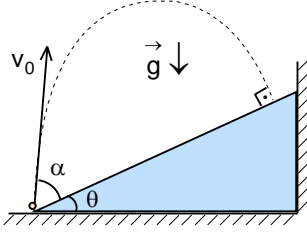


XXVI. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI-2018



1. Eğim açısı  $\theta$  olan eğik düzlemin en alt noktasından atılan bir cismin eğik düzleme dik olarak çarpıyor.

Buna göre, cismin ilk  $v_0$  hızın eğik düzlemlerle yapacağı açının tanjantı ne kadar olmalıdır?

- A)  $\frac{\tan \theta}{2}$       B)  $\frac{1}{2 \tan \theta}$       C)  $\frac{\tan \theta}{3}$       D)  $\frac{1}{3 \tan \theta}$       E)  $2 \tan \theta$

2. Yerden yukarıya düşey olarak  $v_0$  ilk hızı ile fırlatılan bir cisim maksimum yüksekliğe ulaştığı anda patlayarak üç eşit parçaya ayrılıyor. Düşey olarak aşağıya doğru hareket eden parçalardan birisi yere  $t_1$  sürede ulaşıyor. Diğer iki parça ise  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ) süre sonra aynı anda yere çarpıyor.

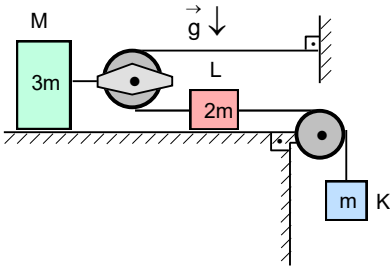
Buna göre,  $v_0$  hızı nedir?

- A)  $\sqrt{\frac{g^2 t_1 t_2 (2t_1 + t_2)}{t_1 + 2t_2}}$       B)  $\sqrt{\frac{2g^2 t_1 t_2 (2t_1 + t_2)}{t_1 + 2t_2}}$       C)  $\sqrt{\frac{g^2 t_1 t_2 (2t_1 + t_2)}{2(t_1 + 2t_2)}}$       D)  $\sqrt{\frac{g^2 t_1 t_2 (2t_2 + t_1)}{2t_1 + t_2}}$       E)  $\sqrt{\frac{2g^2 t_1 t_2 (2t_2 + t_1)}{2t_1 + t_2}}$

3.  $\theta$  ( $45^\circ < \theta$ ) eğim açılı bir eğik düzlemin alt ucundan yukarıya doğru bir cisim  $v$  ilk hızıyla fırlatılıyor. Eğik düzlemin yüzeyin kinetik ve statik sürtünme katsayıları  $f=1$  dir. Cisim en yüksek noktaya ulaştıktan sonra aşağıya geri kayıyor. Cismin çıkış ve iniş sürelerinin toplamı  $t_1$  dir. Eğer eğik düzlem sürtünmesiz olsaydı aynı ilk hızıyla fırlatılan cismin çıkış ve iniş sürelerinin toplamı  $t_2$  olacaktı.

Bu durumda aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

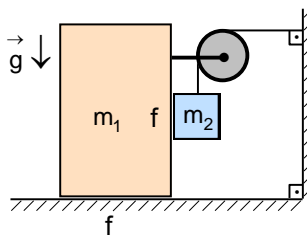
- A)  $45^\circ < \theta < \arctan \sqrt{2}$  ise  $t_1 > t_2$       B)  $45^\circ < \theta < \arctan \sqrt{2}$  ise  $t_2 > t_1$       C)  $45^\circ < \theta < \arctan 2$  ise  $t_1 > t_2$   
D)  $45^\circ < \theta < \arctan 2$  ise  $t_2 > t_1$       E)  $45^\circ < \theta < 90^\circ$  ise  $t_2 > t_1$



4. Şekildeki düzenekte makara ağırlıkları ihmal ediliyor. K, L ve M cisimlerinin kütleleri  $m$ ,  $2m$  ve  $3m$  olup cisimler ile masa arasındaki sürtünme katsayısı  $0,2$  dir. Sistem serbest bırakıldığında cisimler belirli ivmelerle hareket eder. K ve L cisimleri yerleri değiştirilip sistem serbest bırakılıyor.

Cisimlerin ivmeleri aynı olabilmeleri için cisimler ile masa arasındaki yeni sürtünme katsayısı kaç olmalıdır?

- A)  $0,24$       B)  $0,68$       C)  $0,44$       D)  $0,32$       E)  $0,56$



5. Kütleleri  $m_1$  olan bir bloktan ve kütleleri  $m_2$  olan cisimden oluşan sistemde tüm yüzeyler arasındaki sürtünme katsayısı  $f = \frac{1}{3}$  tür.

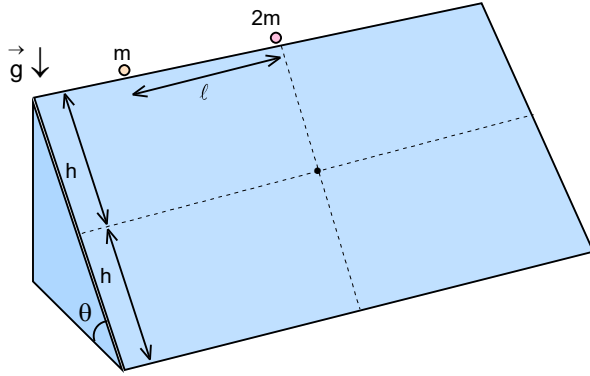
Buna göre bloğun ivmesi nedir?

- A)  $\frac{(2m_2 - m_1)g}{3m_1 + 6m_2}$       B)  $\frac{(m_1 + 2m_2)g}{3m_1 + 2m_2}$       C)  $\frac{(3m_2 - 2m_1)g}{2m_1 + 6m_2}$       D)  $\frac{(4m_2 - 3m_1)g}{2m_1 + 6m_2}$       E)  $\frac{(3m_2 - m_1)g}{2m_1 + 6m_2}$

6. Yerden  $v_0$  ilk hızıyla ve yatayla  $\theta$  açısı yapacak şekilde bir cisim fırlatılıyor. Harekete başladıktan  $t$  süre sonra cismin başlangıç noktasına olan yatay uzaklığı  $x$ , düşey uzaklığı  $y$  olup aralarındaki oran  $\frac{x}{y}=2$  olduğu anda cismin kinetik enerjisi ile potansiyel enerjisinin birbirine eşittir.

Bu olayı sağlayan  $\theta$  açısı aşağıdaki değerlerden hangisi olabilir?

