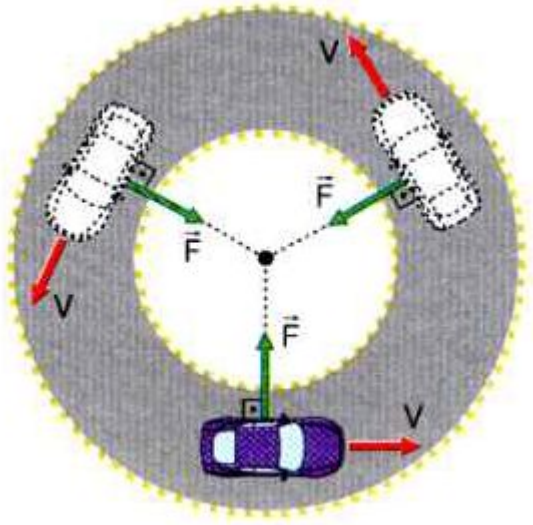


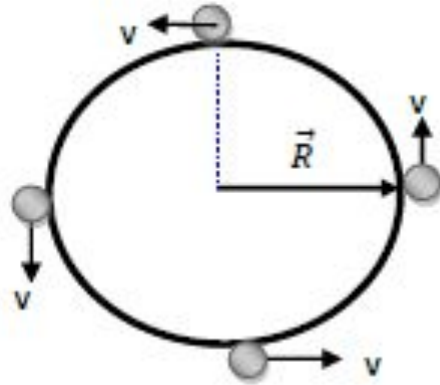


DÜZGÜN DAİRESEL HAREKET



Dairesel bir yörünge üzerinde yapılan "sabit hızlı" harekete düzgün dairesel hareket denir. Düzgün dairesel harekette hız büyüklüğü değişmez.

Sürtünmenin önemsenmediği yatay bir düzlemde sabit büyüklükteki bir hızla hareket eden cisme, hız vektörüne dik olacak şekilde sürekli sabit bir kuvvet uygulandığında cisim dairesel yörüngede hareket eder. Uygulanan kuvvet hızın büyüklüğünü değil hareket yönünü değiştirir.



Konum vektörü (R) :

Çemberin merkezini cisme birleştiren yarıçap vektörüdür.yönü merkezden cisme doğrudur.

Birimi m

Periyot (T)

Düzgün dairesel hareket yapan bir cismin "bir tam tur" yapması için geçen süreye denir. T ile gösterilir. Birimi saniyedir.

Frekans (f)

Düzgün dairesel hareket yapan bir cismin "bir saniyedeki tur sayısına" frekans denir. f ile gösterilir.

Birimi s^{-1} = Hertz dir.

Frekans ile periyot arasında

$$f = \frac{1}{T}$$

bağıntısı vardır.

Çizgisel hız ($\vec{v}$):

Düzgün dairesel hareket yapan bir cismin, daire çevresinde birim zamanda aldığı yola çizgisel hız denir. Çizgisel hız;

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r.f$$

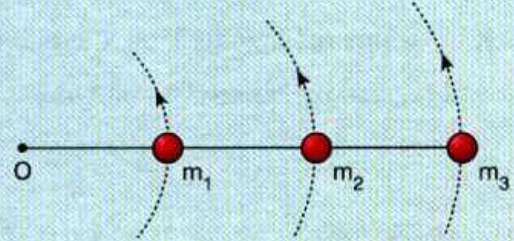
formülü ile bulunur.

cismin daire üzerinde birim zamanda aldığı yoldur.

- Birimi m/s dir
- Çizgisel hız daima çembere teğet yarıçap vektörüne diktir.
- Anlık hızdır.
- Büyüklüğü ve doğrultusu değişmez ama her an yön ve doğrultusu değişir.

NOT :

Bir ipe veya çubuğa şekildeki gibi bağlı cisimlere düzgün dairesel hareket yaptırıldığında cisimlerin periyotları eşit olur.



