

## Bölüm:6

# DAİRESEL HAREKET VE NEWTON KANUNLARININ DİĞER UYGULAMALARI

Şimdiye kadar Newton yasasını ( $F = m a$ ) doğrusal harekete uyguladık. Şimdi dairesel harekete uygulayacağız.



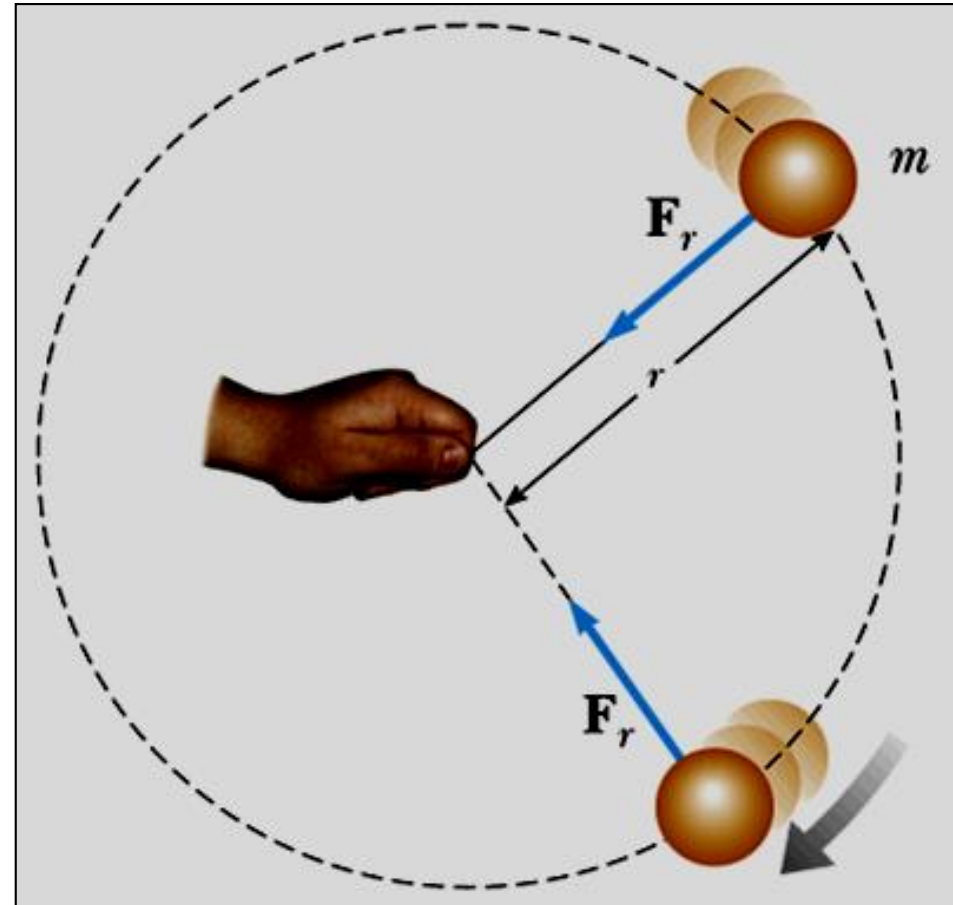
# NEWTON YASALARININ DÜZGÜN DAİRESEL HAREKETE UYGULANMASI

**r** yarıçaplı dairesel bir yörüngede sabit bir **v** süratiyle hareket eden parçacığın merkezci ivmesinin büyüklüğünü, Bölüm 4.4 de vermiştik:

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

## İvme:

- dairenin merkezine yöneliktir.  
(Merkezcil ivme)
- **v** hızına diktir.

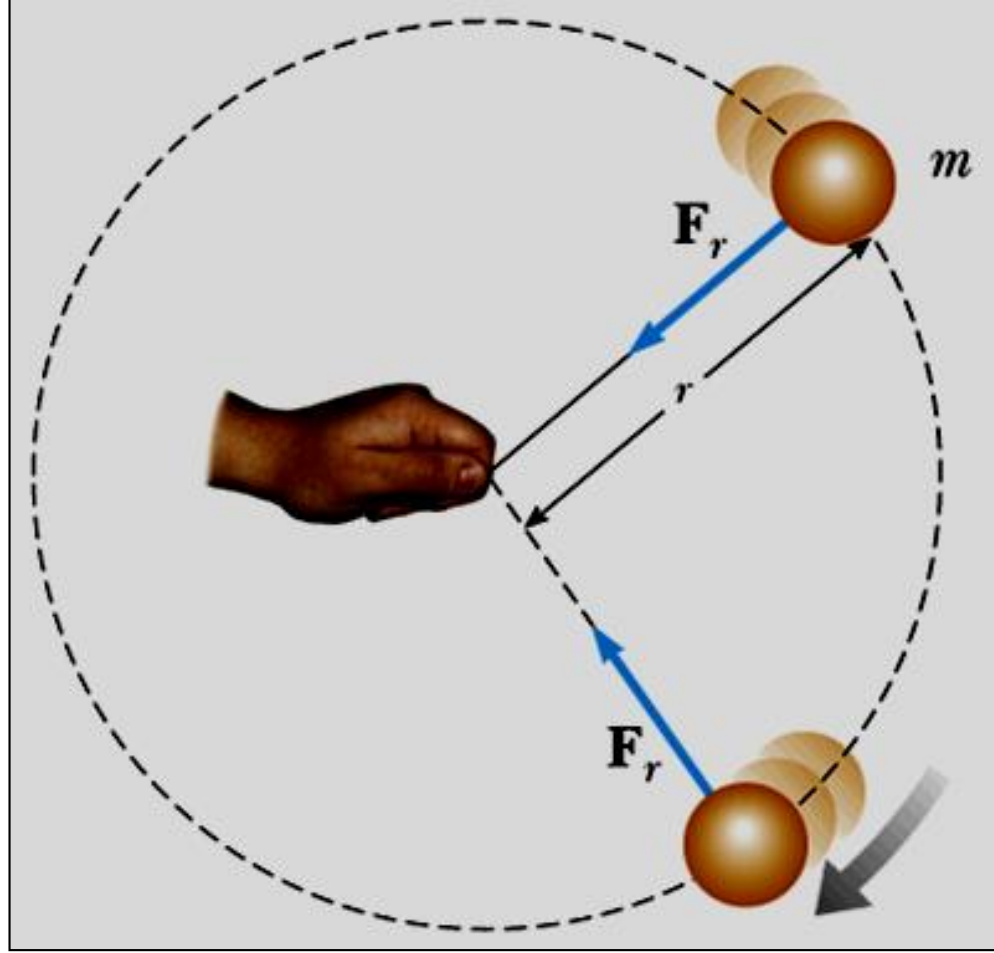


**m** kütleli bir top **r** uzunluğunda bir ipin ucuna bağlı ve yatay düzlemde dairesel yörüngede sabit süratle döndürülsün.

Top eylemsizliği nedeniyle doğrusal bir yörüngede hareket etmek ister ancak ipin topa uyguladığı kuvvet onu dairesel yörüngede tutar.

Newton'un 2. yasasını yarıçap boyunca uygularsak merkezci ivmeye neden olan net kuvveti buluruz (ipin topa uyguladığı kuvvet):

$$\sum F_r = m \cdot a_r = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

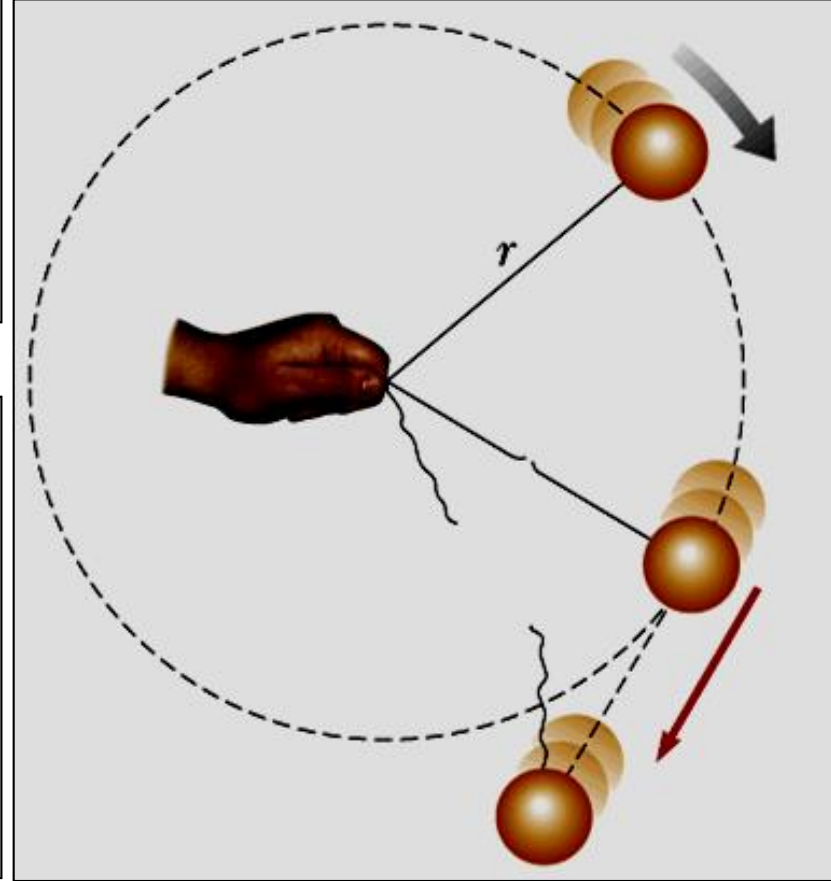


# Düzgün dairesel hareket:

**Teğetsel ivme;** hızın büyüklüğünden gelir (sürat değişiyorsa).

**Merkezcil ivme;** hızın yönünü değiştirir.

İp herhangi bir anda koparsa, top ipin koptuğu noktadan yörüngeye çizilen teğet boyunca hareketini sürdürür. Cismin ip koptuktan sonraki hareketi Newton'un birinci yasasına göre açıklanabilir.



# Merkezcil kuvvet diğer kuvvetlerin yeni bir rolüdür!

## Kuvvet çeşitleri:

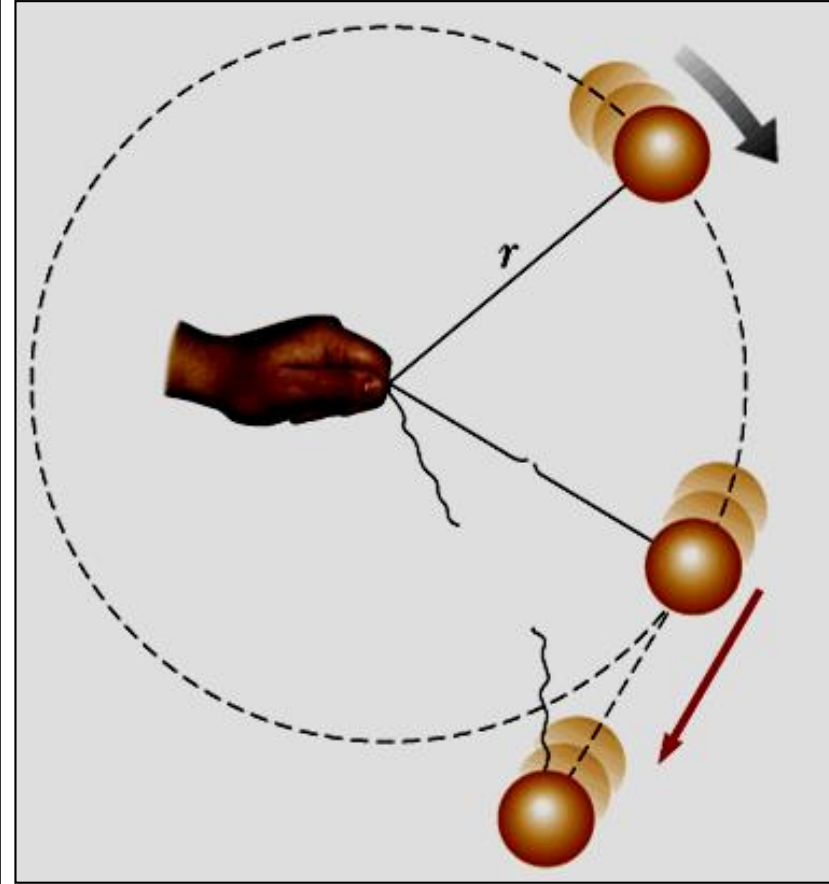
Sürtünme, çekim, normal, gerilme vs. Merkezcil kuvvet bu listeden değildir!

Merkezcil ivmeye neden olan kuvvetlere bazen merkezcil kuvvet deriz. Ancak bu bildiğimiz kuvvetlerden biridir.