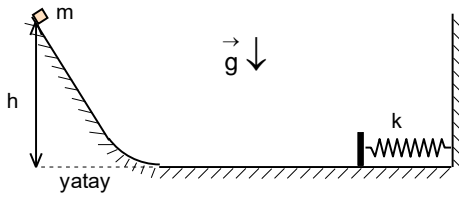
- A)  $\arccos \frac{1}{\sqrt{5}}$       B)  $\arccos \frac{1}{\sqrt{3}}$       C)  $\arccos \frac{1}{\sqrt{15}}$       D)  $\arccos \frac{1}{\sqrt{6}}$       E)  $\arccos \frac{1}{\sqrt{10}}$



7. Birinin kütlesi  $m$ , diğerinin kütlesi  $2m$  olan iki noktasal cisim eğim açısı  $\theta$  sürtünmesiz eğik düzlem üzerindedirler. İlk anda ikisi de aynı yükseklikte olup aralarındaki mesafe  $\ell$  olacak şekilde duruyorlar. Aynı anda  $2m$  kütleli cisim serbest bırakılırken  $m$  kütleli cisme yüzeye paralel bir ilk  $v_0$  hız veriliyor. İki cisim tam ilk yüksekliklerinin yarısına  $K$  noktasına geldiklerinde çarpışıp birbirlerine kenetleniyor.

Oluşan  $3m$  kütleli cisim yere vardığında çarpışma noktasına göre  $x$  ek-seni boyunca ne kadar sapmış olur?

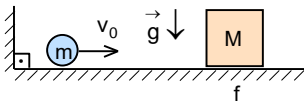
- A)  $\ell$       B)  $\frac{\ell}{3}$       C)  $(3-\sqrt{3})\ell$       D)  $\frac{(\sqrt{2}-1)\ell}{3}$       E)  $\frac{(3-\sqrt{2})\ell}{2}$



8. Kütlesi  $m=1$  kg olan bir blok şeklindeki sürtünmesiz yolda yataydan  $h=4$  m yukarıdaki noktadan serbest bırakılıyor. Blok yolun sonundaki yatay bölümde kütlesi ihmal edilebilecek ve yay sabiti  $k=100$  N/m olan ideal yaya çarpıp geri dönüyor ve aynı yüksekliğe kadar çıkıyor. Blok serbest bırakıldıktan tam 5 s sonra aynı yüksekliğe çıkmaktadır.

Aynı deney aynı yükseklikten bırakılacak  $M=4$  kg kütleli bir blok ile tekrarlanırsa serbest bırakılma ile ilk yüksekliğe geri dönme arasında geçen zaman yaklaşık kaç saniye olur? ( $\pi=3$ )

- A) 4,7      B) 5      C) 5,3      D) 5,6      E) Verilen bilgilerle belirlenemez

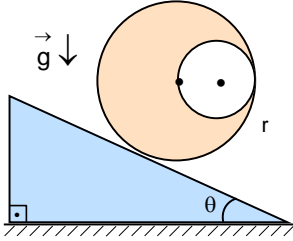


9.  $m$  kütleli bir cisme kütlesi  $M$  olan bir bloğa doğru  $v_0$  ilk hızı veriliyor. Bu cisim blok ile düşey duvar arasında esnek çarpışmalar yaparak gidip gelmektedir. Bloğun kütlesi cismin kütlesine göre çok çok büyüktür. Cisim ile yüzey arasında sürtünme yokken, blok ile yüzey arasında sürtünme vardır. Bu yüzden iki çarpışma arasında geçen sürede

blok durgun hale gelebilmektedir. Cismin  $10^5$  inci çarpışma sonrasındaki hızı  $2 \cdot 10^5$  inci çarpışma sonrasındaki hızının  $1,00000002$  katıdır.

Buna göre  $\frac{m}{M}$  oranı yaklaşık kaçtır?

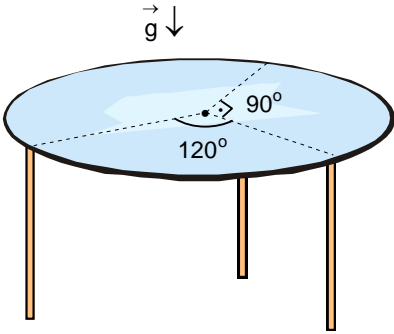
- A)  $10^{-3}$       B)  $10^{-5}$       C)  $10^{-10}$       D)  $10^{-13}$       E)  $10^{-16}$



10. Homojen bir tahtadan yapılmış  $r$  yarıçaplı bir silindirin içerisinde  $\frac{r}{2}$  yarıçapa sahip bir silindir şeklinde gösterildiği gibi çıkartılmıştır. Bu cisim yatay bir düzlemin üzerine konulup dengeye gelmesi beklendikten sonra düzlem şekilde gösterildiği gibi yavaş yavaş eğiliyor. Düzlem ile cisim arasındaki sürtünme katsayısı cismin kaymasını kesinlikle engelleyecek kadar büyüktür.

Düzlemin yatayla yaptığı hangi  $\theta$  açısı için silindir yuvarlanmaya başlar?

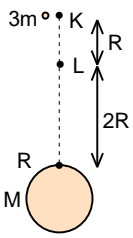
- A)  $\arcsin \frac{1}{3}$       B)  $\arcsin \frac{1}{4}$       C)  $\arcsin \frac{1}{6}$       D)  $\arcsin \frac{1}{7}$       E)  $\arcsin \frac{1}{5}$



11. Camdan yapılmış homojen bir dairenin ağırlığı  $G$  dir. Bu dairenin kenarına eşit uzunlukta üç ayak takılarak bir masa yapılmıştır. Ancak ayakların birbirine olan mesafesi eşit değildir, merkezden ayakların takıldığı noktalara çizilen yarıçaplar gösterildiği gibi birbiri ile  $90^\circ$  ve  $120^\circ$  açı yapmaktadır.

Bu üç ayakta en fazla ağırlığı taşıyanın taşıdığı ağırlık kaç  $G$  dir?

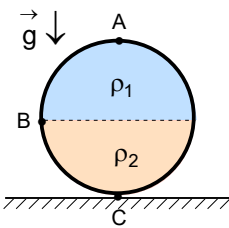
- A)  $\frac{1}{3}$       B)  $1 - \frac{\sqrt{3}}{3}$       C)  $\frac{\sqrt{2}-1}{3}$       D)  $\frac{\sqrt{3}}{4}$       E)  $\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{3}$



12.  $M$  kütleli  $R$  yarıçaplı bir gezegenin merkezinden uzaktaki  $3m$  kütleli cisim  $K$  noktasından serbest bırakılıyor. Bu cisim merkezden  $2R$  uzaklıktaki  $L$  noktasından geçerken patlayarak iki parçaya ayrılıyor. Parçacıklardan birisi  $m$  kütleli olup patlamadan hemen sonra o yükseklikteki yörüngeye oturarak dönme başlıyor.  $2m$  kütleli parça ise bir süre sonra gezegenin yüzeyine çarpıyor.

