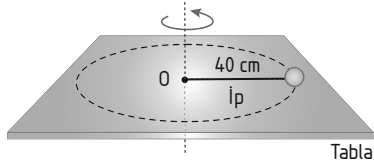


**Örnek**

Yatay tabla O noktasından geçen ve tablaya dik eksen etrafında döndürüldüğünde, O noktasına bağlı 40 cm uzunluğundaki ipin ucuna bağlı 5 kg kütleli cisim kaymadan tabla ile birlikte hareket ediyor. İp en fazla 8 N'lik gerilmeye dayanabilmektedir.

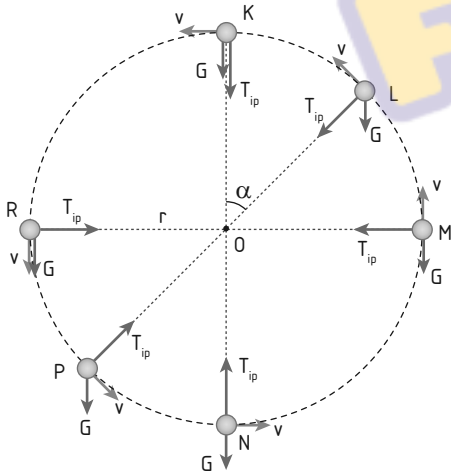


Sürtünmeler önemsiz olduğuna göre, tabla aşağıda verilen açısal hız değerlerinden hangisi ile döndürülmeye başladığında ip kopar?

- A) 0,5 B) 1 C) 1,5 D) 2 E) 2,5

DÜŞEY DÜZLEMDE DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

- Bir cisim bir ipin ucuna bağlanarak düşey düzlemdeki yörüngesi üzerindeki K, L, M, N, P, R noktalarından geçen bir cisme etki eden kuvvetlerin yönleri ve merkezci kuvvetler aşağıdaki gibi yazılabilir.



- K noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = G + T_{\text{ip}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- L noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = G \cos \alpha + T_{\text{ip}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- M ve R noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- N noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} - G = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- P noktasında: $F_{\text{merkezcil}} = T_{\text{ip}} - G \cos \alpha = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r$

NOT

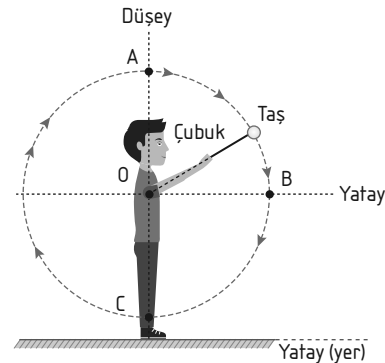
- İpteki gerilme kuvveti K noktasında en küçük, N'de en büyüktür.
- İp K ya da N'de koparsa cisim yatay atış, M'de koparsa yukarı doğru düşey atış, R'de koparsa aşağıya düşey atış hareketi yapar.



Dönme dolap sepetlerindeki kişilerin hareketi düşey düzlemde düzgün çembersel harekete örnek olarak verilebilir.

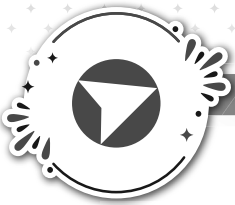
Örnek

Tarık, ince ve esnek olmayan bir çubuğun ucuna bağladığı taşı düşey düzlemde şekildeki gibi çembersel yörüngede döndürülmektedir. Bu sırada taşın üzerinde bir karınca taşa tutunarak taşla beraber hareket etmektedir. Taş; A, B ve C noktalarından geçerken karıncaya etki eden merkezci kuvvetlerin büyüklükleri sırasıyla F_A , F_B ve F_C olmaktadır.



Buna göre F_A , F_B ve F_C arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

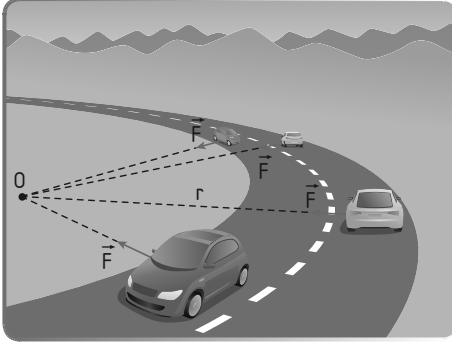
- A) $F_A = F_B = F_C$ B) $F_A < F_B < F_C$ C) $F_B = F_C < F_A$
D) $F_A < F_B = F_C$ E) $F_B < F_A = F_C$



Düzgün Çembersel Hareket

YATAY VİRAJDA HAREKET

- Araçların viraj içindeki hareketleri çembersel harekettir. Aracı çembersel yörüngede tutan merkezciil kuvvet, tekerlekler ile yer arasındaki sürtünme kuvvetidir.