## ÖRNEKLER:

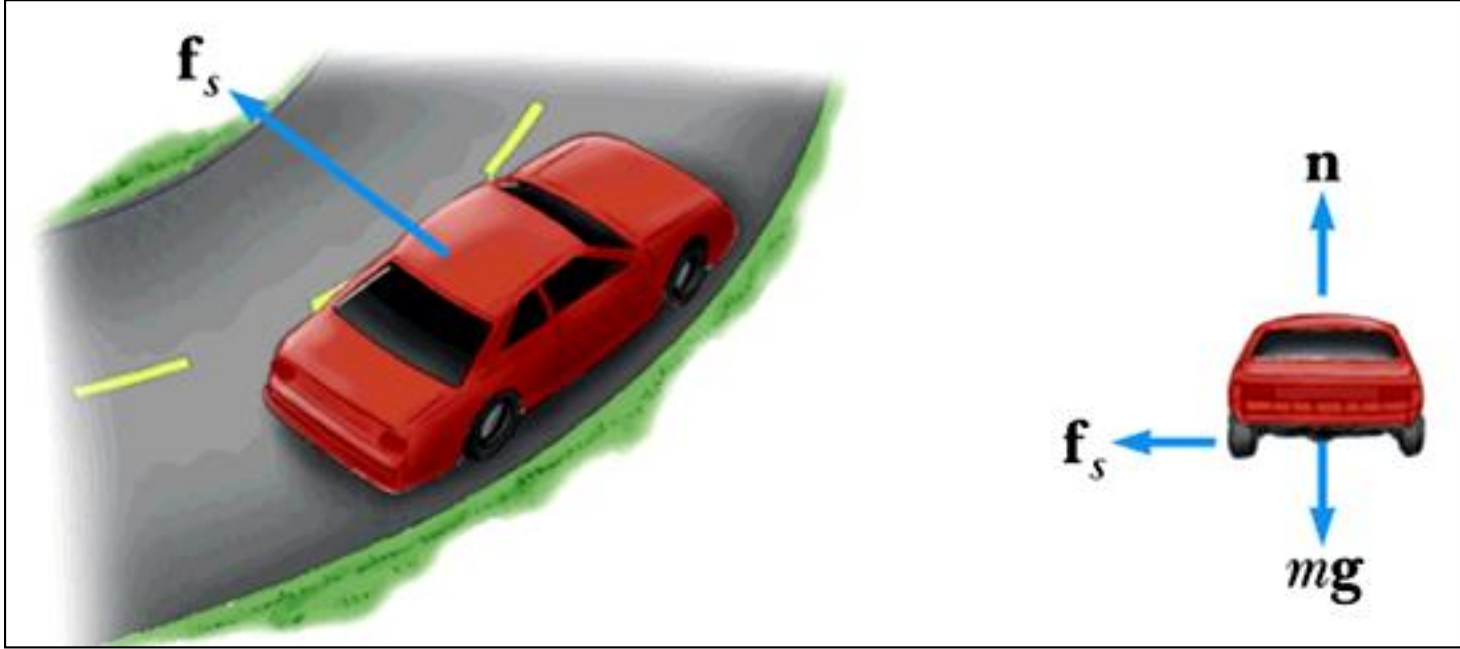
Verilen şekilde merkezcil kuvvet **gerilme kuvvetidir**.

Virajı alan bir araba için merkezcil kuvvet aslında **sürtünme kuvvetidir**.  
Dünyanın güneş etrafındaki hareketi için merkezcil kuvvet **kütle-çekim kuvvetidir**.



## SORU:

Bir virajı dönen arabanın, teğetsel ivmeye sahip olup da, merkezci ivmeye sahip olmaması mümkün müdür?



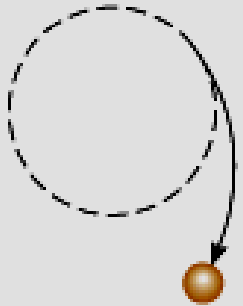
Hayır. Teğetsel ivme (vektörel) hızın büyüklüğünü değiştirir. Araba virajı dolaniyorsa hız vektörünün yönü değişmelidir. Hız vektörünün yönünün değişmesi de ancak bir merkezci ivmenin uygulanmasıyla mümkün olabilir.



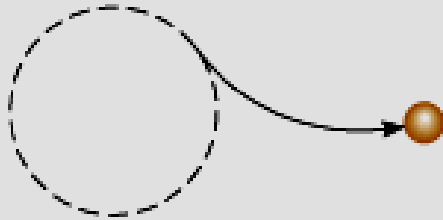
## SORU:

Bir parçacık dairesel bir yörüngede hareket ediyor.

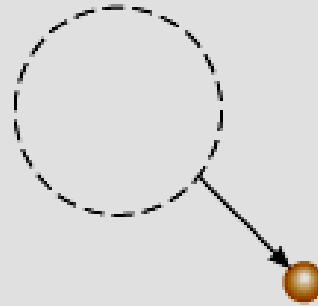
Parçacığa uygulanan kuvvet ortadan kalkarsa, top hangi yöne gider?



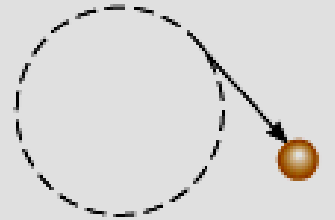
(a)



(b)



(c)



(d)

## ÖRNEK 6.2 (s.154)

**0.5 kg** kütleli bir top **1.5 m** uzunluğunda ipin ucuna bağlı yatay dairesel yörüngede şekildeki gibi döndürülüyor. İp en çok **50 N** luk gerilmeye dayanabiliyorsa kopmadan önce topun ulaşabileceği **en yüksek sürati bulun.**

Merkezcil kuvveti hangi kuvvet sağlar?

ÇÖZÜM:

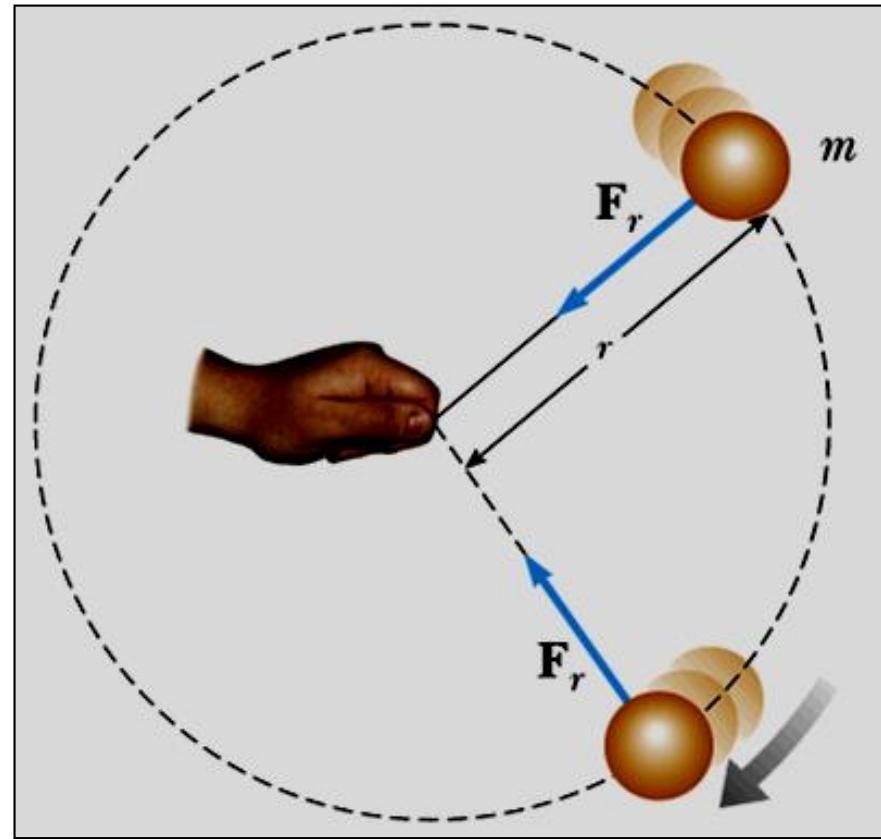
$m=0.5 \text{ kg},$   
 $r=1.5 \text{ m},$   
 $T_{\text{maks}}=50 \text{ N}$

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

$$T_{\text{maks}} = m \frac{v_{\text{maks}}^2}{r}$$

$$v_{\text{maks}} = \sqrt{\frac{(T_{\text{maks}})r}{m}}$$

$$v_{\text{maks}} = \sqrt{\frac{(50)(1.5)}{0.5}} = 12.2 \text{ m/s}$$

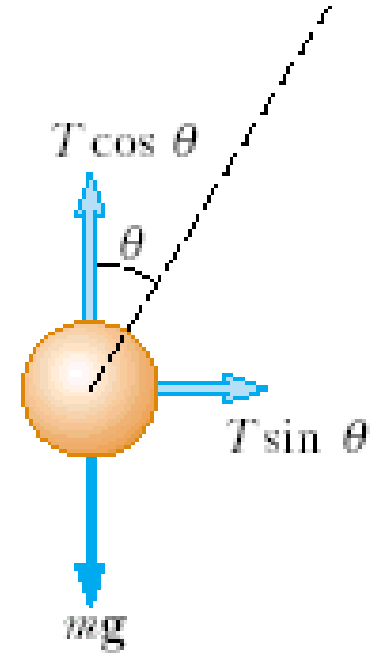
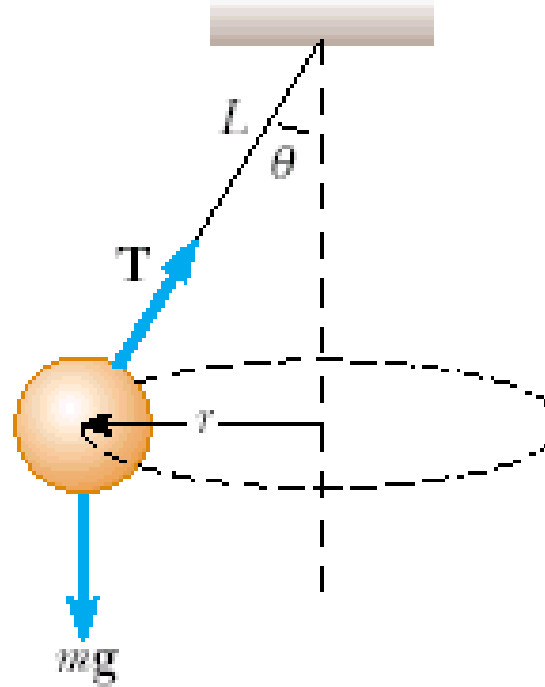


Merkezcil ivmeye neden olan ipteki **T** gerilme kuvvetidir.



## ÖRNEK 6.3 (s.154): Konik Sarkaç

$m$  kütleli bir cisim,  $L$  uzunluklu bir ip ile tavana asılıdır.  $r$  yarıçaplı yatay dairesel bir yörünge üzerinde sabit  $v$  hızıyla dönüyor. Cismin  $v$  hızını bulalım;



Cisim yatay hareket yaptığından düşey doğrultuda ivmelenmiyor. Gerilmenin düşey bileşeni ağırlık tarafından dengeleniyor:

$$\sum F_y = ma_y \quad T \cos \theta = mg \quad (1)$$

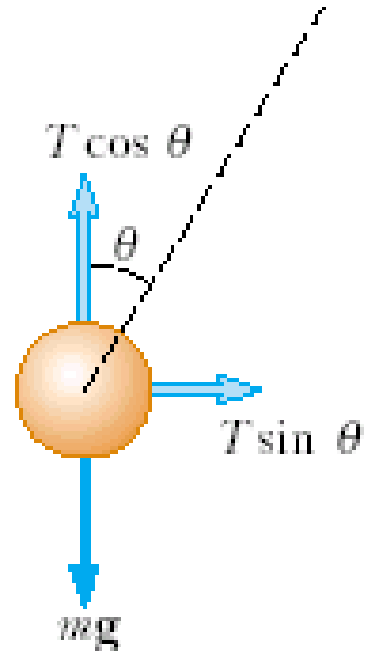
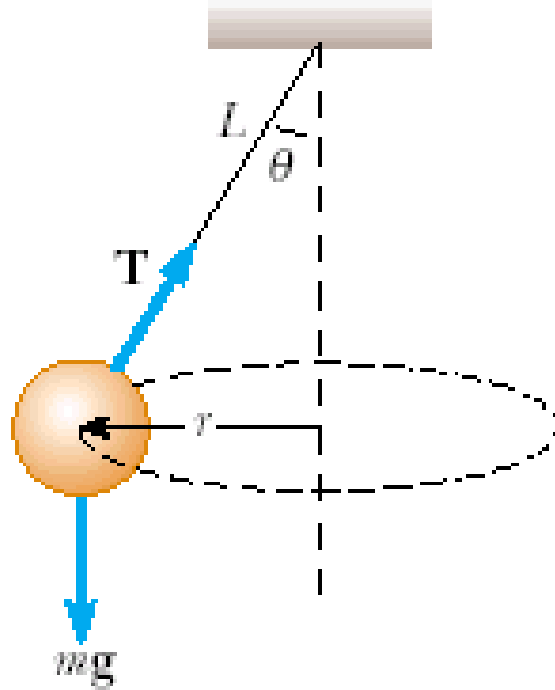
Merkezcil kuvveti Newton'un 2. yasasından:

