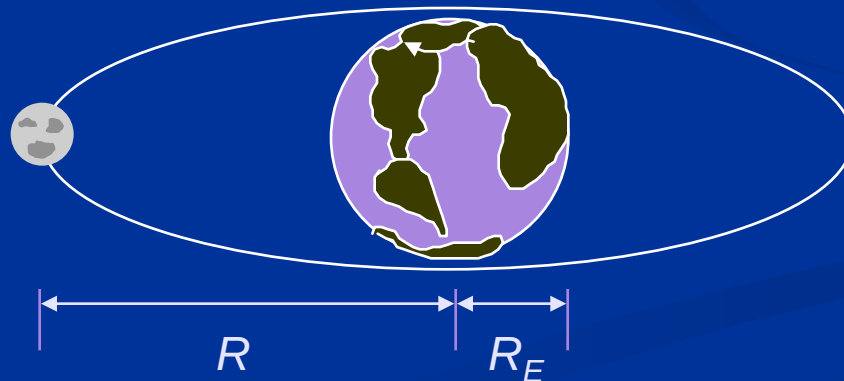
- İvmeyi hesaplarsak.

- $a = \omega^2 R = (367 \text{ s}^{-1})^2 \times (0.8 \text{ m}) = 1.1 \times 10^5 \text{ m/s}^2$
 $= 11,000 \text{ g}$

- a nın yönü pervanenin merkezine doğrudur ($-\hat{r}$).

Örnek: Newton & Ay

- Ay'ın dünya etrafındaki hareketinden dolayı ivmesi nedir?
- Biliyoruz ki (Newton da biliyordu bunu):
 - $T = 27.3$ gün = 2.36×10^6 s (periyot ~ 1 ay)
 - $R = 3.84 \times 10^8$ m (ay'ın uzaklığı)
 - $R_D = 6.35 \times 10^6$ m (dünyanın yarıçapı)



Ay...

- Açısal hızı hesaplarsak:

$$\frac{1}{27.3 \text{ gün}} \frac{\text{d}}{\text{gün}} \times \frac{1}{86400} \frac{\text{gün}}{\text{s}} \times 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{d}} = 2.66 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

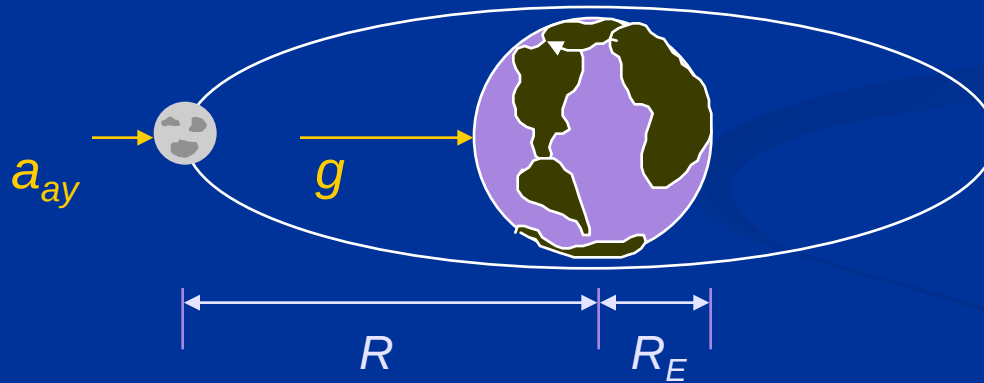
- buradan $\omega = 2.66 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$.

- İvme'yi hesaplarsak.

- $a = \omega^2 R = 0.00272 \text{ m/s}^2 = 0.000278 \text{ g}$
- a nın yönü dünyanın merkezine doğrudur ($-r$).

Ay...

- Ay'ın ivmesi $a_{ay} / g = 0.000278$
- Newton nun hesabına göre $R_E^2 / R^2 = 0.000273$



- Bundan yola çıkıp $F_{Mm} \propto 1 / R^2$
 - (sonra daha fazlası var!)

Özet:

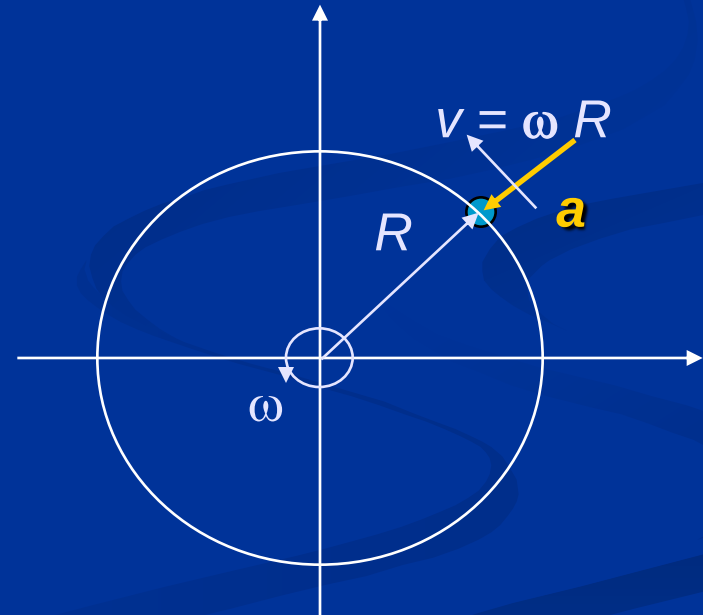
- Düzgün Dairesel Hareket ivme yaratır:
 - Büyüklüğü: $|a| = v^2 / R = \omega^2 R$
 - Yönü: $- \hat{r}$ (dairenin merkezine doğru)

Formüller:

f = rotasyon / san.