Bu parçanın gezegene çarpma hızı nedir? (Evrensel çekim sabiti  $\gamma$  olarak veriliyor.)

- A)  $\sqrt{\frac{15\gamma M}{2R}}$       B)  $\sqrt{\frac{15\gamma M}{4R}}$       C)  $\sqrt{\frac{5\gamma M}{2R}}$       D)  $\sqrt{\frac{15\gamma M}{8R}}$       E)  $\sqrt{\frac{15\gamma M}{16R}}$



13.  $R$  yarıçaplı bir kürenin içi birbirine karışmayan ve özkütleleri  $\rho_1$  ve  $\rho_2$  olan eşit hacimli sıvılarıyla doldurulmuştur. Küre sağa tarafa doğru  $a=24 \text{ m/s}^2$  ivmesiyle hareket ettiğinde kürenin en alt  $K$  noktasındaki basınç  $P_K$ , kürenin en sol  $L$  noktasındaki basınç  $P_L$  aralarındaki oran  $\frac{P_K}{P_L} = \frac{2}{3}$  dir.

Eğer küre sola doğru aynı büyüklükteki ivmeyle hareket ederse  $L$  noktasındaki basınç  $K$  noktasındaki basıncının kaç katı olur?

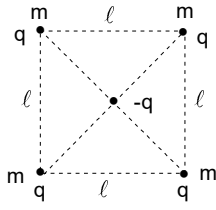
- A)  $\frac{9}{182}$       B)  $\frac{3}{76}$       C)  $\frac{6}{85}$       D)  $\frac{4}{117}$       E)  $\frac{7}{162}$

14. 1915 yılında Nature dergisinde yayımlanan bir makalede, Lord Rayleigh ünlü "Titreşen Dalga" probleminin çözümünü göstermiştir. Bu makalede, yerçekiminin olmadığı bir ortamda bir sıvı damlasının şeklindeki değişimin titreşim frekansını bulmuştur. Damlanın titreşim frekansı; damlanın yoğunluğu  $\rho$  ya, yarıçapı  $r$  ye ve yüzey gerilim katsayısı  $\sigma$  ya bağlıdır. Titreşim frekansını;  $f=kr^a\rho^b\sigma^c$  ile ifade ediyor. Burada  $k$ ,  $a$ ,  $b$  ve  $c$  birimsiz sabitlerdir.

Boyut analizi yaparak  $f$  ifadesini bulunuz.

- A)  $\frac{k\sigma}{\rho r^2}$       B)  $\frac{k\rho r}{\sigma^2}$       C)  $\sqrt{\frac{k^2\rho}{\sigma r^3}}$       D)  $\sqrt{\frac{k^2\sigma^3}{\rho r}}$       E)  $\sqrt{\frac{k^2\sigma}{\rho r^3}}$

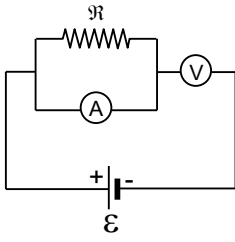




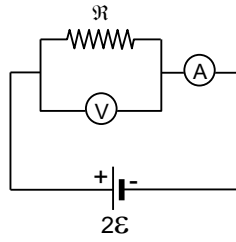
19. Kenarı  $l$  olan bir karenin köşelerinde kütleleri  $m$  ve yükleri  $q$  olan noktasal cisimler bulunmaktadır. Sistemdeki tüm yükler serbest bırakılıyor.

Sağ üstteki cisim  $\frac{l}{2\sqrt{2}}$  kadar yol gittiğinde hızı ne olur? (Kütle çekim etkilerini ve sürtünmeleri ihmal ediniz.)

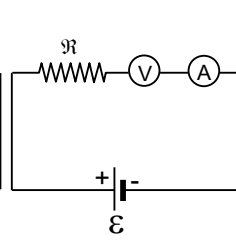
- A)  $\sqrt{\frac{(3\sqrt{2}-4)}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l m}}$  B)  $\sqrt{\frac{(4+\sqrt{2})}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l m}}$  C)  $\sqrt{\frac{(3\sqrt{2}-4)}{6} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l m}}$   
D)  $\sqrt{\frac{(15\sqrt{2}-20)}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l m}}$  E)  $\sqrt{\frac{(3-2\sqrt{2})}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 l m}}$



Şekil 1



Şekil 2

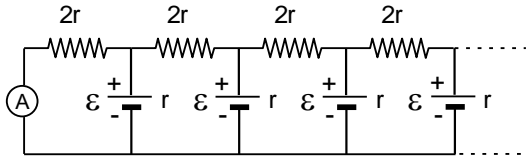


Şekil 3

20. Direnci  $R$  olan bir rezistans ile ideal olmayan ampermetre, ideal olmayan voltmetre ile ideal sabit akım kaynakları ile şekillerdeki devreler kuriliyor. Şekil 1'deki devrede ampermetre  $I$ , voltmetre  $U$ , Şekil 2'deki ampermetre  $6I$ , voltmetre  $\frac{5U}{3}$  değerlerini göstermektedir.

Buna göre, Şekil 3'teki ampermetre ve voltmetrenin gösterdiği değerler sırasıyla nedir?

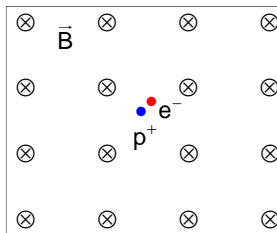
- A)  $\frac{5I}{16}; \frac{5U}{8}$  B)  $\frac{37I}{32}; \frac{925U}{224}$  C)  $\frac{37I}{32}; \frac{111U}{128}$  D)  $\frac{16I}{19}; \frac{37U}{64}$  E)  $\frac{13I}{16}; \frac{65U}{96}$



21. Dirençleri  $2r$  olan rezistanslarla ile iç dirençleri  $r$  ve e.m.k. ları  $\epsilon$  olan üreteçlerle özdeş hücreler şeklinde kurulan sonsuz devreye ideal bir ampermetre bağlıdır.

Buna göre, ampermetrenin ölçtüğü değer nedir?