$$\sum F_r = T \sin \theta = ma_r = \frac{mv^2}{r} \quad (2)$$

2 eşitliğini  
1 eşitliğine bölersek

## ÖRNEK 6.3 (s.154): Konik Sarkaç

$m$  kütleli bir cisim,  $L$  uzunluklu bir ip ile tavana asılıdır.  $r$  yarıçaplı yatay dairesel bir yörünge üzerinde sabit  $v$  hızıyla dönüyor. Cismin  $v$  hızını bulun



$$\sum F_y = ma_y \quad T \cos \theta = mg \quad (1)$$

$$\sum F_r = T \sin \theta = ma_r = \frac{mv^2}{r} \quad (2)$$

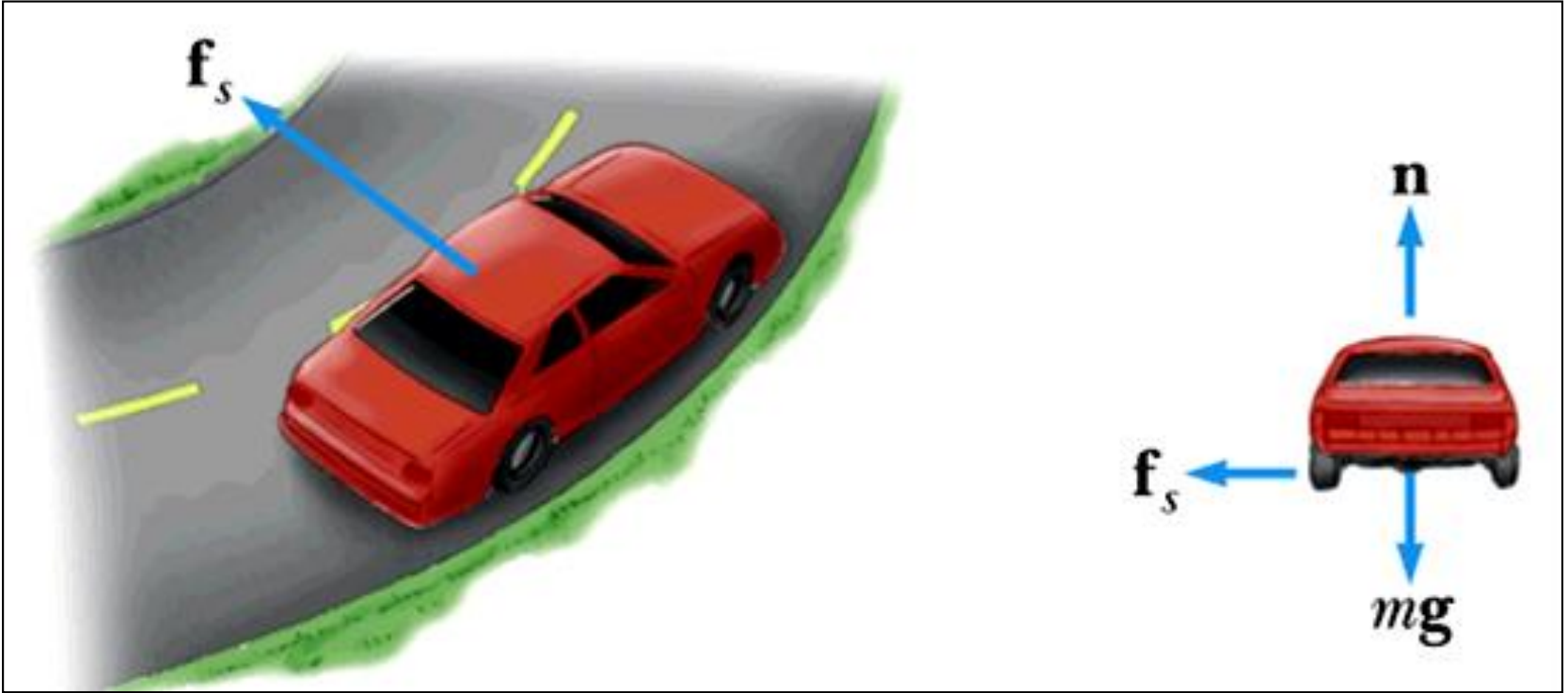
2 eşitliğini 1 eşitliğine bölersek

$$\frac{T \sin \theta}{T \cos \theta} = \frac{\frac{mv^2}{r}}{mg} = \tan \theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$v = \sqrt{rg \tan \theta} = \sqrt{Lg \sin \theta \tan \theta}$$
$$(r = L \sin \theta)$$

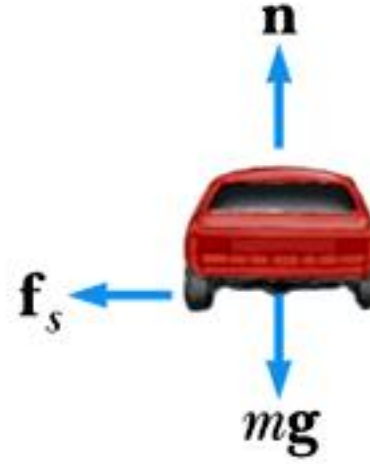
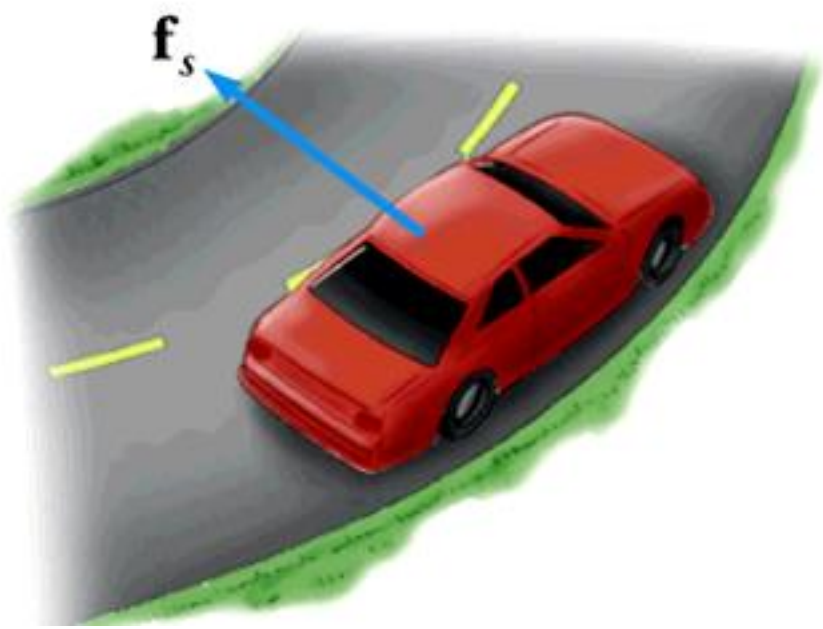
Hız kütleden bağımsızdır.

## ÖRNEK 6.4 (s.155) Virajdaki arabanın maksimum hızı?



**1500-kg** kütleli bir araba düzgün bir yolda şekildeki gibi bir virajı almaktadır. Virajın yarıçapı **35.0 m** ve tekerlek ile yol arasındaki statik sürtünme katsayısı da **0.50** ise arabanın kaymadan veya devrilmeden bu virajı alması için hızının maksimum değerini bulunuz.

## Virajdaki arabanın maksimum hızı



$m=1500$  kg.  
Virajın yarıçapı  
35.0 m.  
Statik sürtünme  
katsayısı 0.50.  
Arabanın hızının  
maksimum değeri?

Statik sürtünme kuvveti  $f_s$  virajın merkezine yöneliktir ve arabayı dairesel yörüngede tutar. Arabanın serbest cisim diyagramı gösteriliyor. Sürtünme kuvvetini yazarsak:

$$f_s = m \frac{v^2}{r}$$

Arabanın virajı dönebileceği maksimum hızda statik sürtünme kuvveti maksimum değerdedir.

$$f_{s,maks} = \mu_s n = \mu_s mg$$

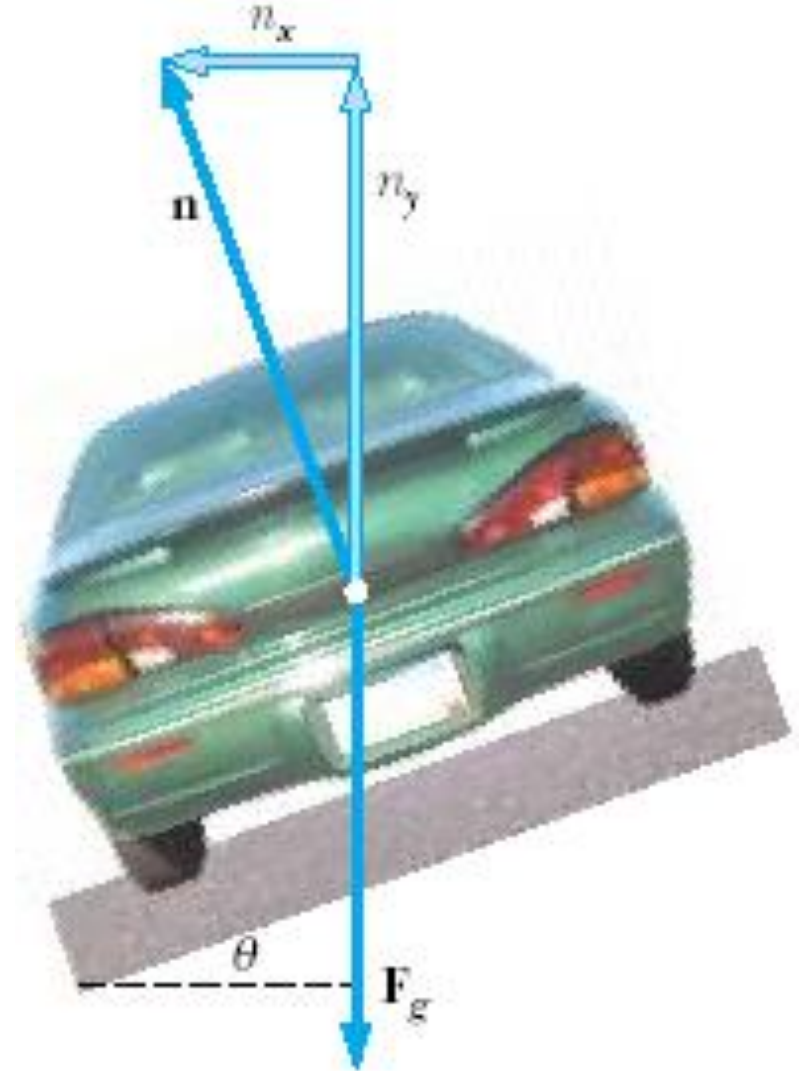
$$v_{maks} = \sqrt{\frac{f_{s,maks} r}{m}} = \sqrt{\frac{\mu_s mgr}{m}} = \sqrt{\mu_s gr}$$

$$v_{maks} = \sqrt{(0.50)(9.80)(35.0)} = 13.1 \text{ m/s}$$

## ÖRNEK 6.5 (s.156)

## Eğimli Viraj

Otobanda bir virajın savrulmadan alınabilmesi için eğimli bir viraj planlanıyor. Yani virajın buzlanmasında dahi belirli bir hıza kadar arabaların kayması engellenmek istenmektedir. Bir arabanın böyle bir virajı maksimum 30.0 mil/saat (13.4 m/s) hızla dönebilmesi için, 50.0 m yarıçaplı virajın eğimi hangi açıda olmalıdır?



# Eğimli Viraj

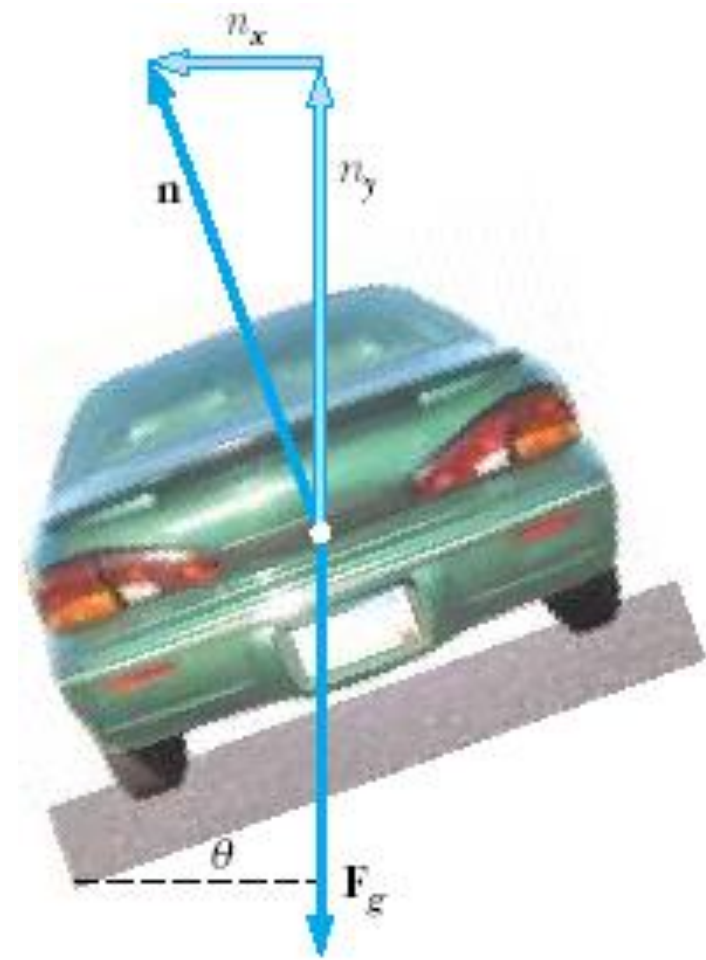
Eğimin olmadığı virajlı bir yolda, arabanın savrulmasını araba ve yol arasındaki sürtünme kuvveti önler.