$T = 1 / f$

$\omega = 2\pi / T = 2\pi f = \text{rad/san}$



HAREKET KANUNLARI



Hu iz diz guy?

Isaac Newton?

Dinamik

- Isaac Newton (1643 - 1727) kaynak: Principia Mathematica 1687: Bu çalışmasında 3 hareket yasasını önerdi. Bunlar:

Yasa 1: Bir cisme dışardan bir kuvvet etki etmezse, ya durgun halde kalır, yahut ta sabit hızla (sıfır ivmeli) hareket eder.

Yasa 2: Herhangi bir cisim için, $F_{NET} = \sum \vec{F} = m\vec{a}$

Yasa 3: Etki halindeki iki cisim için: 1. cismin 2. cisim üzerine etkidiği F_{12} kuvveti, 2. cismin 1. cisim üzerinde etkidiği F_{21} kuvvetinin ters işaretine eşittir: $F_{12} = -F_{21}$
(her etkiye eşit ters bir tepki vardır).

Newton'un Birinci Yasası

- Bir cisme dışardan bir kuvvet etki etmezse, ya durgun halde kalır, yahut ta (eylemsiz gözlem çerçevesinden izlendiğinde) sabit hızla (sıfır ivmeli) hareket eder.
 - Kuvvet etki etmiyorsa, ivme yoktur (sıfırdır).
- Aşağıdaki ifadeler eylemsiz referans çerçevesi tanımı için kullanılabilir:
 - Eylemsiz referans çerçevesi sabit olarak seçilen bir noktaya göre (ki bu bir yıldız seçilebilir) hızlanmaz yada dönmez.
 - Eğer bir tane EGÇ varsa diğerlerine sabit bir hız vektörüyle bağlı olduğundan sonsuz çoklukta vardır!

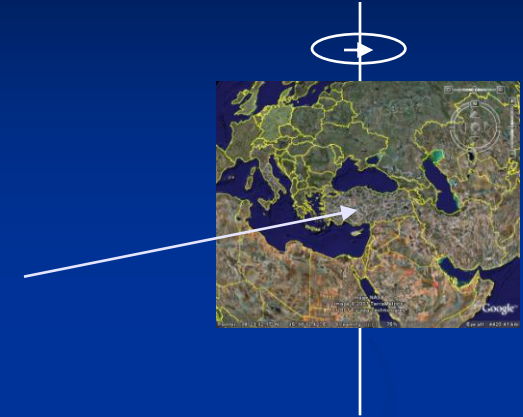
Ankara iyi bir EGÇ'midir?

- Ankaranın ivmesi var mı?
- EVET!
 - Ankara dünya üzerinde.
 - Dünya dönüyor.
- Ankaranın merkezci ivmesi nedir?

$$a_A = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R$$

- $T = 1 \text{ gün} = 8.64 \times 10^4 \text{ san,}$
- $R \sim R_D = 6.4 \times 10^6 \text{ metre.}$

- Yerine koy: $a_A = .034 \text{ m/s}^2$ ($\sim 1/300 \text{ g}$)
- Nerdeyse 0, dolayısıyla ihmal edilebilir.
- Ankara oldukça iyi bir EGÇ dir.

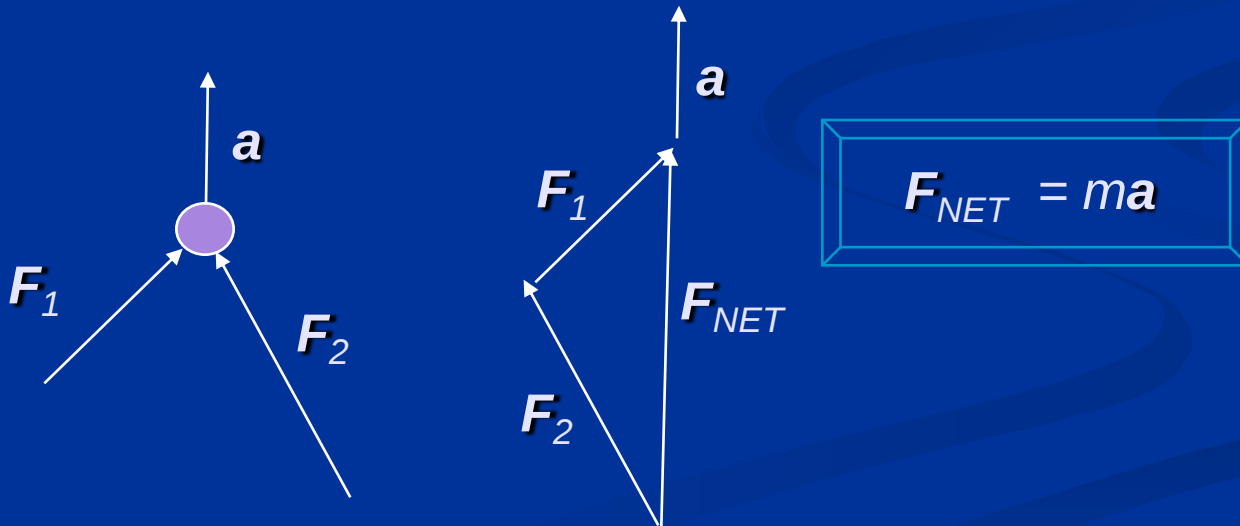


Newton'un İkinci Yasası

- Herhangi bir cisim için, $F_{NET} = \sum F = ma$.
 - Bir cismin ivmesi a ona etki eden net kuvvet F_{NET} ile orantılıdır.
 - Orantı sabitine "kütle" diyoruz ve m ile gösteriyoruz.
 - Bu kütlenin tanımıdır.
 - Bir cismin kütlesi cismin sabit bir özelliğidir ve dış etkenlerden bağımsızdır.
- Kuvvet birimi $[M] \times [L / T^2] = \text{kg m/s}^2 = \text{N (Newton)}$

Newton'un İkinci Yasası...