Açısal hız (ω):

Yarıçap vektörünün birim zamanda taradığı açıya açısal hız denir. ω sembolü ile gösterilir. Birimi radyan/saniye dir.

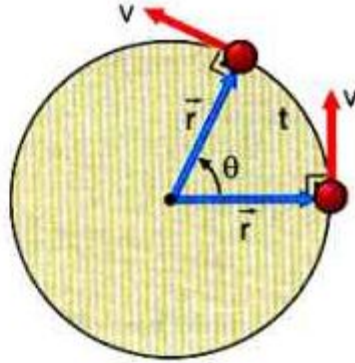
$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

- Bir periyotluk süre için;

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \text{olur.}$$

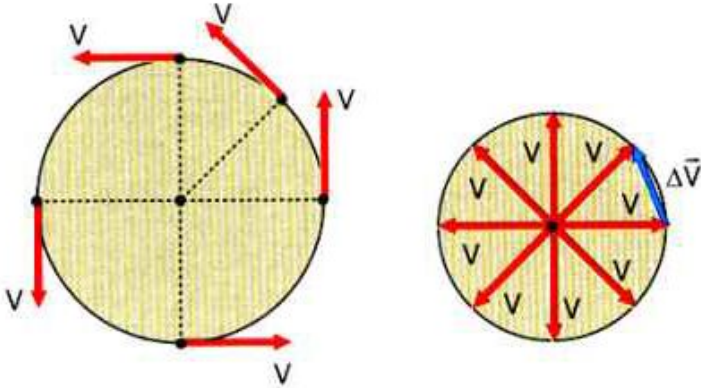
- Çizgisel hız ile açısal hız arasında;

$$v = \omega \cdot r \quad \text{bağıntısı vardır.}$$



MERKEZCİL İVME

Düzgün dairesel harekette, cismin çizgisel hızının büyüklüğü değişmemesine rağmen yönü ve doğrultusu değişir. İvme, birim zamandaki hız değişimi olduğu için, düzgün dairesel hareket ivmeli bir harekettir. Düzgün dairesel harekette ivme, hızın yön ve doğrultusunun değişmesinden meydana gelir.



Hız vektörlerini bir noktada kesiştirdiğimizde yarıçapı V olan bir daire oluşur.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \text{ den bir periyotluk süre için,}$$

$$a = \frac{2\pi v}{T} \text{ olur.}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} \text{ yazılırsa;}$$

$$\vec{a} = -\frac{4\pi^2 \cdot \vec{r}}{T^2} \text{ olur.}$$

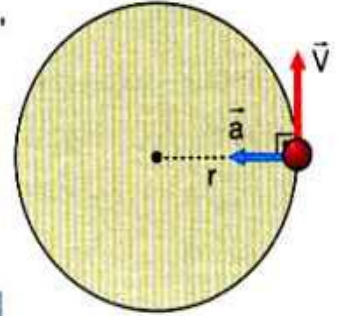
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ olduğundan;}$$

$$a = \omega^2 \cdot r$$

ve

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

dir.



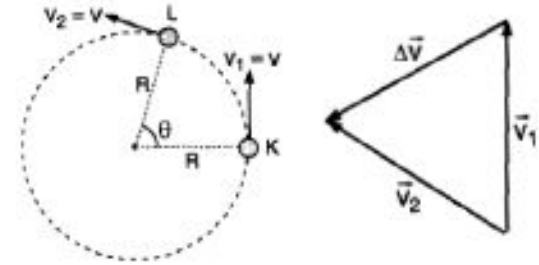
Bu ivme, merkeze yönelik olduğu için merkezci ivme denir. Merkezci ivme vektörü ile yarıçap vektörü zıt yönlüdür.