Burada statik sürtünme sıfırken arabanın virajdan dışarı savrulmasını **eğim** engeller. Yol şeklindeki gibi  $\theta$  açısı kadar eğimli ise normal kuvvetin yatay bileşeni ( $n_x = n \sin \theta$ ) merkezci kuvveti sağlayacaktır. Arabanın 13.4 m/s lik hızla yüzey buzlu olsa da virajı alabileceği (sürtünme kuvveti olmadan dönüş için gerekli) eğim açısını hesaplayalım.

Virajın yarıçapı doğrultusunda kuvvet

Newton'un 2.yasasına göre;

$$\sum F_r = n \sin \theta = \frac{mv^2}{r} \quad (1)$$



Düşey doğrultuda denge olduğu için;

$$\sum F_y = 0$$

$$n \cos \theta = mg \quad (2)$$

(1) ve (2) yi oranlarsak:



# Eğimli Viraj

$$\frac{n \sin \theta}{n \cos \theta} = \frac{mv^2/r}{mg}$$

$$\tan \theta = \frac{v^2}{rg}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{v^2}{rg} \right)$$

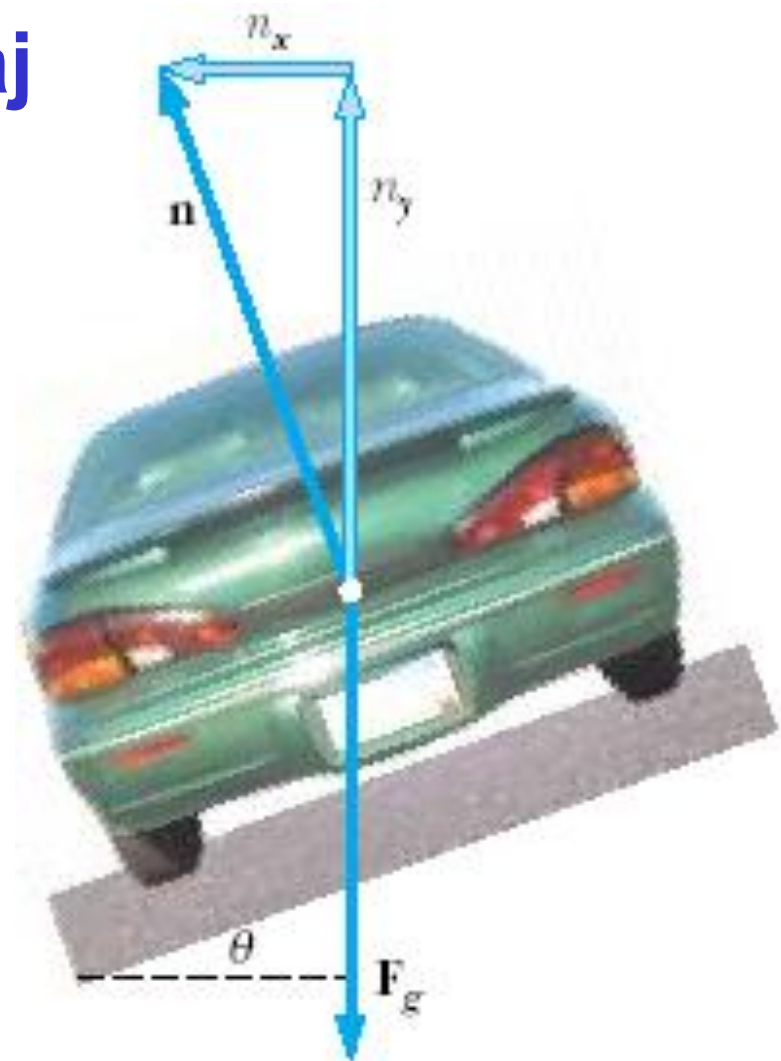
$$r=50\text{m},$$
$$v=13.4 \text{ m/s},$$
$$\theta=?$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{(13.4)^2}{(50)(9.80)} \right) = 20.1^\circ$$

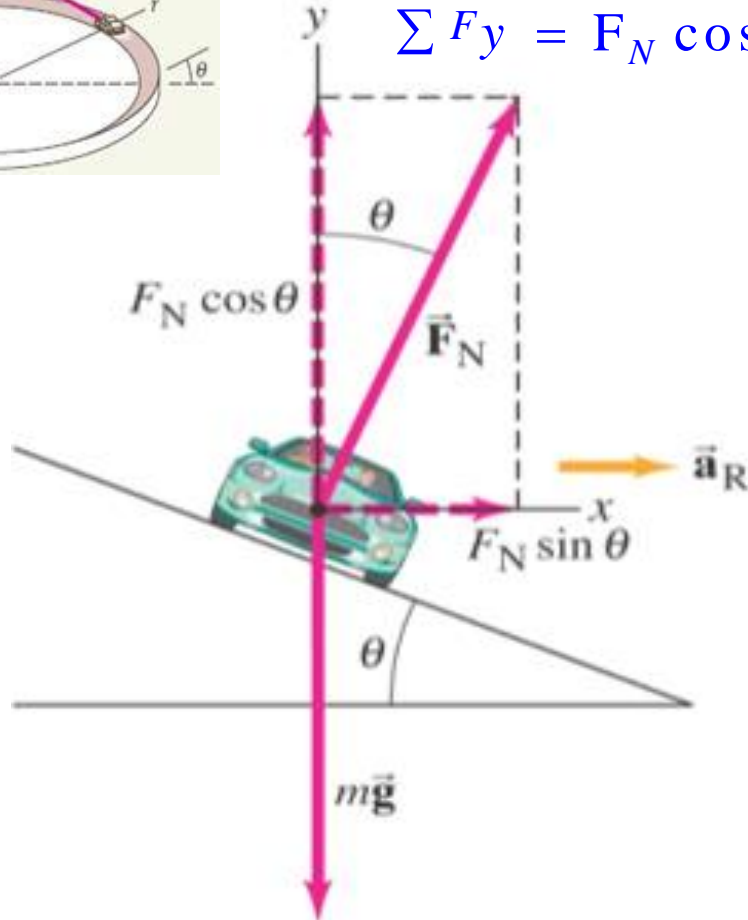
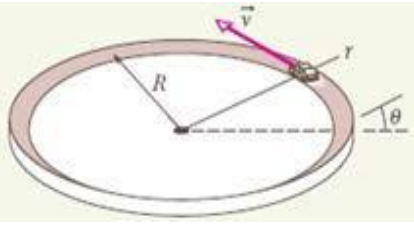
**Eğim açısı aracın kütlesine bağlı değil.**

**Sürtünme yoksa;**

Araç 13.4 m/s den yavaş giderse aşağı kayar,  
araç 13.4 m/s den hızlı giderse yukarı kayar.



**Örnek** Bir mühendis, arabaların sürtünmeye güvenmeksizin savrulmadan dönebilecekleri eğimli bir otoyol virajı yapmak istiyor. Başka bir deyişle, yol buzlu olsa bile araba belirlenen hızla kaymadan virajı dönebilmektedir. Bir arabanın böyle bir virajı 30 mil/saat (13,4 m/s) lik hızla dönebileceğini varsayınız. Virajın yarıçapı da 50m olsun. Yolun eğimi kaç derece olmalıdır?



$$\sum F_y = F_N \cos \theta - mg = 0 \rightarrow F_N \cos \theta = mg \quad (1)$$

$$F_N \cos \theta = mg$$

$$F_N = \frac{mg}{\cos \theta}$$

$$\sum F_r = F_N \sin \theta = \frac{mv^2}{R} \quad (2)$$

$$F_N \sin \theta = \frac{mv^2}{r}$$

$$\Rightarrow \tan \theta = \frac{v^2}{gr}$$

$$\theta = \arctan \left( \frac{13.4^2}{9.8 \times 50} \right) = 20^\circ$$



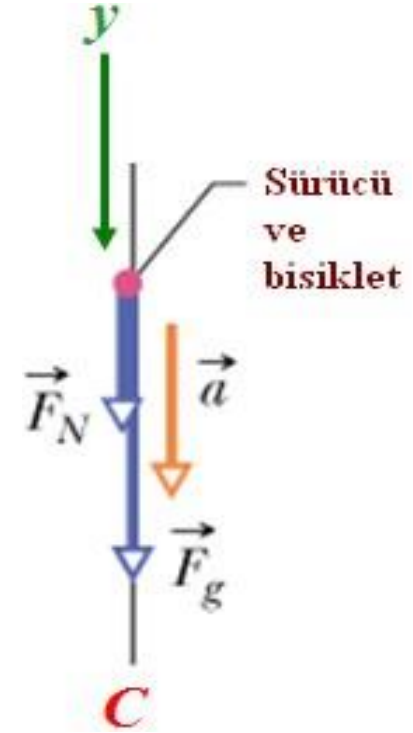
**Örnek:** Çember şeklindeki platformun yarıçapı  $R$ ' dir. Platformun en tepesinde sürücünün düşmemesi için o andaki  $v$  hızı ne olmalıdır?

Sürücü platformun tepesinde iken serbest-cisim diyagramını çizersek, sürücüye etki eden yer-çekimi kuvveti  $F_g$  ve normal kuvvet  $F_N$  aşağı yöndedir.

O noktada sürücünün minimum hıza sahip olması durumunda, platformla teması kesilir ve  $F_N = 0$  olur. Böylece, sürücüye etki eden tek kuvvet  $F_g$ ' dir ve merkezcildir. Bu durumda,

$$F_{net, y} = mg = \frac{mv_{min}^2}{R} \rightarrow v_{min} = \sqrt{Rg}$$

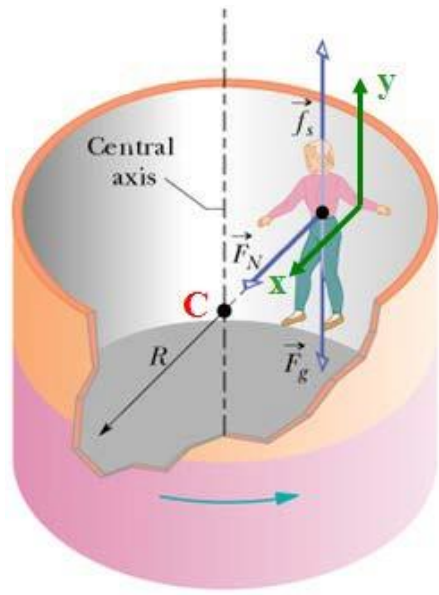
bulunur.





Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.





**Örnek:** Rotor, eksenini etrafında  $v$  hızıyla dönen  $R$  yarıçaplı içi boş bir silindirdir. Kütlesi  $m$  olan bir çocuk, sırtı silindirin iç duvarına yaslanmış bir şekilde ayakta durmaktadır. Silindir dönmeye başlıyor ve önceden belirlenmiş bir hız değerine ulaştığında, silindirin tabanını aniden düşmesine rağmen, çocuk silindir duvarında tutulu kalmaktadır. Rotor duvarıyla çocuk arasındaki statik sürtünme katsayısı  $\mu_s$  olduğuna göre, Rotor'un minimum hızı ne olmalıdır?

Çocuk için serbest-cisim diyagramı çizilirse, **normal kuvvet**  $F_N$ 'nin merkezci kuvvet olduğu görülür.