- Cisme etki eden kuvvet nedir?
 - Ya bir *itme* yada bir *çekme*'dir..
 - Bir kuvvetin büyüklüğü & yönü vardır (**vektör**).
 - Kuvvet toplamı vektör toplamı gibidir.



Newton'un İkinci Yasası...

- Kuvvet bileşenleri $\rightarrow F = ma$:

$$F_x = ma_x$$

$$F_y = ma_y$$

$$F_z = ma_z$$

- Farz edelim ki m ve F_x biliniyor. Bunlardan ivme a_x bulunur ve önceki derslerden bildiğimiz hareket denklemlerinde yerine koyarak cismim kinematiği hakkında bir şeyler söyleyebiliriz.

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

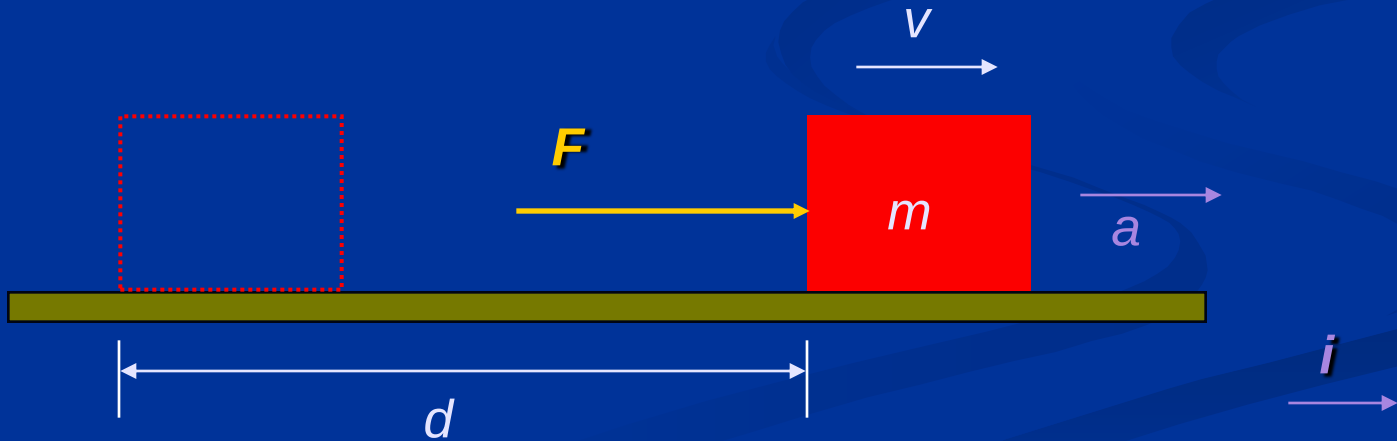
Örnek: Buz üzerinde bir kutuyu itmek.

- Ağır bir kutuyu (kütlesi $m = 100 \text{ kg}$) bir buz patenci sürtünmesiz bir buz üzerinde yere paralel itiyor. Buz patenci i yönünde 50 N kuvvet uyguluyor. Kutu durgun durumdan harekete başlarsa, $d = 10 \text{ m}$ itildikten sonraki hızı nedir?



Örnek: Buz üzerinde bir kutuyu itmek.

- Ağır bir kutuyu (kütlesi $m = 100 \text{ kg}$) bir buz patenci sürtünmesiz bir buz üzerinde yere paralel itiyor. Buz patenci i yönünde 50 N kuvvet uyguluyor. Kutu durgun durumdan harekete başlarsa, $d = 10 \text{ m}$ itildikten sonraki hızı nedir?



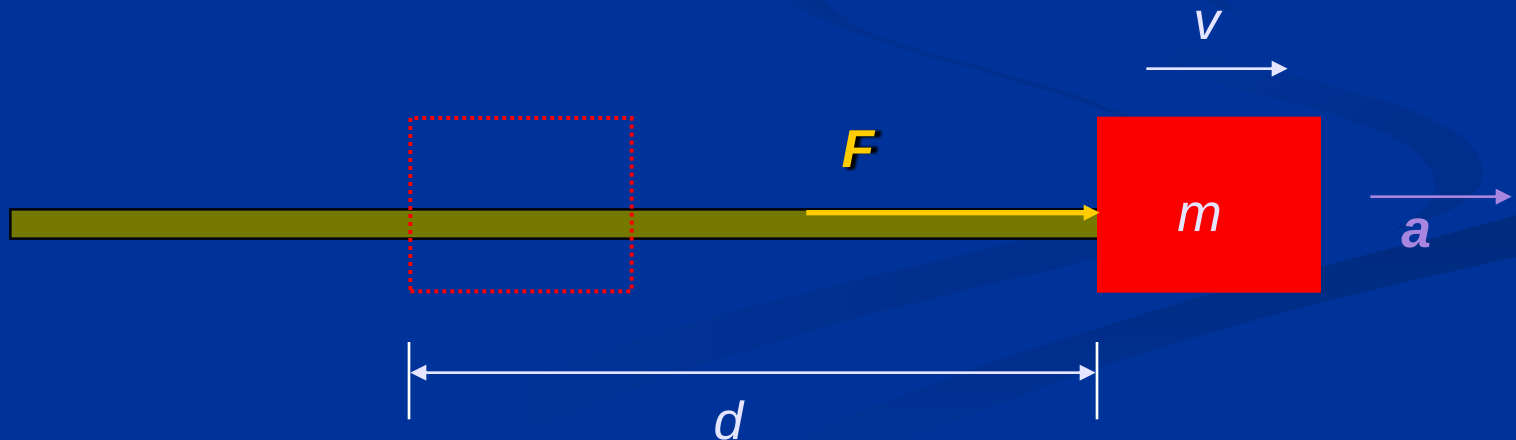
Örnek: Buz üzerinde bir kutuyu itmek...