Araçların viraj içindeki hareketleri çembersel harekettir.

- Viraj alınırken aracın yolda kalabilmesi için sürtünme kuvvetinin büyüklüğünün merkezciil kuvvete eşit olması gerekir.
- Aracın hızı v, kütlesi m, viraj yarıçapı r ve tekerlekler ile yol arasındaki sürtünme katsayısı k olduğunda,

$$F_{\text{sürtünme}} = F_{\text{merkezciil}}$$

$$k \cdot m \cdot g = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{k \cdot g \cdot r}$$

olmalıdır.

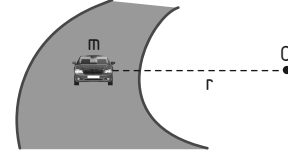
- Aracın hızının büyüklüğü, $\sqrt{k \cdot g \cdot r}$ değerine eşit ya da küçük olmalıdır. Bu değer aşıldığında araç virajda kalamaz, virajdan dışarıya doğru yönelir ve kaza meydana gelebilir.
- Bu nedenle otoyollarda viraj başlangıçlarına hız limiti uyarı tabelaları yerleştirilir. Hız limitleri, mühendislik hesaplamalar ile seyahat güvenliğimiz için belirlenmiştir.

**NOT**

Bir aracın yatay virajı güvenle alabilmesi aracın kütlesine bağlı değildir.

Örnek

Kütlesi $m = 2000$ kg olan bir otomobil, şekildeki $r = 100$ m yarıçaplı yatay virajı v süratiyle savrulmadan almaktadır.



Tekerlekler ile yol arasındaki sürtünme katsayısı 0,4 olduğuna göre, v;

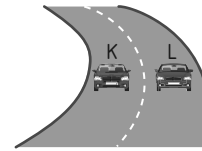
- I. 15 m/s,
II. 20 m/s,
III. 25 m/s

değerlerinden hangileri olamaz? ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

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

Örnek

Özdeş K ve L araçları iki şeritli bir yolun yatay virajına şekildeki gibi eşit açısal hızlarla giriyor.



Buna göre,

- I. K aracı savrulursa L aracı da savrulur.
II. K aracı savrulmazsa L aracı da savrulmaz.
III. L aracı savrulursa K aracı da savrulur.

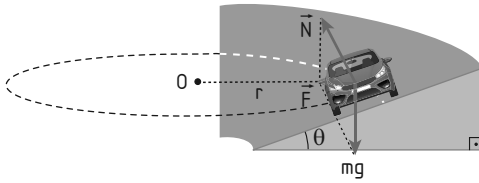
yargılarından hangileri kesinlikle doğrudur?

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



EĞİMLİ VİRAJDA HAREKET

- ❖ Kış şartlarında otoyollarda zeminin ıslanması ya da buz tutması sürtünmeyi azaltır. Bu durumda virajların geçilmesi oldukça güçleşir.
- Mühendisler otoyolları inşa ederken bu durumu nasıl aşarız diye düşünümler ve yola eğim vererek çözmüşlerdir.
- Yolum virajlı kısmı eğimli yapıldığında yüzey tepki kuvveti (N) ile ağırlığın bileşkesi cismin viraj içinde çembersel hareket yapmasını sağlar.



$$N \cos \theta = m \cdot g \quad (1)$$

$$N \sin \theta = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

$$v = \sqrt{g \cdot r \cdot \tan \theta}$$

- Sürtünmesi önemsiz, eğimli viraja olması gerekenden daha büyük hızla giren araç, virajın dışına doğru; olması gerekenden küçük hızla giren araç ise virajın içine doğru kayar.

ÖSYM Benzeri

Mühendis Serhat, bir otoyol inşaatı sırasında, seyahat eden araçların virajları emniyetli bir şekilde dönebilmesine uygun bir tasarım yapacaktır.

Buna göre, mühendis Serhat;

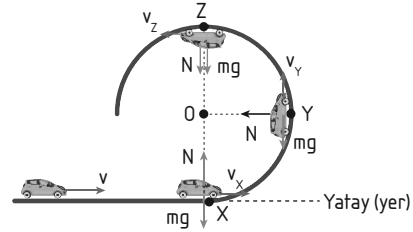
- virajları içe doğru uygun açıyla eğimli olarak inşa etmek,
- yol ile araçların tekerlekleri arasındaki sürtünme kuvvetini arttıracak türden asfalt malzemesi kullanmak,
- virajların yarıçapını mümkün olduğunca büyük olacak şekilde inşa etmek

eylemlerinden hangilerini tek başına yapabilir?

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

DÜŞEY VİRAJDA HAREKET

- ❖ Düşey çembersel bir yol ya da rayda aracın düşmeden hareketine devam edebilmesi için belirli bir hıza sahip olması gerekir. Bu hız değerlerinin altındaki durumlarda araç çembersel hareketine devam edemez.