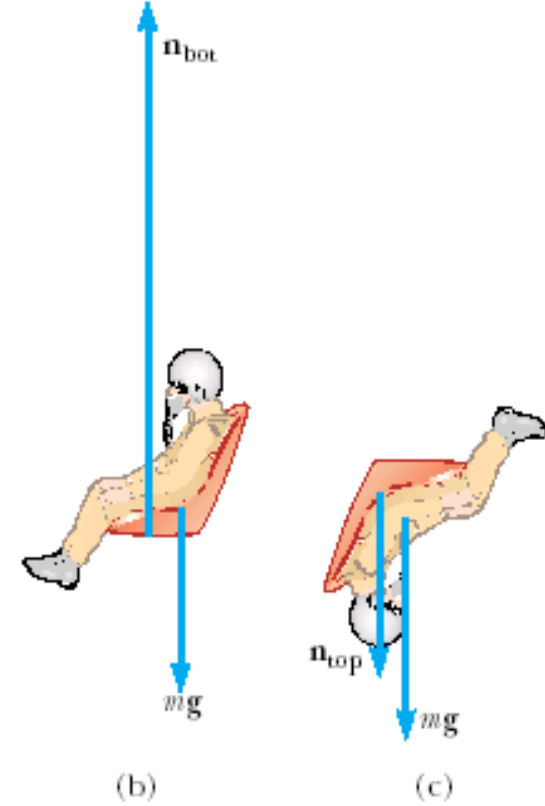
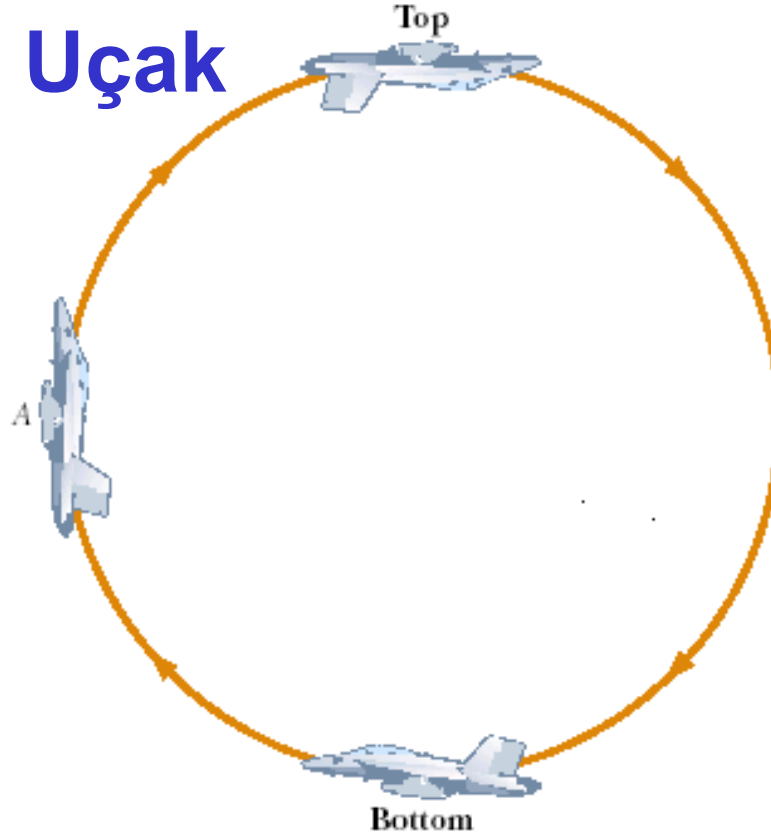
$$F_{x,\text{net}} = F_N = ma = \frac{mv^2}{R} \quad (1)$$

$$F_{y,\text{net}} = f_s - mg = 0, \quad f_s = \mu_s F_N \Rightarrow mg = \mu_s F_N \quad (2)$$

Eş-1 ve Eş-2 birleştirilirse,  $mg = \mu_s \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v^2 = \frac{Rg}{\mu_s} \Rightarrow v_{\min} = \sqrt{\frac{Rg}{\mu_s}}$  bulunur.

## ÖRNEK 6.7 (s.157)

### Pike Yapan Uçak



Alt nokta      Üst nokta  
(Serbest cisim diyagramı)

Kütlesi  **$m$**  olan bir pilot bir uçakla düşey düzlemde **2.70 km** yarıçaplı çember üzerinde sabit **225 m/s** sürati ile şekildeki gibi hareket etmektedir. Pilota etki eden kuvvetleri **(a)** çemberin en altında, **(b)** çemberin en üstünde hesaplayınız.



# Pike Yapan Uçak

## Alt noktada net kuvvet

Newton'un 2. yasasından:

$$\sum F_r = n_{alt} - mg = \frac{mv^2}{r}$$

$$n_{alt} = mg + \frac{mv^2}{r} = mg \left( 1 + \frac{v^2}{rg} \right)$$

$$n_{alt} = mg \left( 1 + \frac{225^2}{(2.7 \times 10^3)(9.8)} \right) = 2.91mg$$

## Üst noktada net kuvvet

Newton'un 2. yasasından:

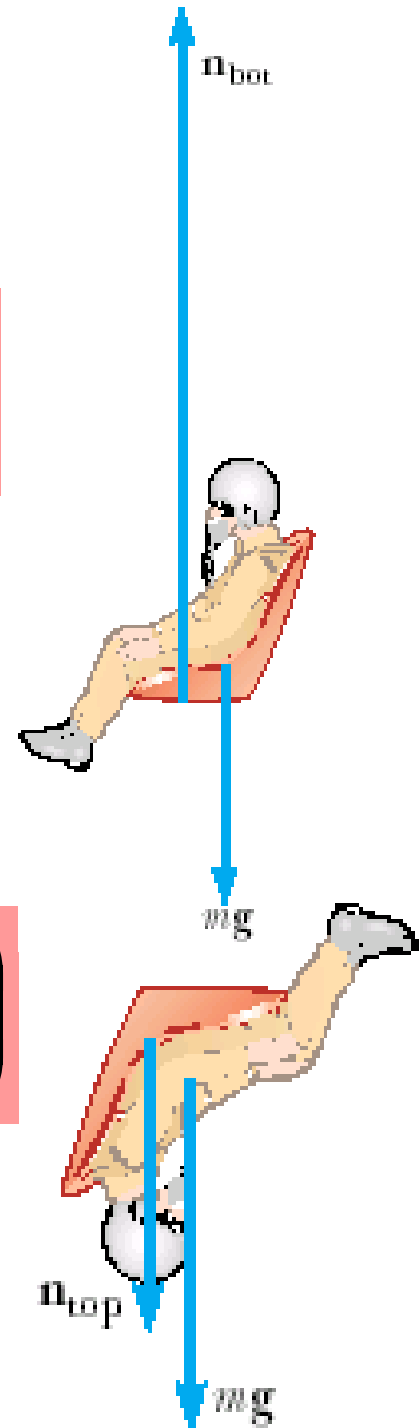
$$\sum F_r = n_{üst} + mg = \frac{mv^2}{r}$$

$$n_{üst} = \frac{mv^2}{r} - mg = mg \left( \frac{v^2}{rg} - 1 \right)$$

$$n_{üst} = mg \left( \frac{225^2}{(2.7 \times 10^3)(9.8)} - 1 \right) = 0.91mg$$

Pilotun ağırlığı;

$$F_g = mg$$



# DÜZGÜN OLMAYAN DAİRESEL HAREKET

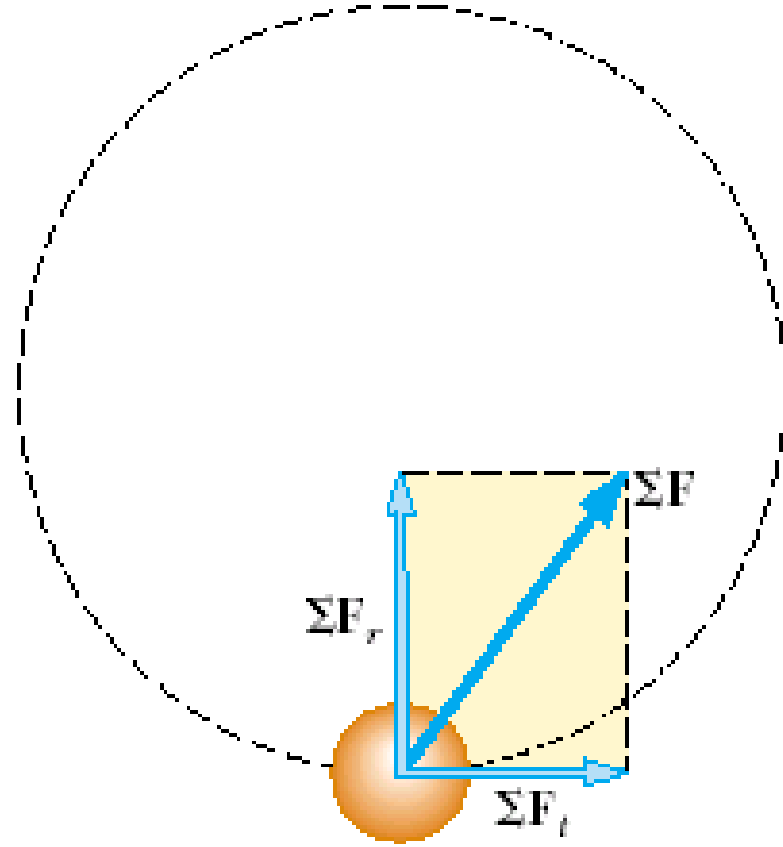
Daha önce bir parçacığın dairesel yörünge üzerinde hareket ederken sürati değiştiğinde radyal doğrultudaki ivmeye ek olarak teğetsel ivmenin ( $dv/dt$ ) de eklenmesi gerektiği belirtilmişti. Bu yüzden dairesel yörüngedeki cismin yarıçap doğrultusunda ve teğetsel doğrultuda kuvvet bileşenleri bulunur.

**Toplam ivme:**  $a = a_r + a_t$

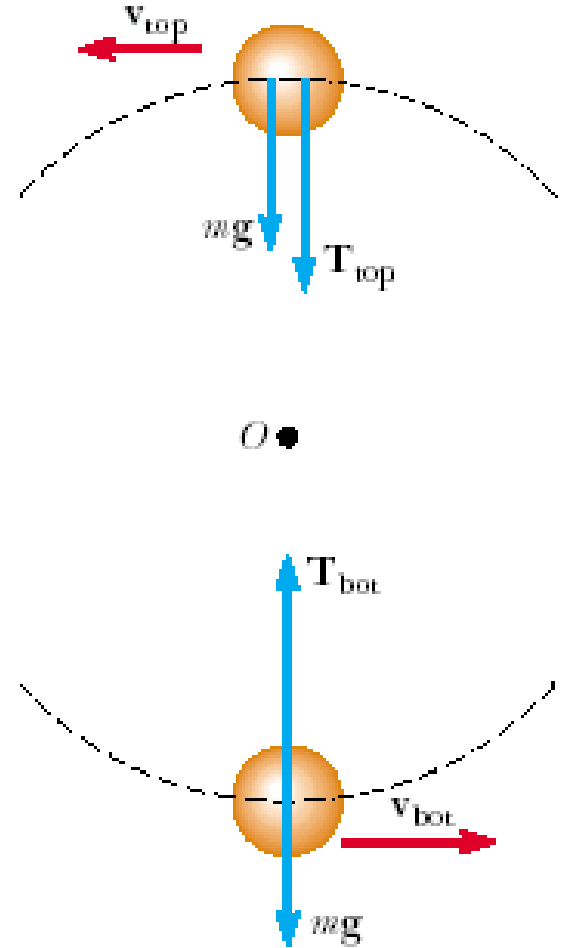
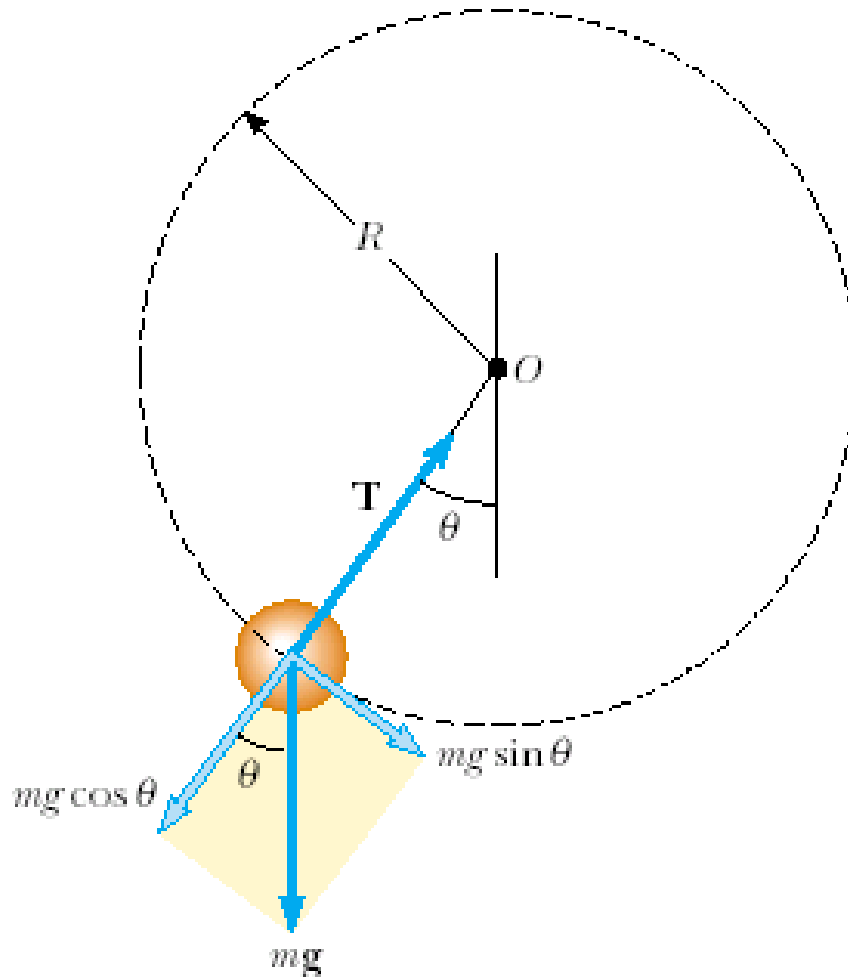
**Toplam kuvvet:**  $\sum F = \sum F_r + \sum F_t$

$\sum F_r$  vektörü (merkez doğrultusunda) radyal ivmenin oluşmasına,

$\sum F_t$  vektörü (çembere teğet) teğetsel ivmenin oluşmasına neden olur.