■ $F = ma$ ile başla:

■ $a = F / m.$

■ İlk dersten: $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

■ Sonuç $v^2 = 2Fd / m \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2Fd}{m}}$

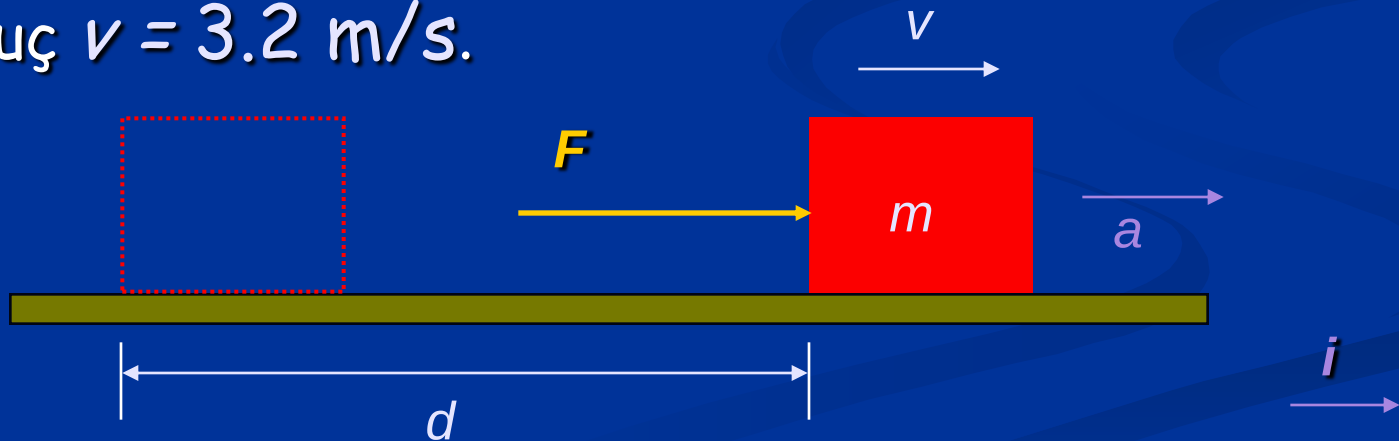


Örnek: Buz üzerinde bir kutuyu itmek...

$$v = \sqrt{\frac{2Fd}{m}}$$

■ Değerleri yerine koyarsak: $F = 50 \text{ N}$, $d = 10 \text{ m}$, $m = 100 \text{ kg}$:

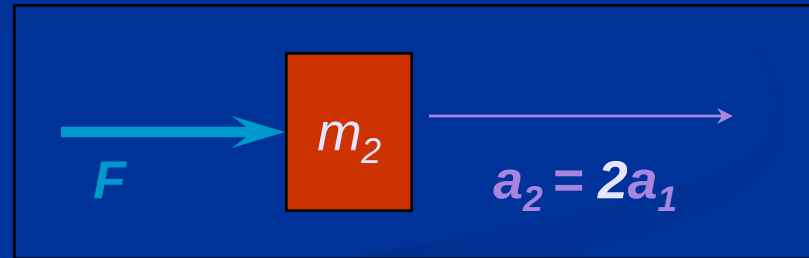
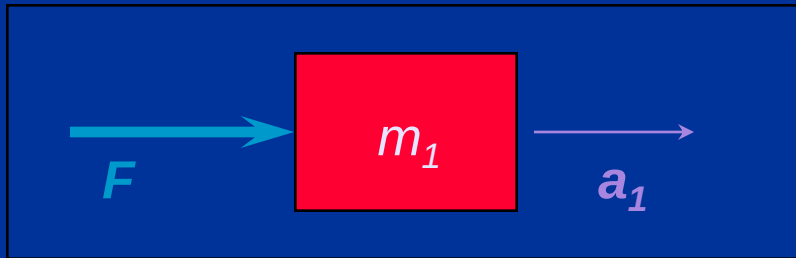
■ Sonuç $v = 3.2 \text{ m/s}$.



Ders 4, Soru 1

Kuvvet ve İvme

- m_1 kütesine etki eden F kuvveti a_1 ivmesi meydana getirmektedir.
Aynı kuvvet m_2 kütesine etki ettiğinde meydana gelen ivme $a_2 = 2a_1$.



- Eğer m_1 ve m_2 birbirine yapıştırılır ve aynı kuvvet F oluşan kütleye etki ederse ortaya çıkan ivme ne olur?