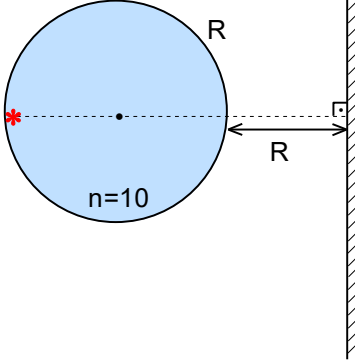
- A)  $\frac{\epsilon}{r(2+\sqrt{2})}$  B)  $\frac{\epsilon}{r(2+\sqrt{3})}$  C)  $\frac{\epsilon}{r(1+\sqrt{2})}$  D)  $\frac{\epsilon}{2r(1+\sqrt{2})}$  E)  $\frac{\epsilon}{r(1+\sqrt{3})}$



22. Durgun halde olan bir nötron beta bozunmasına uğrayarak bir elektron ve bir protona dönüşüyor. Nötronun bozunmasında oluşan parçacıklar homojen  $B$  manyetik alanı içinde hareket etmektedir. Proton kütle sinin elektron kütle sine oranı 1836'dır.

Buna göre, elektronun çizeceği çemberin yarıçapının protonun çizeceği çemberin yarıçapına oranı ve elektronun dolanım periyodunun protonun dolanım periyoduna oranı nedir?

- A)  $\frac{r_e}{r_p} = 1; \frac{T_e}{T_p} = \frac{1}{1836}$  B)  $\frac{r_e}{r_p} = 1836; \frac{T_e}{T_p} = 1$  C)  $\frac{r_e}{r_p} = \frac{1}{1836}; \frac{T_e}{T_p} = 1836$   
D)  $\frac{r_e}{r_p} = 1; \frac{T_e}{T_p} = 1836$  E)  $\frac{r_e}{r_p} = 1836; \frac{T_e}{T_p} = \frac{1}{1836}$



23. Kırıcılık indisi  $n=10$  çok yüksek olan bir malzemeden yapılan  $R$  yarıçaplı küre, merkezi bir ekrandan  $2R$  uzakta olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu kürenin yüzeyinin hemen içinde ekrandan en uzak noktada bir noktasal ışık kaynağı bulunuyor.

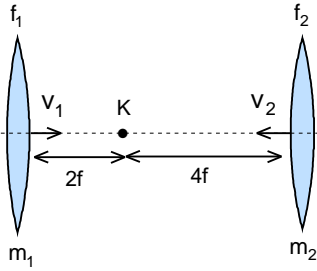
**Buna göre ekrandaki aydınlık bölgenin genişliği (çapı) yaklaşık kaç  $R$  dir?** (Kullanılan ışığın dalga boyu küre yarıçapından çok küçüktür bütün kırınım etkileri ihmal edilebilir.)

- A) 10,4                      B) 9,6                      C) 8,2  
D) 6,8                      E) 0 (noktasal bölge)

24. Kırıcılık indisi 2, iki yüzeyinin eğrilik yarıçapı  $r$  olan maddeden kesilmiş ince kenarlı mercek hava ortamında bulunmaktadır. Bu mercekten  $x$  uzaklıktaki cismin görüntüsü mercekten  $y$  uzaklıkta oluşuyor. Tüm sistem kırıcılık indisi 1,25 olan sıvıya yerleştirildiğinde görüntü mercekten  $2y$  uzaklıkta oluşuyor.

**Buna göre  $\frac{x}{y}$  oranı nedir?**

- A) 2                      B) 3                      C) 4                      D) 5                      E) 6



25. Optik eksenleri çakışık kütlesi  $m_1=3m$ , odak uzaklığı  $f_1=f$  olan ince kenarlı yakınsak bir mercek sağa tarafa doğru  $v_1=v$  hızı ve kütlesi  $m_2=m$ , odak uzaklığı  $f_2=2f$  olan ikinci yakınsak mercek ise sola doğru  $v_2=2v$  hızı ile hareket ediyor. Mercekler  $K$  noktasında bulunan noktasal bir cisimden  $2f$  ve  $4f$  uzaklıkta iken cismin birinci mercekte  $t_1$  süre, ikinci mercekte ise  $t_2$  süre sanal görüntüsü oluşmaktadır. İki mercek arasında esnek çarpışma gerçekleşiyor. Çarpışmada  $K$  noktasında konulan cisim etkilenmemektedir. Çarpışmadan sonra cismin birinci mercekte  $t'_1$  süre, ikinci mercekte ise  $t'_2$  süre boyunca sanal görüntüsü oluşmaktadır.

**Buna göre,  $\frac{t_1 + t'_1}{t_2 + t'_2}$  oranı kaçtır?**

- A)  $\frac{15}{7}$                       B)  $\frac{5}{3}$                       C)  $\frac{15}{8}$                       D)  $\frac{5}{7}$                       E) 1

XXVI. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI-2018

1. B)

2. D)

3. B)

4. B)

5. A)

6. E)

7. D)

8.  
C)

9. D)

10. C)

11. B)

12. D)

13. A)

14. E)

15. C)

16. B)

17. D)

18. C)

19. A)

20. E)

21. E)

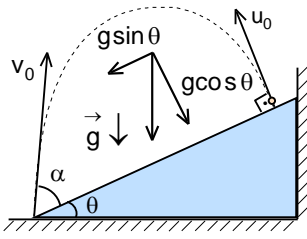
22. A)

23. B)

24. C)

25. B)

XXVI. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI-2018



1. Cismin eğik düzleme çarptığında hızı  $u_0$  olsun. Eğer cisim eğik düzleme çarptığı noktadan geri sekerse atıldığı noktaya geri döner. Eğik düzleme paralel x ve dik y olan koordinat eksenleriyle çalışırsak ilk hızı ve yerçekimi ivmesi için;

$$u_{0x} = 0; u_{0y} = v$$

$$g_x = g \sin \theta; g_y = g \cos \theta$$

yazabiliriz. Buna göre hız denklemleri;

$$u_x = u_{0x} + g_x t; u_y = u_{0y} - g_y t$$

olarak yazılabilir. Yörüngenin en yüksek noktasında  $u_{1y} = 0$  olur. Cismin yükselme süresi;

$$t_{\uparrow} = \frac{u_0}{g \cos \theta}$$

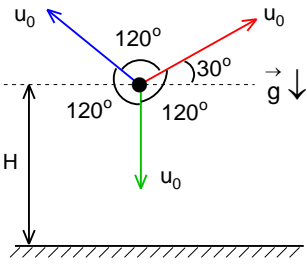
olur. Cisim y eksenine göre eğik düzleme  $t = 2t_{\uparrow}$  süre sonra çarpmaktadır. Cismin x eksenini boyunca kazandığı hız;

$$u_x = g \sin \theta \cdot \frac{2u_0}{g \cos \theta} = 2u_0 \tan \theta$$

cismin eğik düzlemle yaptığı açı;

$$\tan \alpha = \frac{u_0}{u_x} = \frac{1}{2 \tan \theta}$$

olarak bulunur.