$m$  kütleli küçük bir küre  $R$  uzunluklu bir ipe bağlanmış ve parçacık düşey doğrultuda  $O$  noktası etrafında döndürülmektedir. İpteki gerilmeyi  $v$  hızında ve düşey doğrultu ile bir  $\theta$  açısında hesaplayalım.



## Cisme uygulanan kuvvetler;

ağırlık ( $F_g=mg$ ) ve ipteki gerilme ( $\mathbf{T}$ ) dir.  $T_{\min}=T_{\text{üst}}$ ,  $T_{\max}=T_{\text{alt}}$   
Newton'un 2. yasasına göre;

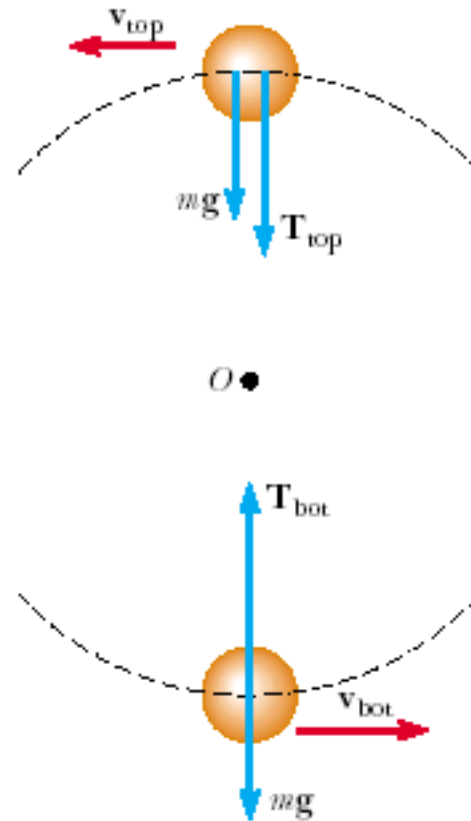
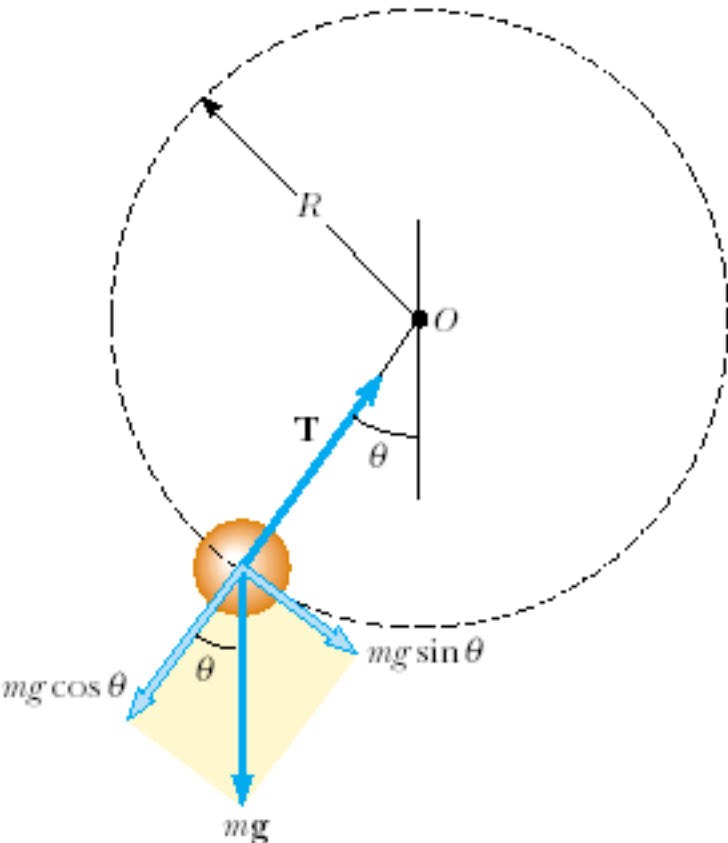
$$\sum F_t = mg \sin \theta = ma_t$$

$$a_t = g \sin \theta$$

Bu ifade

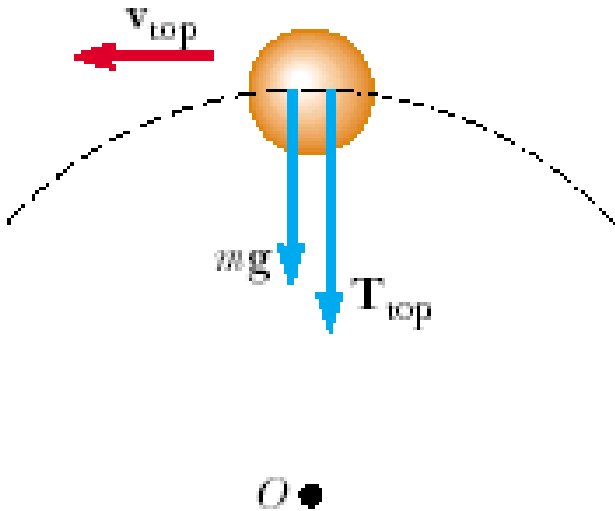
$$a_t = \frac{dv}{dt}$$

olduğundan  
hızın zamanla  
değiştiği  
anlamına gelir.



Newton'un 2. yasası yarıçap doğrultusunda uygulanırsa;

$$\sum F_r = T - mg \cos \theta = m \frac{v^2}{R}$$

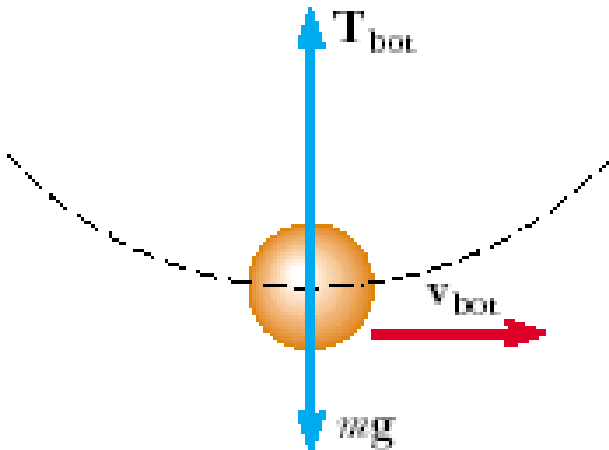


$$T = m \left( \frac{v^2}{R} + g \cos \theta \right)$$

En üst noktada ( $a_t=0$ ,  $\sin 180=0$ )

$$\theta = 180^\circ \quad (\cos 180 = -1)$$

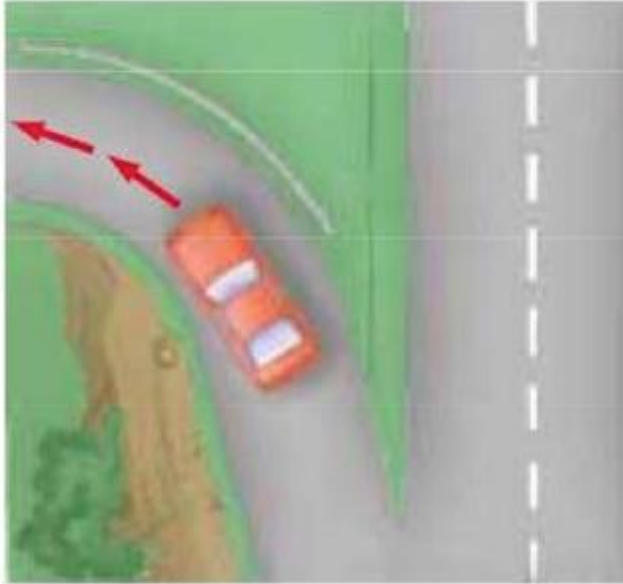
$$T_{üst} = m \left( \frac{v_{üst}^2}{R} - g \right) = T_{min}$$



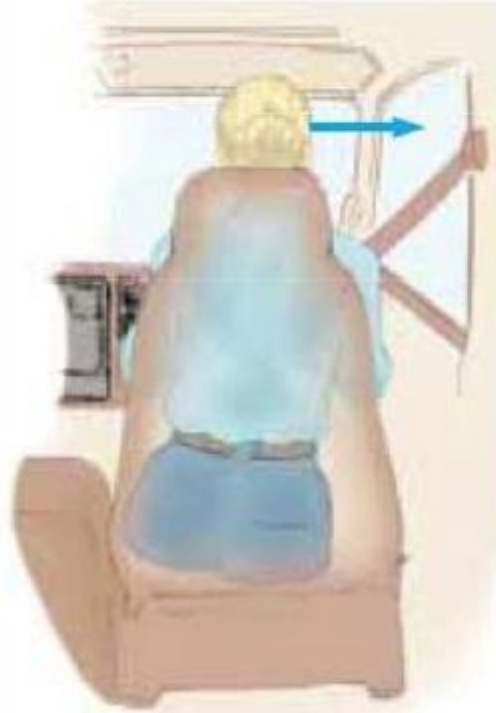
En alt noktada ( $a_t=0$ ,  $\sin 0=0$ )

$$T_{alt} = m \left( \frac{v_{alt}^2}{R} + g \right) = T_{maks}$$

# İvmeli Sistemlerde Hareket



(a)



(b)



(c)

- (a) Bir araba viraja girdiğinde içerdeki yolcu sağa doğru kayar.
- (b) Yolcunun gözlem çerçevesine göre yolcuyu sağ kapı tarafına iten hayali bir kuvvet vardır.
- (c) Yerdeki bir gözlemciye göre yolcuya etki eden kuvvet oturduğu koltuk tarafından sola doğrudur. Böylece yolcu araçta durgun kalır.



## Örnek: Doğrusal Harekette Hayali Kuvvetler

Kütlesi  $m$  olan bir cisim, sağa doğru ivmeli hareket yapan bir yük vagonunun içinde tavana asılıdır.

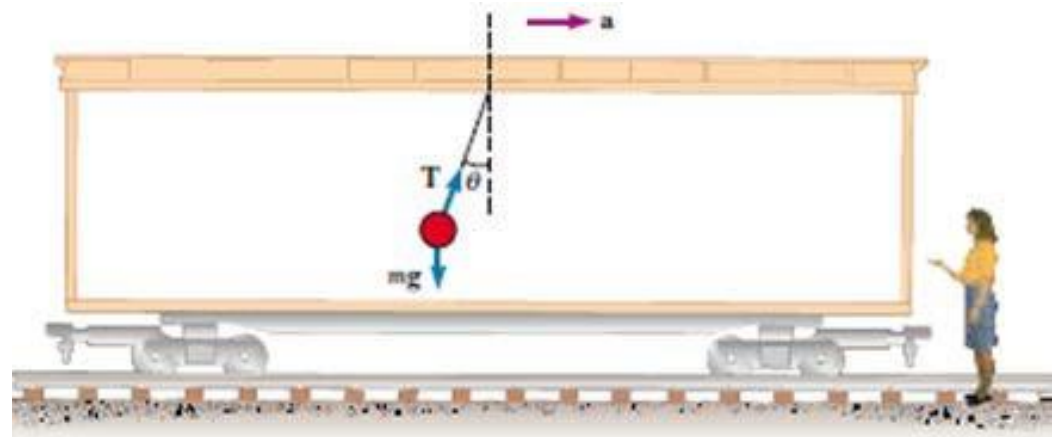
a-) Vagonun dışındaki durgun bir gözlemciye göre aracın ivmesi nedir?

b-) Vagonun içindeki bir gözlemciye göre durumu inceleyiniz?