(a) $\frac{2}{3} a_1$

(b) $\frac{3}{2} a_1$

(c) $\frac{3}{4} a_1$

Ders 4, Soru 1

Kuvvet ve İvme



- Uygulanan aynı kuvvet için $a_2 = 2a_1$ olduğundan, $m_2 = (1/2)m_1$!

- $m_1 + m_2 = 3m_1/2$

- $a = (2/3)F / m_1 \quad \Rightarrow \quad \text{Ama } F/m_1 = a_1$

- $\Rightarrow \quad a = 2/3 a_1$

(a) $2/3 a_1$

(b) $3/2 a_1$

(c) $3/4 a_1$

Kuvvetler

- İki türlü kuvvetle ilgileneceğiz:
 - Dokunarak meydana gelen kuvvetler:
 - En alışık olduğumuz kuvvetlerdir.
 - Bir masayı itmek gibi...
 - Kapıyı çekerek açmak gibi...
 - Uzaktan hissedilen kuvvetler:
 - Gravitasyon
 - Elektriksel kuvvetler

Dokunma Kuvvetleri:

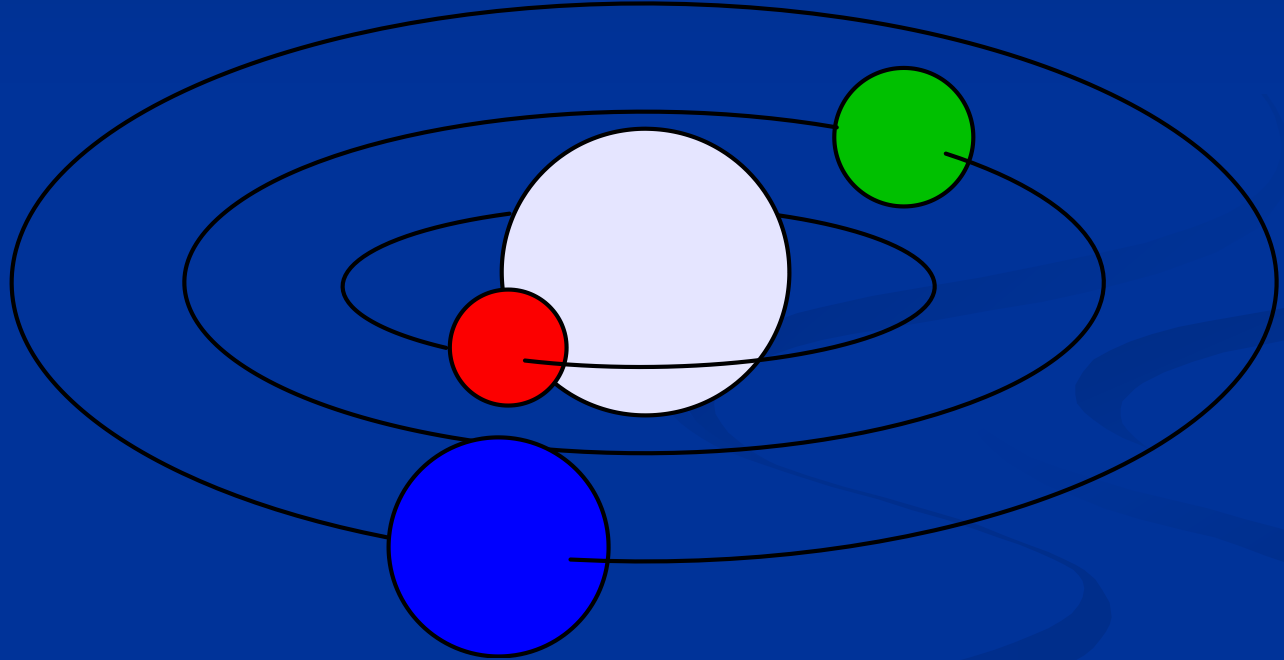
- Kuvvet cisme dokunmayla iletilir.
- Geleneksel olarak: $F_{a,b}$ demek
"a cismine b den etki eden kuvvet".
- Yani $F_{\text{kafa,parmak}}$ demek "başparmağın kafaya etki ettiği kuvvet demektir".

$F_{\text{kafa,parmak}}$



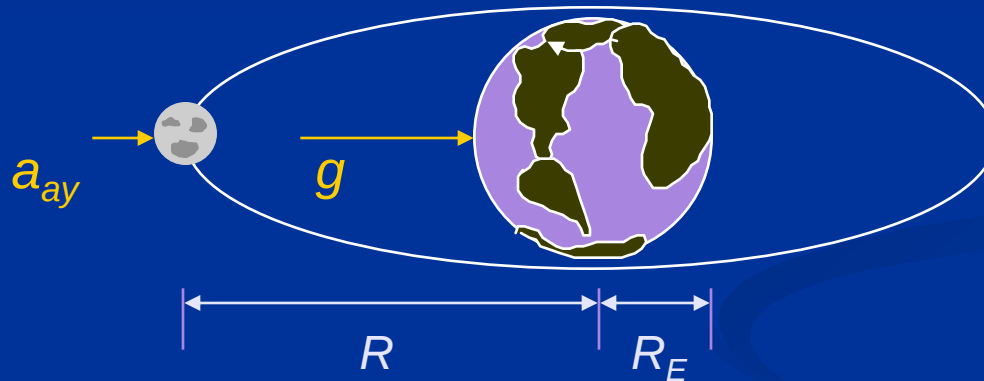
Uzaktan Etki Eden Kuvvetler

- Gravitasyon:



Gravitasyon

- Newton ayın ivmesini $a_{ay} / g = 0.000278$ olarak buldu
- Buradan ayın dünyaya göre büyüklüğü $R_D^2 / R^2 = 0.000273$



- Bundan esinlenip
Evrensel çekim yasası: $|F_{Mm}| = GMm / R^2$

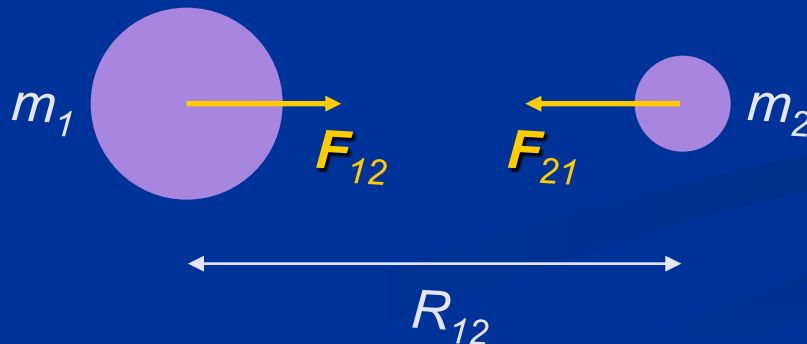
$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

Gravitasyon...

- Kütle m_1 olan bir cisme R_{12} mesafesinde, kütle m_2 olan bir cisim tarafından etki eden gravitasyon kuvvetinin büyüklüğü F_{12} :

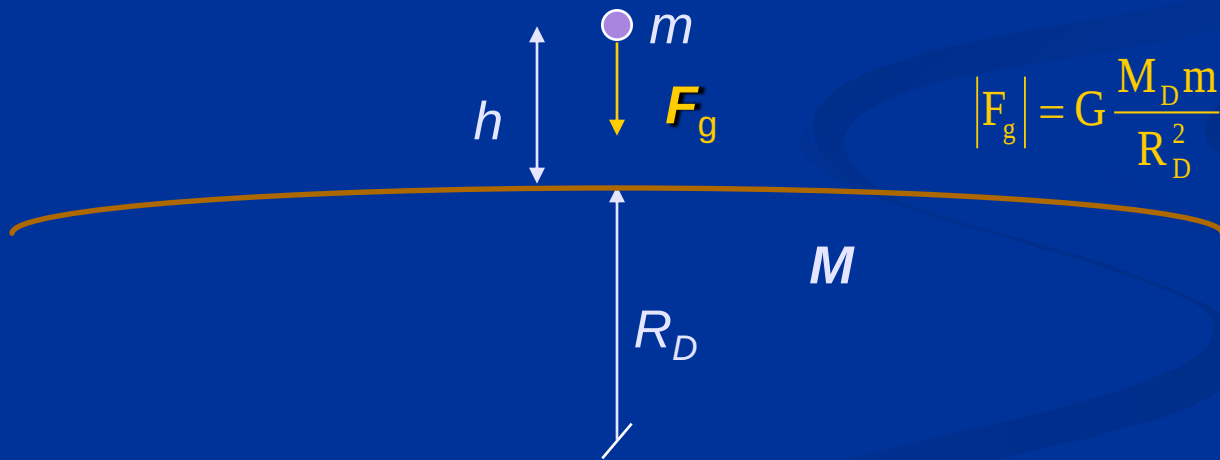
$$|F_{12}| = G \frac{m_1 m_2}{R_{12}^2}$$

- F_{12} kuvvetinin yönü *çekici*, ve cisimlerin kütle merkezlerini birleştiren doğru üzerindedir.



Gravitasyon...

- Dünya yüzeyinde:
 - $R_{12} = R_D$
 - Dünya yüzeyine yakınsak, g çok değişmez.
 - yani $R_D \gg h$, $R_D + h \sim R_D$.



Gravitasyon...

- Dünya yüzeyi civarında...

$$|F_g| = G \frac{M_D m}{R_D^2} = m \underbrace{\left(G \frac{M_D}{R_D^2} \right)}_{=g}$$

- Yani $|F_g| = mg = ma$

Bütün cisimler kütlelerinden bağımsız g ivmesine sahiptir!