2. Mermi, hızı sıfır iken yörüngenin tepe noktasında patlamaktadır. Parçalar  $120^\circ$  açı ile hareket etmektedir. Patlama sonrası parçaların başlangıç hızları  $u_0$  ise parçalardan ikisinin hızı yatayla  $30^\circ$  açı yapmaktadır. Bu durumda;

$$y_1 = H - u_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 0; y_2 = H + u_0 \sin 30^\circ t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 0$$

şeklinde yazılabilir. Buradan;

$$u_0 = \frac{g(t_2^2 - t_1^2)}{2t_1 + t_2}$$

cismin çıktığı maksimum yükseklik;

$$H = \frac{g(t_2^2 - t_1^2)t_1}{2t_1 + t_2} + \frac{gt_1^2}{2} = \frac{gt_1 t_2 (2t_2 + t_1)}{2(2t_1 + t_2)}$$

cismin ilk hızı;

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{\frac{g^2 t_1 t_2 (2t_2 + t_1)}{2t_1 + t_2}}$$

olarak bulunur.



3. Cisim çıkarken hareket ettiği ivme;

$$a_1 = g(\sin\theta + f\cos\theta) = g(\sin\theta + \cos\theta)$$

çıkış süresi;

$$t_{11} = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g(\sin\theta + \cos\theta)}$$

cisim inerken hareket ettiği ivme;

$$a_2 = g(\sin\theta - f\cos\theta) = g(\sin\theta - \cos\theta)$$

iniş süresi;

$$\frac{a_1 t_{11}^2}{2} = \frac{a_2 t_{12}^2}{2}; \frac{(\sin\theta + \cos\theta) t_{11}^2}{2} = \frac{(\sin\theta - \cos\theta) t_{12}^2}{2}; t_{12} = t_{11} \sqrt{\frac{\tan\theta + 1}{\tan\theta - 1}}$$

ilk durumda hareket süresi;

$$t_1 = t_{11} + t_{12} = \left(1 + \sqrt{\frac{\tan\theta + 1}{\tan\theta - 1}}\right) t_{11} = \left(1 + \sqrt{\frac{\tan\theta + 1}{\tan\theta - 1}}\right) \frac{v_0}{g(\sin\theta + \cos\theta)}$$

ikinci durumda cismin ivmesi;

$$a = g\sin\theta$$

hareket süresi;

$$t_2 = \frac{2v_0}{g\sin\theta}$$

olur. İki sürenin eşitliğinden;

$$\left(1 + \sqrt{\frac{\tan\theta + 1}{\tan\theta - 1}}\right) \frac{v_0}{g(\sin\theta + \cos\theta)} = \frac{2v_0}{g\sin\theta}; \left(1 + \sqrt{\frac{\tan\theta + 1}{\tan\theta - 1}}\right) \frac{1}{(1 + \cot\theta)} = 2$$

$$\sqrt{\frac{\tan\theta + 1}{\tan\theta - 1}} = 2 \cot\theta + 1 = \frac{2}{\tan\theta} + 1 = \frac{2 + \tan\theta}{\tan\theta}$$

$$\sqrt{\frac{x+1}{x-1}} = \frac{2+x}{x}; \frac{x+1}{x-1} = \frac{x^2+4x+4}{x^2}; x^2=2; x=\sqrt{2}; \theta = \arctan \sqrt{2}$$

olarak bulunur. Bu değer aşıldığında ikinci durumdaki hareket süresi ilk durumdaki hareket süresinden büyük olur.

4. M cismi x kadar yol aldığıında diğer cisimler 2x yol alır. Aynı ilişki ivmeler için de geçerlidir. Birinci durumda;

$$mg - F_1 = m \cdot 2a; 10m - F_1 = 2ma$$

$$F_1 - T_1 - f \cdot 2mg = 2m \cdot 2a; F_1 - T_1 - 0,2 \cdot 2m \cdot 10 = 4ma; F_1 - T_1 - 4m = 4ma$$

$$2T_1 - f \cdot 3mg = 3ma; 2T_1 - 0,2 \cdot 3m \cdot 10 = 3ma; 2T_1 - 6m = 3ma$$

$$10m - T_1 - 4m = 6ma; 12m - 2T_1 = 12ma$$

$$6m = 15ma; a = 0,4 \text{ m/s}^2$$

olur. İkinci durumda;

$$2mg - F_2 = 2m \cdot 2a; 20m - F_2 = 4ma$$

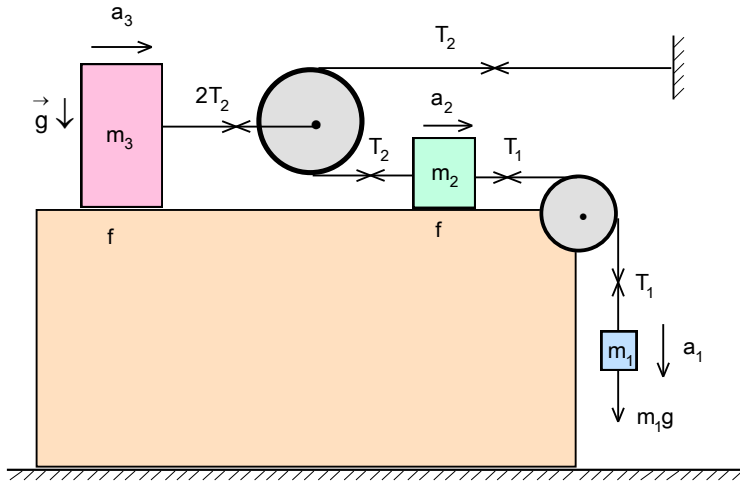
$$F_2 - T_2 - f_2 mg = m \cdot 2a; F_2 - T_2 - 10f_2 m = 2ma$$

$$2T_2 - f_2 \cdot 3mg = 3ma; 2T_2 - 30f_2 m = 3ma$$

$$20m - 10f_2 m - T_2 = 6ma; 40m - 20f_2 m - 2T_2 = 12ma$$

$$40m - 50f_2 m = 15ma; 34 - 50f_2 = 15 \cdot 0,4; f_2 = 0,68$$

olarak bulunur.