ORTALAMA İVME

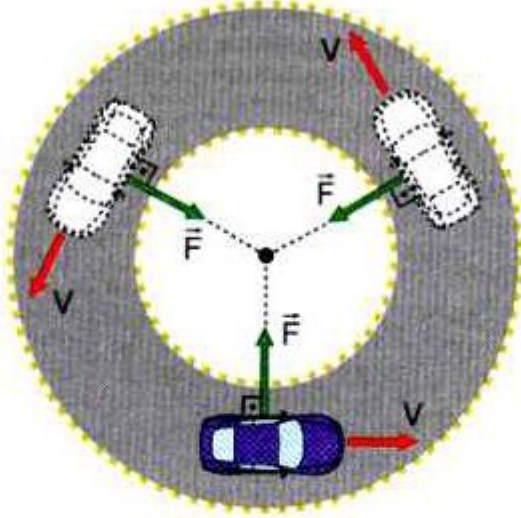
Birim zamandaki hız değişimi anlık ivmeyi, belli bir zaman aralığındaki hız değişimi ise bu süre içindeki ortalama ivmeyi verir. Ortalama ivme $\Delta \vec{v}$ ile aynı yönlüdür.

$$\vec{a}_{\text{ort}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

formülüyle bulunur.



MERKEZCİL KUVVET



Merkezcil kuvvet, hız vektörüne diktir ve merkeze yönelik kuvvetlerin bileşkesi olan bir kuvvettir.

- Dairesel harekette "merkezkaç kuvveti" adı verilen bir kuvvetten bahsedilir. Bu kuvvet merkezcil kuvvete gösterilen tepki kuvveti olarak ifade edilebilir. Ancak Newton kanunlarının geçerli olduğu referans sistemlerinde böyle bir kuvvet yoktur. Problemlerin çözümünü kolaylaştırdığı için bu hayali (eylemsizlik) kuvveti kullanacağız.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ dan}$$

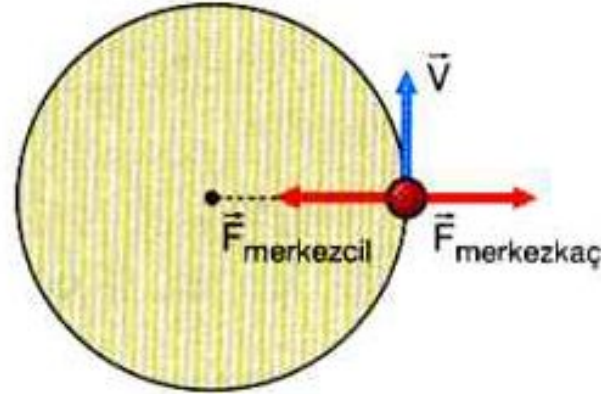
$$F = m \frac{v^2}{r}$$

veya

$$F = m\omega^2 \cdot r$$

bulunur.

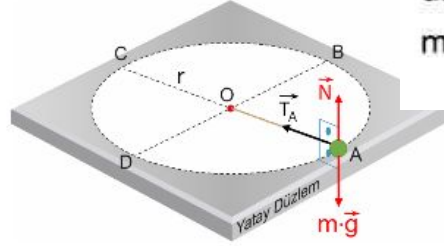
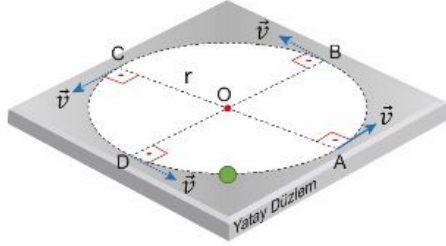
- Dairesel hareket yapan bir cisim için aynı anda hem merkezci kuvvet hem de merkezkaç kuvveti düşünülerek işlem yapılamaz. Yalnız birisi kullanılmalıdır.