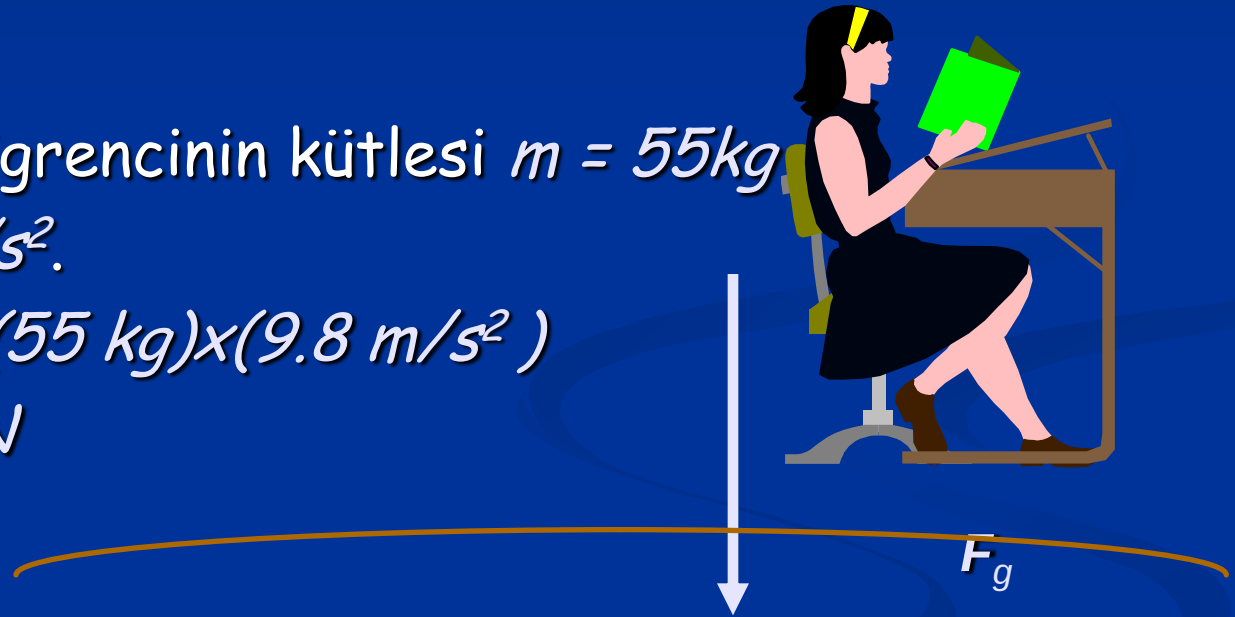
- $a = g$

Burada: $g = G \frac{M_D}{R_D^2} = 9.81 \text{ m/s}^2$

Örnek: Gravitasyon Problemi

- Tipik bir mühendislik öğrencisine etki eden gravitasyon kuvveti nedir?

- Tipik bir öğrencinin kütlesi $m = 55\text{kg}$
- $g = 9.8\text{ m/s}^2$.
- $F_g = mg = (55\text{ kg}) \times (9.8\text{ m/s}^2)$
- $F_g = 539\text{ N}$



- Gravitasyon etkisiyle ortaya çıkan kuvvete ağırlık diyoruz. $W = 539\text{ N}$

Ders 4, Soru 2

Kuvvet ve İvme

- Evdeki banyo kantarı ağırlığınızı W okuyor. Aynı kantar X gezegeninde ağırlığınızı ne okur?
- Gezegen hakkındaki bilgimiz $R_X \sim 20 R_{Dünya}$ and $M_X \sim 300 M_{Dünya}$

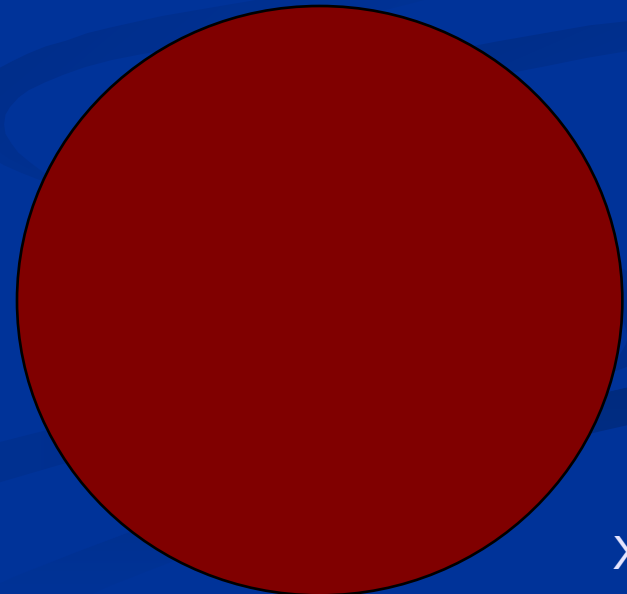
(a) $0.75 W$

(b) $1.5 W$

(c) $2.25 W$



D



X

Ders 4, Soru 2

Çözüm

- Kütlesi M olan bir planette kütlesi m olan bir kişiye etki eden kütleçekim (gravitasyon) kuvveti : $F = G \frac{Mm}{R^2}$

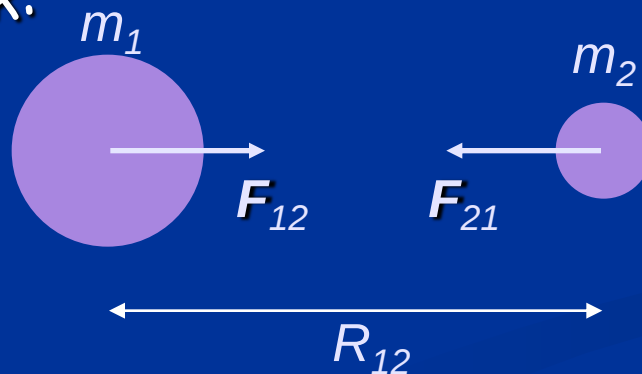
Ağırlıklar oranı = kuvvetler oranı: $\rightarrow \frac{W_X}{W_D} = \frac{F_X}{F_D}$

$$\rightarrow = \frac{G \frac{M_X m}{R_X^2}}{G \frac{M_D m}{R_D^2}} \rightarrow = \frac{M_X}{M_D} \cdot \left(\frac{R_D}{R_X} \right)^2$$

$$\rightarrow \frac{W_X}{W_D} = 300 \cdot \left(\frac{1}{20} \right)^2 = .75$$

Newton'un Üçüncü Yasası:

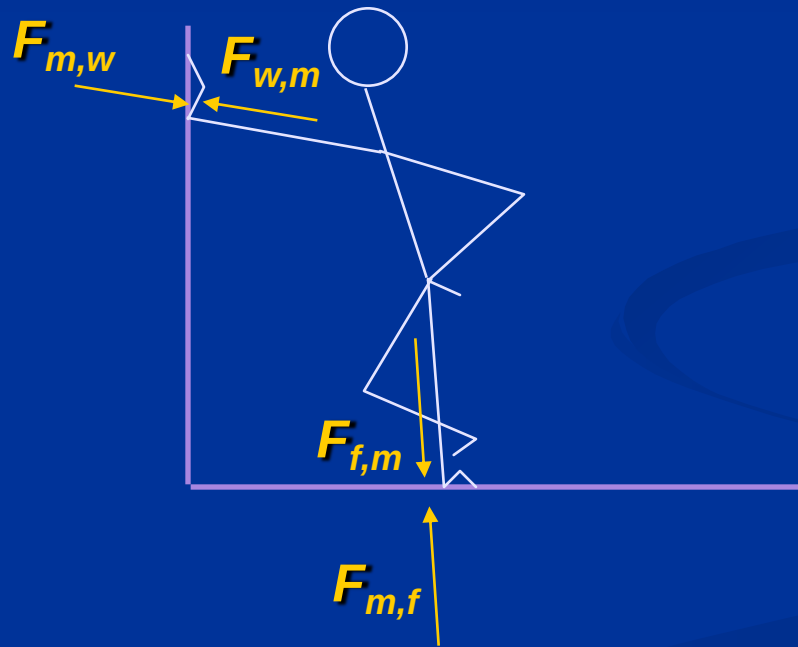
- Kuvvetler çiftler halinde oluşur: $F_{A,B} = -F_{B,A}$.
 - Her bir "etki" için eşit büyüklükte ama tersi yönde bir "tepki" vardır.
- Kütleli çekim (gravitasyon) kuvvetinde zaten gördük:



$$|F_{12}| = G \frac{m_1 m_2}{R_{12}^2} = |F_{21}|$$

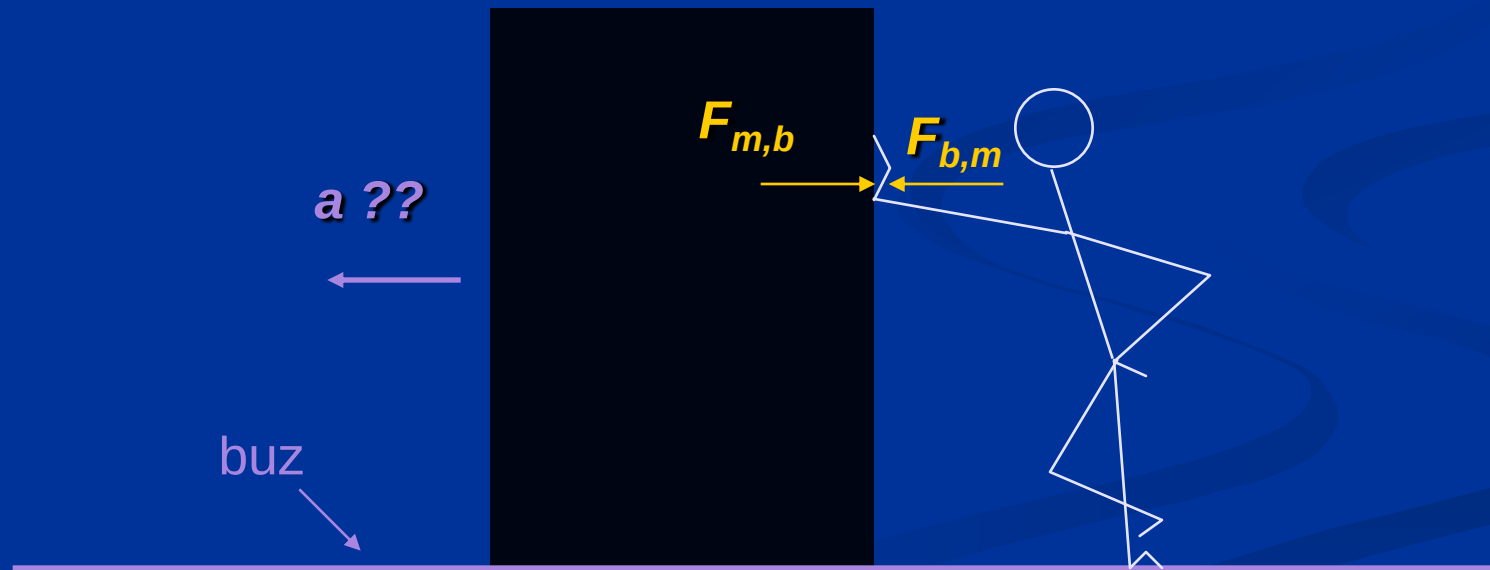
Newton'un Üçüncü Yasası...

- $F_{A,B} = -F_{B,A}$ Dokunan kuvvetler içinde doğrudur:



Kötü seçilmiş bir örnek:

- $F_{m,b} = -F_{b,m}$ olduğu halde neden $F_{net} = 0$ ve $a = 0$?



İyi düşünceye güzel bir örnek

- Sadece kutuyu bir sistem olarak göz önünde bulunduralım!
 - $F_{\text{on box}} = ma_{\text{box}} = F_{b,m}$