$$m_1 g - T_1 = m_1 a_1 \Rightarrow T_1 - T_2 - f m_2 g = m_2 a_2 \Rightarrow 2T_2 - f m_3 g = m_3 a_3$$

$$a_1 = a_2 = 2a_3$$

$$m_1 g - T_1 = 2m_1 a_3 \Rightarrow T_1 - T_2 - f m_2 g = 2m_2 a_3 \Rightarrow 2T_2 - f m_3 g = m_3 a_3$$

$$m_1 g - f m_2 g - T_2 = 2m_1 a_3 + 2m_2 a_3 \Rightarrow 2m_1 g - 2f m_2 g - 2T_2 = 4m_1 a_3 + 4m_2 a_3$$

$$2m_1 g - 2f m_2 g - f m_3 g = (4m_1 + 4m_2 + m_3) a_3$$

$$a_3 = \frac{(2m_1 - 2f m_2 - f m_3) g}{4m_1 + 4m_2 + m_3} = \frac{(2m - 2 \cdot 0,2 \cdot 2m - 0,2 \cdot 3m) \cdot 10}{4m + 8m + 3m} = \frac{6m}{15m} = 0,4 \text{ m/s}^2$$

$$m_2 g - F_1 = m_2 a_2 \Rightarrow F_1 - F_2 - f' m_1 g = m_1 a_1 \Rightarrow 2F_2 - f' m_3 g = m_3 a_3$$

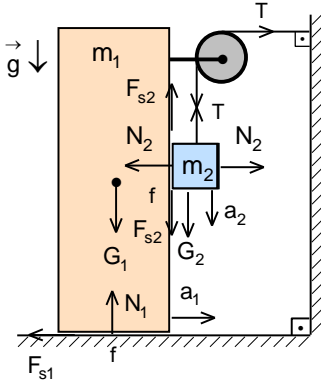
$$a_1 = a_2 = 2a_3$$

$$m_2 g - F_2 - f' m_1 g = m_1 \cdot 2a_3 + m_2 \cdot 2a_3 \Rightarrow 2m_2 g - 2F_2 - 2f' m_1 g = 4m_1 a_3 + 4m_2 a_3 \Rightarrow$$

$$2m_2 g - 2f' m_1 g - f' m_3 g = 4m_1 a_3 + 4m_2 a_3 + m_3 a_3$$

$$40m - f'(20m + 30m) = (4m + 8m + 3m) \cdot 0,4$$

$$40 - 50f' = 6 \Rightarrow 34 = 50f' \Rightarrow f' = 0,68$$



5. Basit makinelerle iş kazanılamaz. Bloğun ve cismin aldıkları yollar  $x_1$  ve  $x_2$  ise cisimlerin ivmeleri arasındaki ilişki;

$$Tx_1 = Tx_2; x_1 = x_2; a_1 = a_2 = a$$

olur. Blok yatay yönde  $a$  ivmeyle hareket ederse;

$$T - F_{s1} - N_2 = m_1 a; F_{s1} = fN_1$$

$$N_1 = m_1 g + T + F_{s2}$$

yazabiliriz. Burada  $N_2$  blok ile cisim arasındaki tepki kuvveti,  $N_1$  blok ile yatay düzlem arasındaki tepki kuvvetidir. Cisim yatay ve düşey yönde  $a$  ivmesiyle hareket etmektedir. Bu durum için;

$$N_2 = m_2 a; m_2 g - T - F_{s2} = m_2 a; F_{s2} = fN_2$$

yazabiliriz. Buradan;

$$T = m_2 g - \frac{4m_2 a}{3}; N_1 = m_1 g + T + \frac{m_2 a}{3}$$

$$T - \frac{1}{3} \left( m_1 g + T + \frac{m_2 a}{3} \right) - m_2 a = m_1 a; T = \frac{3m_1 g}{2} + \frac{3m_1 a}{2} + \frac{5m_2 a}{3}$$

$$\frac{3m_1 g}{2} + \frac{3m_1 a}{2} + \frac{5m_2 a}{3} = m_2 g - \frac{4m_2 a}{3}; a = \frac{(2m_2 - m_1)g}{3m_1 + 6m_2}$$

olarak bulunur.

6. Cismin konum zaman denklemleri;

$$x = v_0 \cos \theta \cdot t; y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

yörünge denklemi;

$$y = v_0 \sin \theta \cdot \frac{x}{v_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \left( \frac{x}{v_0 \cos \theta} \right)^2 = x \tan \theta - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} = x \tan \theta - \frac{gx^2(1 + \tan^2 \theta)}{2v_0^2}$$

enerji şartı;

$$mgy = \frac{m(v_0^2 - 2gy)}{2}; v_0^2 = 4gy$$

olarak yazılabilir. Buradan;

$$y = 2y \tan \theta - \frac{g(2y)^2(1 + \tan^2 \theta)}{2 \cdot 4gy}; 1 = 2 \tan \theta - \frac{(1 + \tan^2 \theta)}{2} \Rightarrow 2 = 4 \tan \theta - 1 - \tan^2 \theta \Rightarrow \tan^2 \theta - 4 \tan \theta + 3 = 0$$

$$\tan \theta = \frac{4 \pm \sqrt{16 - 12}}{2} = \frac{4 \pm 2}{2} = 3 \text{ ya da } 1; \cos \theta = \frac{1}{\sqrt{10}}; \arccos \theta = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

olarak bulunur.

7. Cisimlerin düzlem boyunca ivmeleri  $a$  olsun. Cisimlerin K noktasına kadar hareket süresi  $t$  ise;

$$h = \frac{at^2}{2}; u = at; \ell = v_0 t$$

yazabiliriz. Sistemin çarpışmadan sonra  $x$  eksenini boyunca olan hız;

$$mv_0 = 3mv; v = \frac{v_0}{3}$$

L noktasına hareket süresi;

$$h = u\tau + \frac{a\tau^2}{2}; \frac{at^2}{2} = at\tau + \frac{a\tau^2}{2}$$

$$\tau^2 + 2t\tau - t^2 = 0; \tau = (\sqrt{2} - 1)t$$

aranan mesafe;

$$b = v\tau = \frac{(\sqrt{2} - 1)\ell}{3}$$

olarak bulunur.