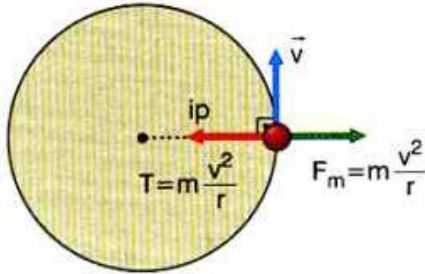
$$\vec{F}_{\text{merkezcil}} = -\vec{F}_{\text{merkezkaç}}$$

DAİRESEL HAREKETİN UYGULAMALARI

YATAYDA DÜZGÜN DAİRESEL HAREKET

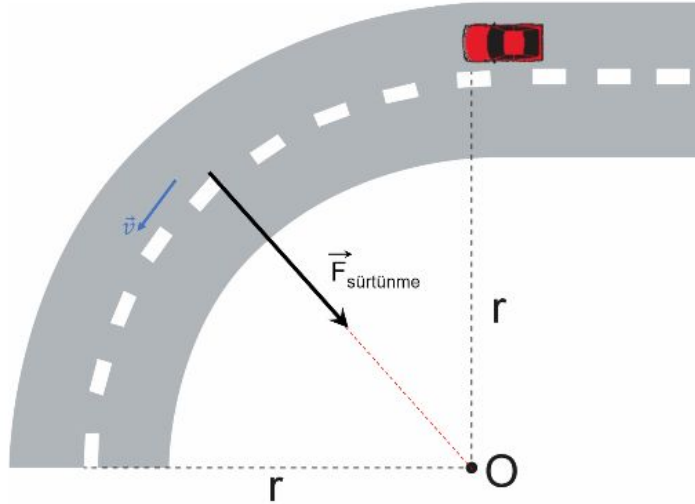


Bir cismi ipe bağlayıp sürtünmesiz yatay düzlemde düzgün dairesel hareket yaptırılırsa ipteki gerilme kuvveti daima merkezkaç kuvvetine eşit olur.



$$T_{ip} = F_{mer} = \frac{mv^2}{R}$$

YATAY VİRAJDA EMNİYETLİ DÖNÜŞ

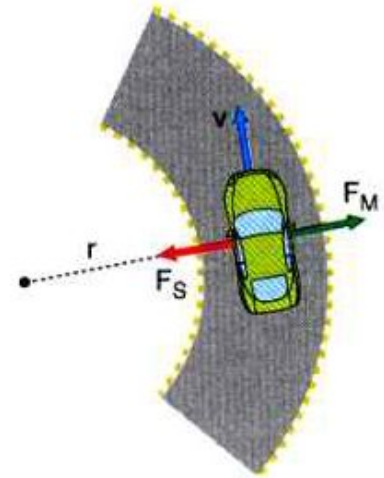


Aracın yatay virajlı yolda kaymaması için sürtünme kuvveti, merkezkaç kuvvetinden büyük veya en az ona eşit olmalıdır.

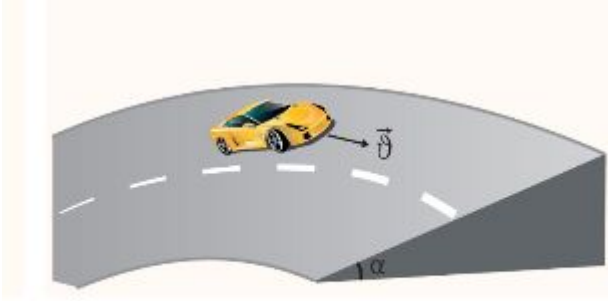
$$f_s \geq f_m$$

$$kmg \geq m \frac{v^2}{r}$$

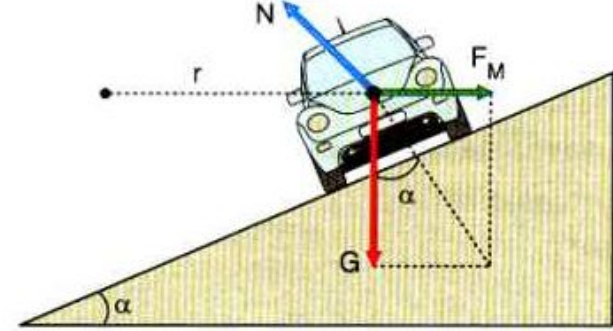
$$k.g.r \geq v^2 \text{ dir.}$$



EĞİMLİ VİRAJDA EMNİYETLİ DÖNÜŞ HAREKETİ



Virajların daha güvenli bir şekilde dönülebilmesi için, virajlara eğim verilir. Eğim açısı, virajın bulunduğu yerin şartlarına göre belirlenir.