- Aracın X, Y ve Z noktalarından geçerken kuvvet diyagramı şekildeki gibidir.

X noktasında: $F_{\text{merkezci}} = N - m \cdot g = \frac{m \cdot v_x^2}{r}$

Y noktasında: $F_{\text{merkezci}} = N = \frac{m \cdot v_y^2}{r}$

Z noktasında: $F_{\text{merkezci}} = N + m \cdot g = \frac{m \cdot v_z^2}{r}$

- Z noktasında $N = 0$ olduğunda, cismin çembersel yörüngeyi tamamlaması için gerekli en küçük hız bulunur.

$$F_{\text{merkezci}} = 0 + m \cdot g \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot g \Rightarrow v = \sqrt{g \cdot r}$$

Örnek

Hakan, düşey düzlemdeki bir lunapark treninin bilgisayar simülasyonunu yapmaktadır. Yaptığı ayarlamalar sonrasında treni hareket ettirdiğinde trenin düşey çemberi düşmeden dolanmasını beklerken, trenin çemberi dolanamadan düştüğünü gözlemliyor.

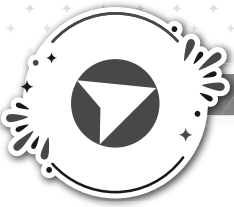


Buna göre trenin düşey çemberi düşmeden dolanması için Hakan simülasyonda;

- trenin kütlesini azaltmak,
- çemberin yarıçapını azaltmak,
- trenin hızını arttırmak

değişikliklerinden hangilerini tek başına yapabilir?

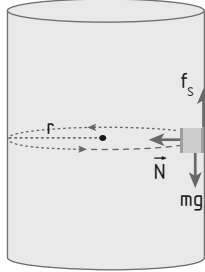
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) I ve III E) II ve III



Düzgün Çembersel Hareket

SİLİNDİR İÇİNDE HAREKET

- Silindir içinde düşmeden dolanan cismin hareketi yatay düzlemde düzgün çembersel harekettir.
- Yüzey tepki kuvveti N , çembersel hareketi sürdüren merkezciil kuvvet olduğu gibi aynı zamanda cisim ile düşey düzlem arasındaki sürtünme kuvvetinin oluşmasını sağlar.



Düşeyde : $f_{\text{sürtünme}} = k \cdot N = m \cdot g$

Yatayda : $F_{\text{merkezcil}} = N = \frac{m \cdot v^2}{r}$

$$v \geq \sqrt{\frac{g \cdot r}{k}}$$

Örnek

Mert, dik silindir biçimindeki bir platformun düşey iç yüzeyinde şekildeki gibi motorunun ve kendisinin konumu yatay olacak biçimde motoru sürdüğünde, düşmeden gösterisini gerçekleştirebilmektedir. Bu durumda motorun tekerleklerine etki eden düşey sürtünme kuvvetinin büyüklüğü F_s , Mert'in kinetik enerjisi E_K dir.

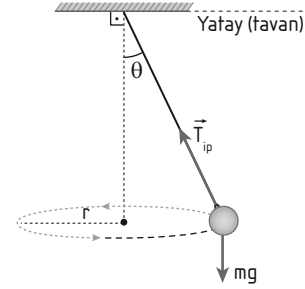


Buna göre Mert, frekansı artırarak gösteriye devam ettiğinde F_s ve E_K için sırasıyla aşağıdakilerden hangisi doğrudur? (Mert'in ve motorun boyutlarını silindirin yarıçapına göre çok küçük kabul ediniz.)

- A) Artar, Artar B) Artar, Azalır C) Azalır, Artar
D) Değişmez, Artar E) Artar, Değişmez

KONİK SARKAÇ

- Tavana asılmış ip ucundaki cismin, ip düşeyle bir açı yapacak şekilde düşey eksen etrafında düzgün çembersel hareket yapması ile oluşan düzeneğe **konik sarkaç** denir.
- Cisme düzgün çembersel hareket yaptıran merkezciil kuvvet, ipteki gerilme kuvveti ile ağırlığın bileşkesidir.



$$T_{ip} \cdot \sin \theta = F_{\text{merkezcil}} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$T_{ip} \cdot \cos \theta = m \cdot g$$

$$v = \sqrt{g \cdot r \cdot \tan \theta}$$

Örnek

Kütlesi 60 kg olan Murat ile kütlesi 45 kg olan Ayşe, bir lunaparkta şekildeki gibi dönen uçan salıncaklara binerek yatay düzlemde düzgün çembersel hareket yapmaktadır.



Salıncaklar eşit uzunluktaki iplere bağlı olduğuna göre;

- frekans,
- salıncak iplerinin düşeyle yaptığı açı,
- merkezcil ivme

niceliklerinden hangilerini Murat ve Ayşe için eşittir?

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