$$h = \frac{at^2}{2} = \frac{gt^2 \sin \theta}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} \Rightarrow v = at = gt \sin \theta = g \sin \theta \cdot \sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} = \sqrt{2gh \sin \theta}$$

$$\ell = ut = u \cdot \sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} \Rightarrow u = \ell \sqrt{\frac{g \sin \theta}{2h}} = \ell \sqrt{\frac{2hg \sin \theta}{4h^2}} = \frac{\ell v}{2h}$$

$$mu = 3mv'_x \Rightarrow v'_x = \frac{u}{3} = \frac{\ell v}{6h}$$

$$mv + 2mv = 3mv = 3mv'_y \Rightarrow v'_y = v$$

$$h = v\tau + \frac{a\tau^2}{2} = \sqrt{2gh \sin \theta} \cdot \tau + \frac{g \sin \theta \cdot \tau^2}{2} \Rightarrow \tau^2 + \frac{2\sqrt{2gh \sin \theta}}{g \sin \theta} \cdot \tau - \frac{2h}{g \sin \theta} = 0$$

$$\tau^2 + 2 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} \tau - \frac{2h}{g \sin \theta} = 0 \Rightarrow \tau = \frac{-2\sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} + \sqrt{\frac{8h}{g \sin \theta} + 4 \cdot \frac{2h}{g \sin \theta}}}{2} = \frac{-2\sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} + \sqrt{\frac{8.2h}{g \sin \theta}}}{2} =$$

$$= \frac{-2\sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} + 2\sqrt{2}\sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}}}{2} = (\sqrt{2} - 1) \sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}}$$

$$x = v'_x \tau = \frac{\ell \sqrt{2gh \sin \theta}}{6h} \cdot (\sqrt{2} - 1) \sqrt{\frac{2h}{g \sin \theta}} = \frac{\ell \cdot 2h \cdot (\sqrt{2} - 1)}{6h} = \frac{\ell (\sqrt{2} - 1)}{3}$$

8. Zaman farkı sadece yayın sıkışmasında oluşuyor. İlk durumda titreşim periyodu;

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=2.3.\sqrt{\frac{1}{100}}=0,6 \text{ s}$$

ikinci durumda titreşim periyodu;

$$T'=2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}=2.3.\sqrt{\frac{4}{100}}=1,2 \text{ s}$$

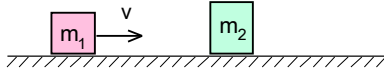
zaman farkı;

$$\Delta t=\frac{T'-T}{2}=0,3$$

ikinci durumda cismin hareket süresi;

$$t'=t+\Delta t=5+0,3=5,3 \text{ s}$$

olarak bulunur.



9. Genel olarak  $m_1$  ve  $m_2$  kütleli cisim arasında esnek olarak çarpılırsa momentum ve enerji korunumu yasaları geçerlidir. Bu durumda;

$$m_1v = -m_1v_1 + m_2v_2; \quad \frac{m_1v^2}{2} = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2}$$

yazabiliriz. Buradan çarpılmadan sonra cisimlerin hızları;

$$\frac{m_1(v+v_1)}{m_2} = v_2 \Rightarrow m_1v^2 = m_1v_1^2 + m_2\left[\frac{m_1(v+v_1)}{m_2}\right]^2 = m_1v_1^2 + \frac{m_1^2(v+v_1)^2}{m_2}$$

$$m_1m_2v^2 = m_1m_2v_1^2 + m_1^2(v+v_1)^2 \Rightarrow m_2v^2 = m_2v_1^2 + m_1(v+v_1)^2 = m_2v_1^2 + m_1(v^2 + 2vv_1 + v_1^2)$$

$$m_2v^2 = m_2v_1^2 + m_1v^2 + 2m_1vv_1 + m_1v_1^2 \Rightarrow (m_1+m_2)v_1^2 + 2m_1vv_1 - (m_2-m_1)v^2 = 0$$

$$v_1 = \frac{-2m_1v + \sqrt{4m_1^2v^2 + 4(m_1+m_2)(m_2-m_1)v^2}}{2(m_1+m_2)} = \frac{v(-m_1 + \sqrt{m_1^2 + (m_2^2 - m_1^2)})}{m_1+m_2} = \frac{(m_2-m_1)v}{m_1+m_2}$$

$$v_2 = \frac{m_1}{m_2}\left[1 + \frac{(m_2-m_1)}{m_1+m_2}\right]v = \frac{m_1v}{m_2} \frac{m_1+m_2-m_1+m_2}{m_1+m_2} = \frac{2m_1v}{m_1+m_2}$$

olur. Soruda  $m_1=m$  ve  $m_2=M$  alınır. Buradan çarpışmadan sonra  $m$  kütleli cismin hızı;

$$v_{m1} = \frac{(M-m)v}{M+m} = \frac{M\left(1-\frac{m}{M}\right)v}{M\left(1+\frac{m}{M}\right)} = \frac{\left(1-\frac{m}{M}\right)v}{1+\frac{m}{M}} \approx \left(1-\frac{m}{M}\right)^2 v \approx \left(1-\frac{2m}{M}\right)v$$

olur.  $m$  kütleli cisim düşey duvara çarparsa aynı hızla geri döner.  $m$  kütleli cisim tekrar  $M$  kütleli cisim ile çarpılırsa ikinci çarpışmadan sonraki hızı;

$$v_{m2} = \left(1-\frac{2m}{M}\right)v_{m1} = \left(1-\frac{2m}{M}\right)\left(1-\frac{2m}{M}\right)v = \left(1-\frac{2m}{M}\right)^2 v$$

$n$  çarpışma sonra  $m$  kütleli cismin hızı;

$$v_{mn} = \left(1-\frac{2m}{M}\right)^n v = \left(1-\frac{2nm}{M}\right)v$$

olur. Soruda  $n_1=10^5$  ve  $n_2=2.10^5$  sayıda çarpışma için;

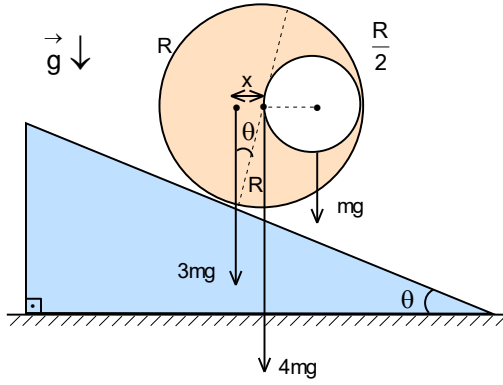
$$v_{m+100000} = \left(1-\frac{200000m}{M}\right)v; \quad v_{m+200000} = \left(1-\frac{400000m}{M}\right)v$$

yazabiliriz. Buradan;

$$\frac{\left(1-\frac{200000m}{M}\right)v}{\left(1-\frac{400000m}{M}\right)v} = \left(1-\frac{200000m}{M}\right)\left(1+\frac{400000m}{M}\right) = 1 - \frac{200000m}{M} + \frac{400000m}{M} = 1 + \frac{200000m}{M} = 1 + 0,00000002$$

$$\frac{100000m}{M} = 0,00000001 \Rightarrow \frac{m}{M} = 10^{-13}$$

olarak bulunur.