Sürtünmesiz eğimli yolda aracın kaymaması için yolun eğimi:

$$\tan \alpha = \frac{F_M}{G} = \frac{\frac{mv^2}{r}}{mg}$$

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{gr}$$

olmalıdır.

SİLİNDİR İÇİNDE DÖNEN CİSİM

Sirk ve lunapark gibi eğlence merkezlerinde, silindir içinde hareket eden motosiklet heyecan uyandırır. Bu heyecanın nedeni motosikletli ve motosikletin ağırlığı nedeniyle aşağı düşme beklentisidir. Oysa silindir içinde hızla dönen motosiklet merkezkaç kuvveti etkisiyle oluşan sürtünme kuvveti nedeniyle dengede kalabilir. Bir silindir içerisinde dönen motosikletlinin düşmeden dönebilmesi için hızı:

$$F_s \geq G$$

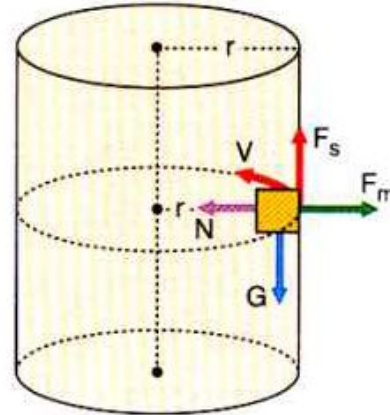
$$kN \geq G$$

$$k \cdot F_m \geq mg$$

$$k \frac{mv^2}{r} \geq mg$$

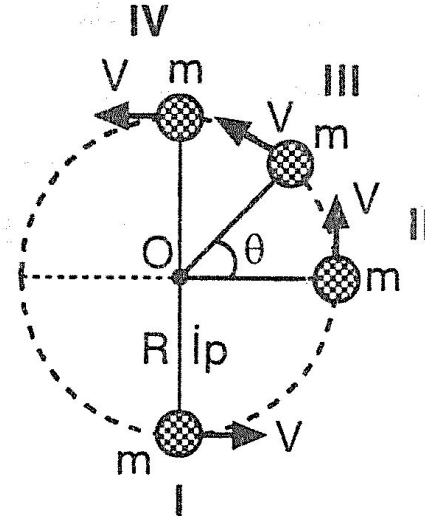
$$v^2 \geq \frac{gr}{k}$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{gr}{k}} \text{ olmalıdır.}$$

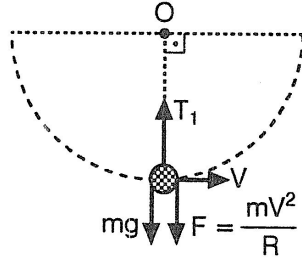


DÜŞEY DÜZLEMDE DAİRESEL HAREKET

m kütleli cisme düşey düzlemde düzgün dairesel hareket yaptırıldığında; şekildeki konumların her birinde ipteki gerilme farklı bir değer alır.

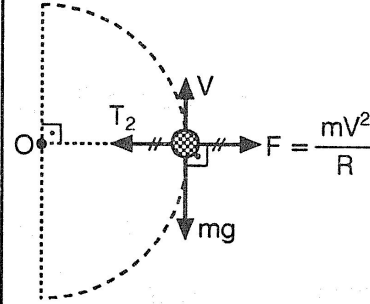


I nolu konumda;