$$a-) \sum F_x = T \sin \theta = ma$$

$$\sum F_y = T \cos \theta = mg$$

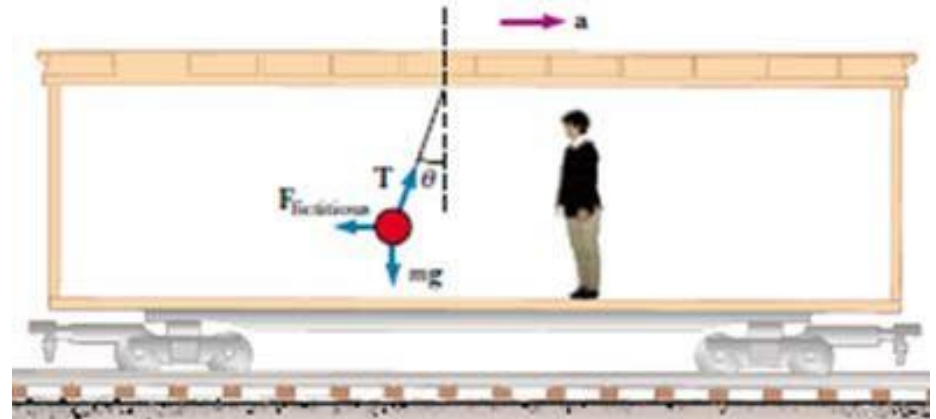
$$a = g \tan \theta$$



$$b-) \sum F'_x = T \sin \theta - f_{\text{hayali}} = 0$$

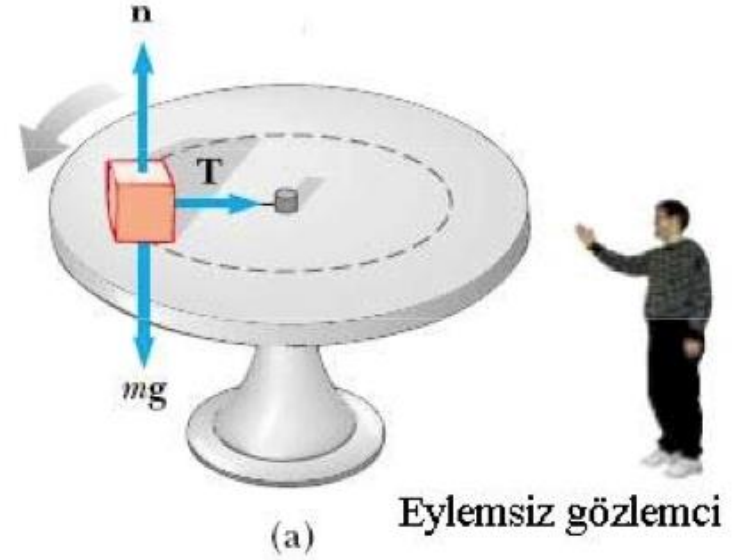
$$\sum F'_y = T \cos \theta = mg$$

$$f_{\text{hayali}} = mg \tan \theta = ma$$



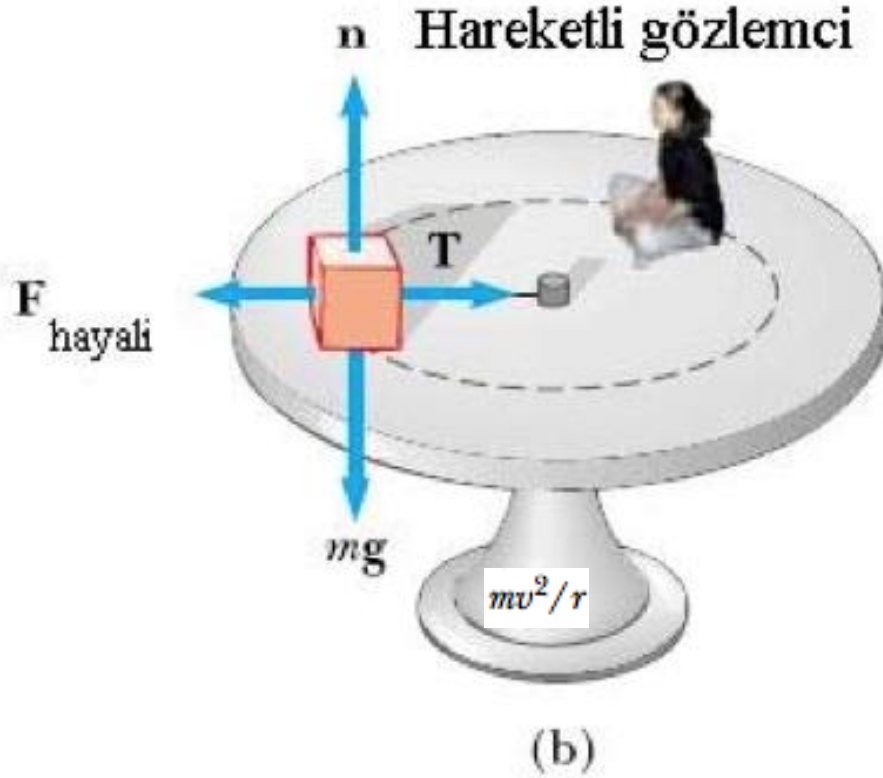
## Örnek: Dönen Sistemde Yalancı Kuvvetler

$m$  kütleli bir cisme hareketli ve hareketsiz gözlem çerçevelerindeki kişiler Newton'un ikinci yasasını nasıl uygulayacaklardır?



Eylemsiz gözlemci, merkezci kuvvetin ipteki  $T$  gerilmesinin oluşturduğunu söyler. Newton'un 2. Kanunu:

$$T = mv^2/r$$



Dönen masa üzerinde bulunan Eylemli gözlemciye (ivmeli gözlemci) göre blok durgundur ve ivmesi sıfırdır. Bloğa  $mv^2/r$  değerinde yalancı bir kuvvet uygulandığını düşünür. Eylemli gözlemciye göre blok üzerine etkiyen net kuvvet sıfırdır. Newton'un 2. Kanunu:

$$T - mv^2/r = 0 \rightarrow T = mv^2/r$$

# BÖLÜM 6

## SEÇİLMİŞ PROBLEMLER

## Problem 3

Hafif bir ipin ucuna bağlanmış 3 kg kütleli bir cisim yatay, sürtünmesiz bir masa üzerinde dairesel hareket yaparak dönmektedir. Dairenin yarıçapı **0.8 m** dir. İp ancak **25 kg** lık bir kütleye dayanabilmektedir. İp kopmadan önce kütle hangi hıza sahip olur? **ÇÖZÜM:**

$m = 3.00 \text{ kg}$ ,  $r = 0.800 \text{ m}$ . The string will break if the tension exceeds the weight corresponding to 25.0 kg, so

$$T_{\max} = Mg = 25.0(9.80) = 245 \text{ N}.$$

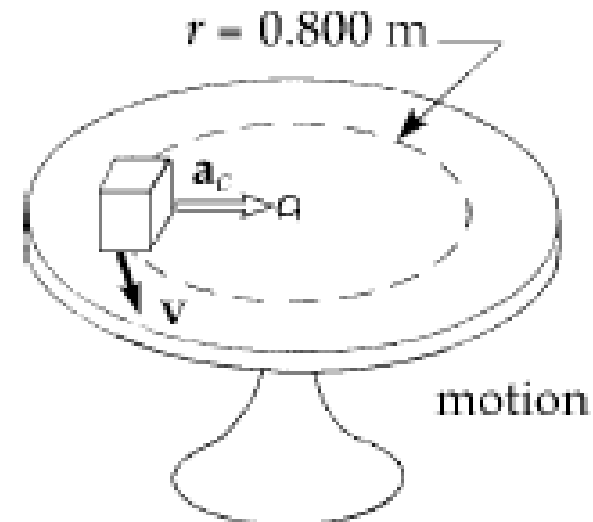
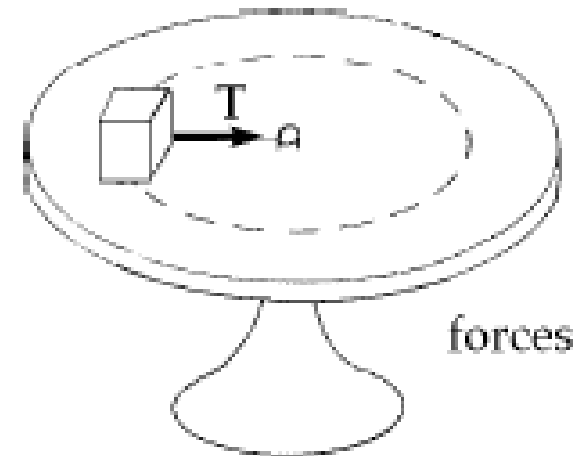
When the 3.00 kg mass rotates in a horizontal circle, the tension causes the centripetal acceleration,

so 
$$T = \frac{mv^2}{r} = \frac{(3.00)v^2}{0.800}.$$

Then 
$$v^2 = \frac{rT}{m} = \frac{(0.800)T}{3.00} \leq \frac{(0.800)T_{\max}}{3.00} = \frac{0.800(245)}{3.00} = 65.3 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

and 
$$0 \leq v \leq \sqrt{65.3}$$

or 
$$\boxed{0 \leq v \leq 8.08 \text{ m/s}}.$$



## Problem 4

Hidrojen atomunun Bohr modelinde, çekirdek etrafındaki elektronun hızı yaklaşık olarak  $v=2.2 \times 10^6$  m/s dir.

- (a) Elektronun döndüğü yörünge dairesel ve yarıçapı  $0.53 \times 10^{-10}$  m dir. Elektron üzerine etki eden merkezci kuvveti,
- (b) Elektronun merkezci ivmesini,
- (c) Elektronun saniyede kaç devir yaptığını bulunuz. Elektronun kütlesi  $9.1 \times 10^{-31}$  kg.

### ÇÖZÜM:

$$(a) \quad F = \frac{mv^2}{r} = \frac{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(2.20 \times 10^6 \text{ m/s})^2}{0.530 \times 10^{-10} \text{ m}} = \boxed{8.32 \times 10^{-8} \text{ N inward}}$$

$$(b) \quad a = \frac{v^2}{r} = \frac{(2.20 \times 10^6 \text{ m/s})^2}{0.530 \times 10^{-10} \text{ m}} = \boxed{9.13 \times 10^{22} \text{ m/s}^2 \text{ inward}}$$

$$(c) \text{ Saniyedeki devir sayısı: } \frac{v}{2\pi r} = \frac{2.2 \times 10^6}{3.33 \times 10^{-10}} = 6.61 \times 10^{15} \text{ devir/saniye}$$



## Problem 9

Bir metal para, yatay durumdaki döner masanın merkezinden 30 cm uzağa konuluyor. Para 50 cm/s lik hıza sahip olduğunda kaymaya başlıyor.

- (a) Para dönen masaya göre durduğunda ona etki eden merkezci kuvveti ne sağlar?
- (b) Para ile masa arasındaki statik sürtünme katsayısı nedir?

## ÇÖZÜM:

- (a) Statik sürtünme,

(b)

$$m\hat{a} = f\hat{i} + n\hat{j} + mg(-\hat{j})$$
$$\sum F_y = 0 = n - mg$$
$$n = mg \text{ and } \sum F_r = m \frac{v}{r} = f = \mu n = \mu mg.$$

$$\mu = \frac{v^2}{rg} = \frac{(50.0 \text{ cm/s})^2}{(30.0 \text{ cm})(980 \text{ cm/s}^2)} = \boxed{0.0850}$$

# Problem 11

Bir yumurta sandığı, virajlı bir yolda hareket eden bir kamyonun tabanının ortasına yüklenmiştir. Viraj yaklaşık olarak 35 m yarıçaplı bir daire yayıdır. Yumurta sandığı ile araba zemini arasındaki statik sürtünme katsayısı 0.6 ise, virajı dönerken sandığın kaymaması için kamyonun maksimum hızı ne olmalıdır?

## ÇÖZÜM:

$$n = mg \text{ since } a_y = 0$$

The force causing the centripetal acceleration is the frictional force  $f$ .

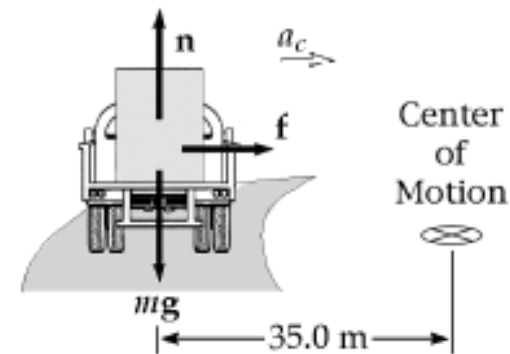
$$\text{From Newton's second law } f = ma_c = \frac{mv^2}{r}.$$

But the friction condition is  $f \leq \mu_s n$

$$\text{i.e., } \frac{mv^2}{r} \leq \mu_s mg$$

$$v \leq \sqrt{\mu_s r g} = \sqrt{0.600(35.0 \text{ m})(9.80 \text{ m/s}^2)}$$

$$v \leq \boxed{14.3 \text{ m/s}}$$



## Problem 15

85 kg kütlesindeki Tarzan, asma çubuğuna asılarak bir nehri geçmek istemektedir. Asma çubuğu 10 m uzunluktadır ve Tarzan'ın en alt noktadaki hızı 8 m/s dir. Tarzan bu asma çubuğun 1000 N luk bir kuvvete dayanabildiğini bilmemektedir. Tarzan düşmeden nehri geçebilir mi?