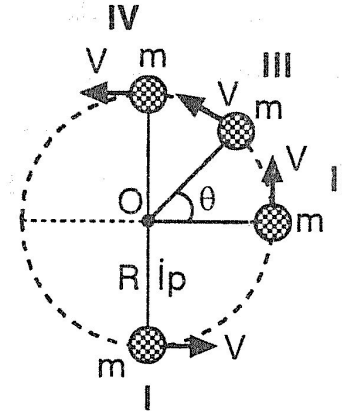


$$T_1 = mg + \frac{mV^2}{R} \text{ olur.}$$

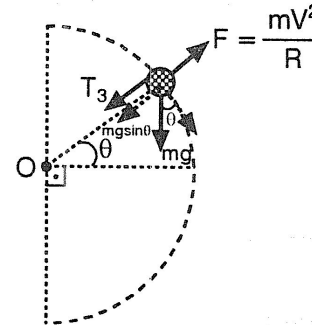
II nolu konumda;



$$T_2 = \frac{mV^2}{R} \text{ olur.}$$

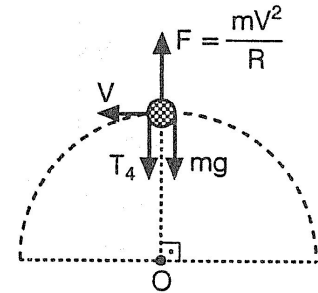


III nolu konumda;



$$T_3 = \frac{mV^2}{R} - mgsin\theta \text{ olur.}$$

IV nolu konumda;



$$T_4 = \frac{mV^2}{R} - mg \text{ olur.}$$

Sonuçta; $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$ ilişkisi görülür. I nolu konum gerilme kuvvetinin **maksimum**; IV nolu konum gerilme kuvvetinin **minimum** olduğu durumdur.

SÜRTÜNMELİ YATAY TABLA

ω açısal hızıyla dönen bir mile bağlı
tabla üzerindeki m kütleli cismin
dengesi;

$$F_{\text{sürtünme}} \geq F$$

$$k \cdot N \geq m\omega^2 R$$

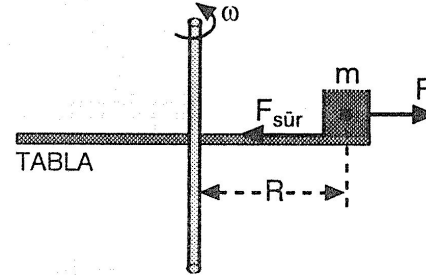
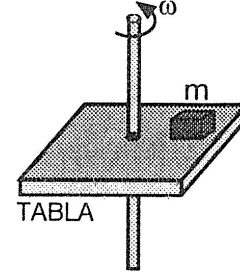
$k \cdot g \geq \omega^2 R$ olursa

cisim savrulmaz.

k : sürtünme katsayısı

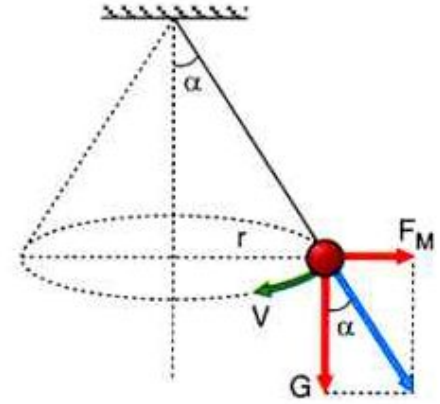
R : Cismin mile olan dik
uzaklığı

g : Yerçekim ivmesi



KONİK SARKAÇ

Tavana sabitlenmiş ipin ucuna, bir cisim asılarak dairesel hareket yaptığında aşağıda gösterilen şekildeki gibi dönen bir sarkaç elde edilir. Bu sarkaca konik sarkaç denir. Konik sarkacın açısı aşağıdaki gibi bulunur.



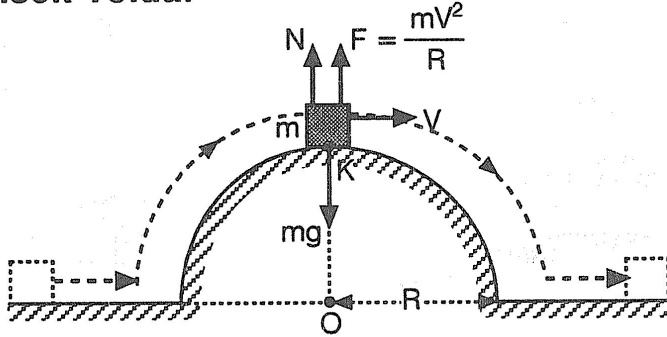
Konik sarkacın açısı:

$$\tan \alpha = \frac{F_M}{G} = \frac{\frac{mv^2}{r}}{mg} = \frac{v^2}{gr}$$

ile bulunur.

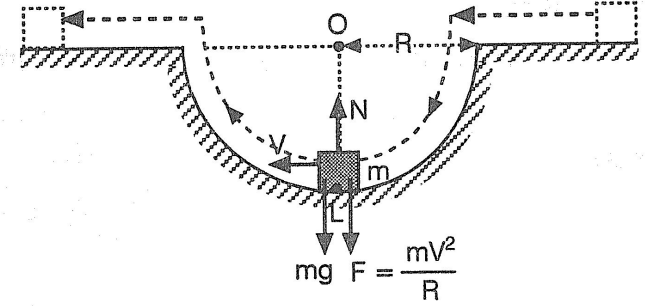
DÜZGÜN OLMAYAN DAİRESEL HAREKET

a) Tümsek Yolda:



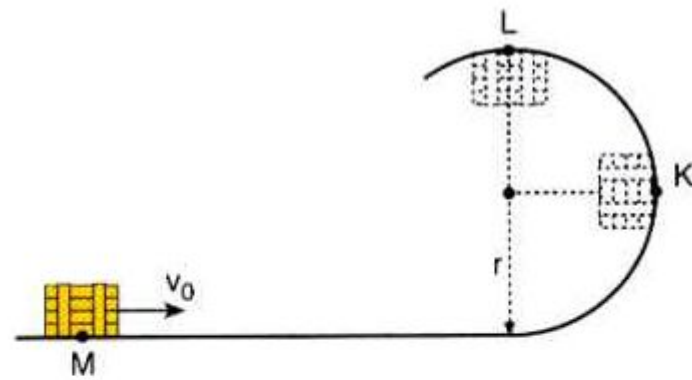
R yarıçaplı tümsek yolun K noktasından V hızıyla geçen m kütleli cisme yüzeyin gösterdiği tepki N;

b) Çukur Yolda:

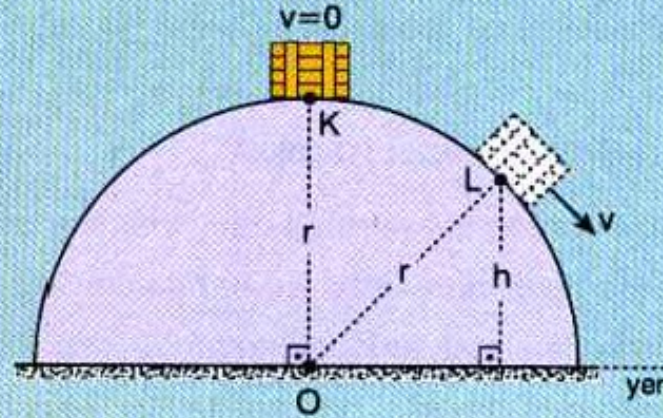


R yarıçaplı çukur yolun L noktasından V hızıyla geçen m kütleli cisme yüzeyin gösterdiği tepki N;

$N = mg + \frac{mV^2}{R}$ bağıntısından bulunur.



DüŖey kesiti verilen O merkezli, r yarıçaplı, sürtünmesiz rayın K noktasından serbest bırakılan cisim L noktasında raydan ayrılır. L noktasının yerden yüksekliği; $h = \frac{2r}{3}$ dür.



Düşey kesiti verilen sürtünmesiz rayın K noktasından serbest bırakılan cismin dairesel yolu geçip L ye kadar çıkabilmesi için; $h = \frac{5r}{2}$ (minimum) olmalıdır.