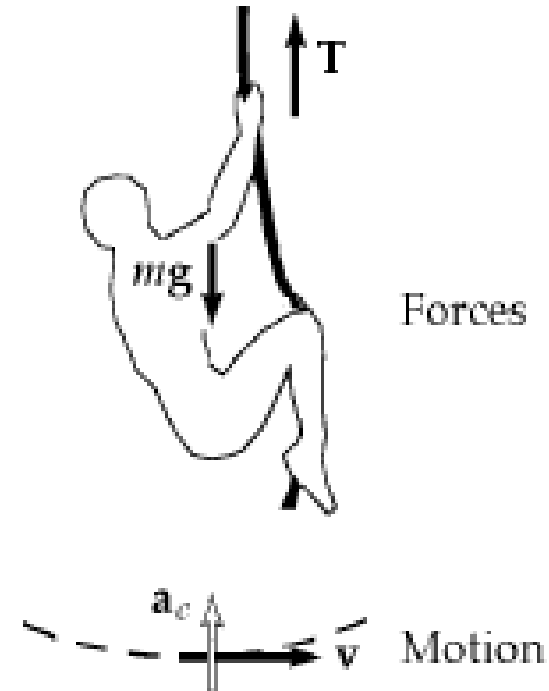
### ÇÖZÜM:

Let the tension at the lowest point be  $T$ .

$$\sum F = ma: \quad T - mg = ma_c = \frac{mv^2}{r}$$

$$T = m \left( g + \frac{v^2}{r} \right)$$

$$T = (85.0 \text{ kg}) \left[ 9.80 \text{ m/s}^2 + \frac{(8.00 \text{ m/s})^2}{10.0 \text{ m}} \right] = 1.38 \text{ kN} > 1000 \text{ N}$$

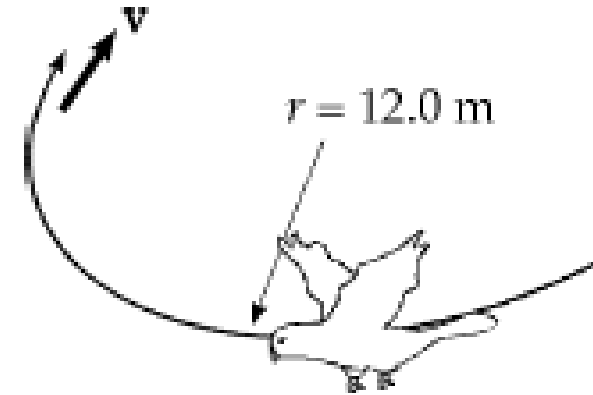


He doesn't make it across the river because the vine breaks.

## Problem 16

Bir kuş, 12 m yarıçaplı yatay dairesel bir yay üzerinde 4 m/s lik hızla uçuyor. (a) Kuşun merkezci ivmesi nedir? (b) Kuş aynı dairesel yörüngede hızını  $1.2 \text{ m/s}^2$  lik bir ivme ile artırarak uçtuğunda ivmesinin büyüklüğünü ve doğrultusunu bulunuz.

**ÇÖZÜM:**



$$(a) \quad a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{(4.00 \text{ m/s})^2}{12.0 \text{ m}} = \boxed{1.33 \text{ m/s}^2}$$

$$(b) \quad a = \sqrt{a_c^2 + a_t^2}$$

$$a = \sqrt{(1.33)^2 + (1.20)^2} = \boxed{1.79 \text{ m/s}^2}$$

$$\text{at an angle } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{a_c}{a_t} \right) = \boxed{48.0^\circ \text{ inward}}$$

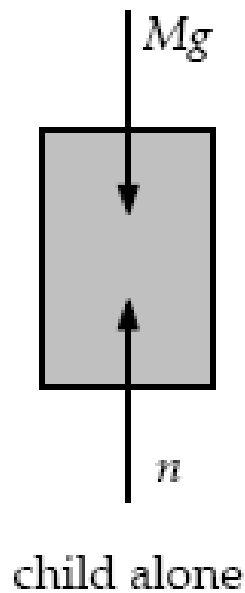
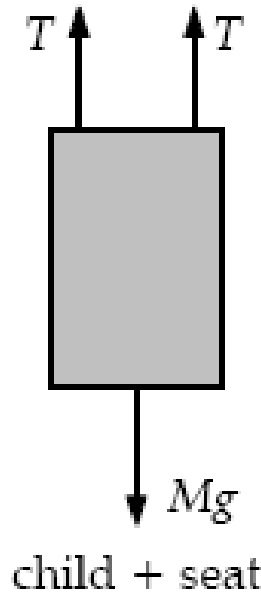
## Problem 17

40 kg kütleli bir çocuk, iki zincirle asılı, 3 m uzunluklu bir salıncakta sallanıyor. Salıncak en alt noktada iken her bir zincirdeki gerilme 350 N ise (a) Çocuğun en alt noktadaki hızını bulunuz. (b) En alt noktada salıncağın çocuğa uyguladığı kuvveti bulunuz. (salıncağın kütlesini ihmal ediniz.) **ÇÖZÜM:**

$$M = 40.0 \text{ kg}, R = 3.00 \text{ m}, T = 350 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad \sum F &= 2T - Mg = \frac{Mv^2}{R} \\ v^2 &= (2T - Mg) \left( \frac{R}{M} \right) \\ v^2 &= [700 - (40.0)(9.80)] \left( \frac{3.00}{40.0} \right) = 23.1 \text{ (m}^2/\text{s}^2) \\ \boxed{v = 4.81 \text{ m/s}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(b)} \quad n - Mg &= F = \frac{Mv^2}{R} \\ n &= Mg + \frac{Mv^2}{R} = 40.0 \left( 9.80 + \frac{23.1}{3.00} \right) = \boxed{700 \text{ N}} \end{aligned}$$

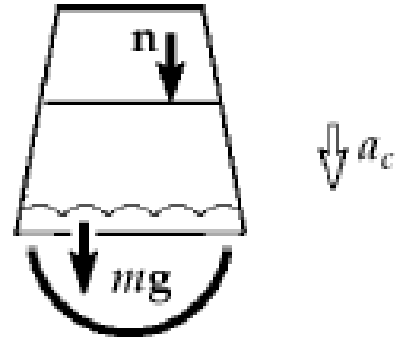


## Problem 19

1 kova su, 1 m yarıçaplı düşey dairesel bir yörüngede döndürülüyor. Yörünge­nin üst noktasında suyun dökülmemesi için kovanın minimum hızı ne olmalıdır?

ÇÖZÜM:

$$\sum F_y = \frac{mv^2}{r} = mg + n$$

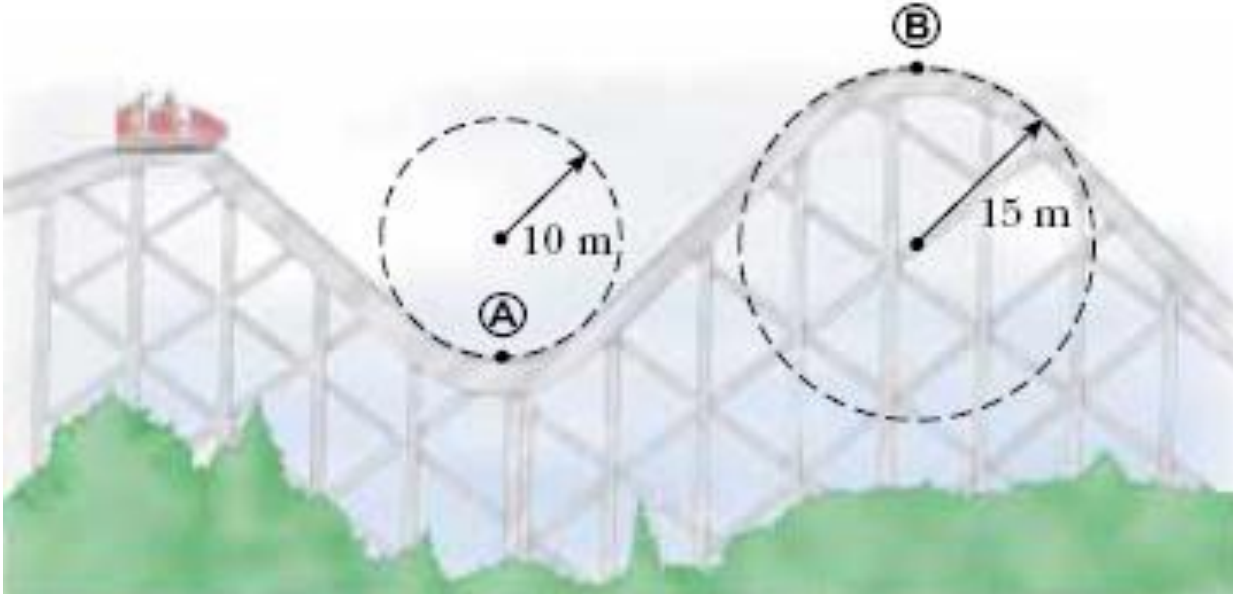


But  $n = 0$  at this minimum speed condition, so

$$\frac{mv^2}{r} = mg \Rightarrow v = \sqrt{gr} = \sqrt{(9.80 \text{ m/s}^2)(1.00 \text{ m})} = \boxed{3.13 \text{ m/s}}$$

## Problem 21

Bir lunaparktaki eğlence aracı şekildeki gibi tam dolu iken yolcularıyla birlikte 500 kg kütleye sahiptir. (a) Araç, A noktasındayken 20 m/s lik bir hıza sahipse, bu noktada yolun araca uyguladığı kuvvet nedir? (b) Aracın B noktasında yoldan çıkmadan kalabilmesi için maksimum hızı ne olmalıdır?

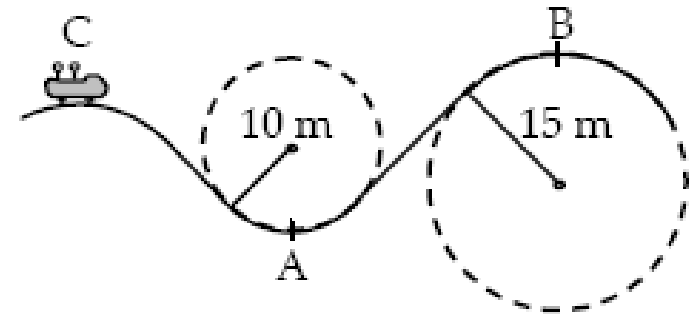




Bir lunaparktaki eğlence aracı şekildeki gibi tam dolu iken yolcularıyla birlikte 500 kg kütleye sahiptir. (a) Araç, A noktasındayken 20 m/s lik bir hıza sahipse, bu noktada yolun araca uyguladığı kuvvet nedir? (b) Aracın B noktasında yoldan çıkmadan kalabilmesi için maksimum hızı ne olmalıdır?

## ÇÖZÜM:

- (a)  $v = 20.0 \text{ m/s}$ ,  
 $n =$  force of track on roller coaster, and  
 $R = 10.0 \text{ m}$ .



$$\sum F = \frac{Mv^2}{R} = n - Mg$$

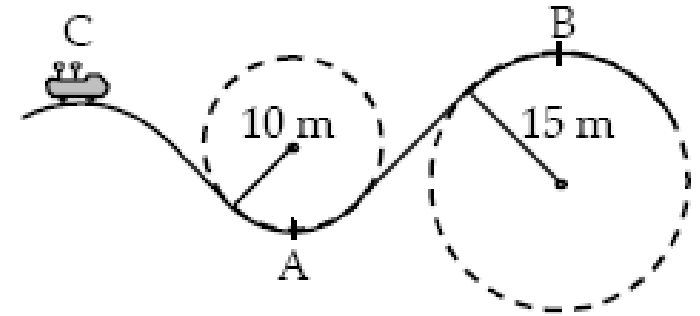
From this we find

$$n = Mg + \frac{Mv^2}{R} = (500 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) + \frac{(500 \text{ kg})(20.0 \text{ m/s}^2)^2}{10.0 \text{ m}}$$

$$n = 4\,900 \text{ N} + 20\,000 \text{ N} = \boxed{2.49 \times 10^4 \text{ N}}$$

Bir lunaparktaki eğlence aracı şekildeki gibi tam dolu iken yolcularıyla birlikte 500 kg kütleye sahiptir. (a) Araç, A noktasındayken 20 m/s lik bir hıza sahipse, bu noktada yolun araca uyguladığı kuvvet nedir? (b) Aracın B noktasında yoldan çıkmadan kalabilmesi için maksimum hızı ne olmalıdır?

**ÇÖZÜM:**



(b) At B,  $n - Mg = -\frac{Mv^2}{R}$

The max speed at B corresponds to

$$n = 0$$

$$-Mg = -\frac{Mv_{\max}^2}{R} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{Rg} = \sqrt{15.0(9.80)} = \boxed{12.1 \text{ m/s}}$$