10. Cismin kütle merkezi diskin geometrik merkezinden;

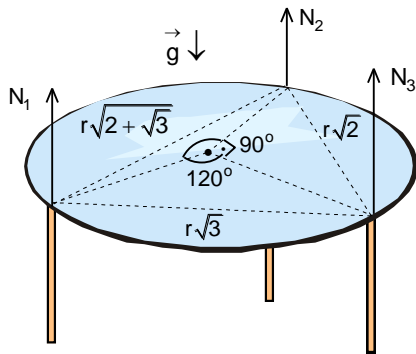
$$\sigma \left( \pi r^2 - \frac{\pi r^2}{4} \right) \cdot x = \sigma \frac{\pi r^2}{4} \cdot \frac{r}{2}; x = \frac{r}{6}$$

$$mg \cdot \frac{R}{2} = 3mg \cdot x \Rightarrow x = \frac{R}{6}$$

uzaklıktadır. Eğer tepki kuvveti sistemin kütle merkezinden x kadar uzağa geçerse silindir dönmeye başlar. Şeklin geometrisinden;

$$\sin \theta = \frac{x}{r} = \sin \theta = \frac{x}{R} = \frac{1}{6}$$

olarak bulunur.



11. Cama etki eden tepki kuvvetleri arasındaki uzaklıklar;

$$x_{23} = \sqrt{r^2 + r^2} = r\sqrt{2} = 1,4142r$$

$$x_{13} = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r \cdot r \cdot \cos 60^\circ} = r\sqrt{3} = 1,732r$$

$$x_{12} = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r \cdot r \cdot \cos 30^\circ} = r\sqrt{2 + \sqrt{3}} = \frac{r(\sqrt{3} + 1)}{\sqrt{2}} = 1,9318r$$

olur. Camın dengesi için;

$$G = N_1 + N_2 + N_3$$

$$G \cdot r = N_1 \cdot x_{13} + N_2 \cdot x_{23}; G = 1,732N_1 + 1,4142N_2$$

$$G \cdot r = N_2 \cdot x_{12} + N_3 \cdot x_{13}; G = 1,9318N_2 + 1,732N_3$$

yazabiliriz. Buradan;

$$G = 1,732(G - N_2 - N_3) + 1,4142N_2$$

$$0,3178N_2 = 0,732G - 1,732N_3; N_2 = 2,3033G - 5,45N_3$$

$$G = 4,45G - 8,796N_3; N_3 = 0,392G$$

$$N_2 = 0,165G; N_1 = 0,443G$$

olarak bulunur. Bu çözümde destek noktalarına moment alınmıştır. Moment dairenin kütle merkezine göre de alınır. Dairesel levha üzerindeki yatay ve dikey koordinat sistemine göre

$$N_1 \cos 30^\circ \cdot r = N_2 \cdot r; N_1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = N_2$$

$$N_1 \sin 30^\circ \cdot r = N_3 \cdot r; N_1 \cdot \frac{1}{2} = N_3$$

yazabiliriz. Buradan

$$G = N_1 + \frac{N_1 \sqrt{3}}{2} + \frac{N_1}{2} = \frac{N_1(3 + \sqrt{3})}{2}$$

$$N_1 = \frac{2G}{3 + \sqrt{3}} = \frac{2G(3 - \sqrt{3})}{6} = G \left( 1 - \frac{\sqrt{3}}{3} \right) \approx 0,422G$$

olarak bulunur.

12. 3m kütleli cismin L noktasında kazandığı hız;

$$-\frac{\gamma M \cdot 3m}{3R} = \frac{3mv^2}{2} - \frac{\gamma M \cdot 3m}{2R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma M}{3R}}$$

m kütleli cismin yörünge hızı;

$$\frac{\gamma M m}{(2R)^2} = \frac{mv_k^2}{2R} \Rightarrow v_k = \sqrt{\frac{\gamma M}{2R}}$$

2m kütleli cismin hızı bileşenleri ve hızın büyüklüğü;

$$3mv = 2mu_y ; u_y = \frac{3v}{2}$$

$$mv_k = 2mu_x \Rightarrow u_x = \frac{v_k}{2}$$

$$u^2 = u_x^2 + u_y^2 = \frac{9v^2}{4} + \frac{v_k^2}{4} = \frac{9}{4} \frac{\gamma M}{3R} + \frac{1}{4} \frac{\gamma M}{2R} = \frac{7\gamma M}{8R}$$

2m kütleli cismin son hızı;

$$-\frac{\gamma M \cdot 2m}{2R} + \frac{2mu^2}{2} = -\frac{\gamma M \cdot 2m}{R} + \frac{2mu_s^2}{2}$$

$$\frac{\gamma M}{R} - \frac{\gamma M}{2R} + \frac{1}{2} \frac{7\gamma M}{8R} = \frac{u_s^2}{2} \Rightarrow u_s = \sqrt{\frac{15\gamma M}{8R}}$$

olarak bulunur.

$$-\frac{\gamma M \cdot 3m}{3R} = \frac{3mv^2}{2} - \frac{\gamma M \cdot 3m}{2R} \Rightarrow \frac{v^2}{2} = \frac{\gamma M}{2R} - \frac{\gamma M}{3R} \Rightarrow v^2 = \frac{\gamma M}{3R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma M}{3R}}$$

$$3mv = 2mucos$$

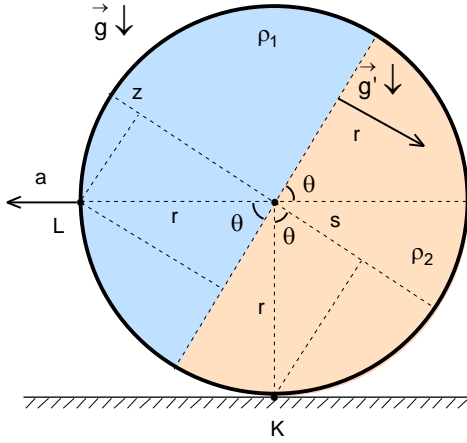
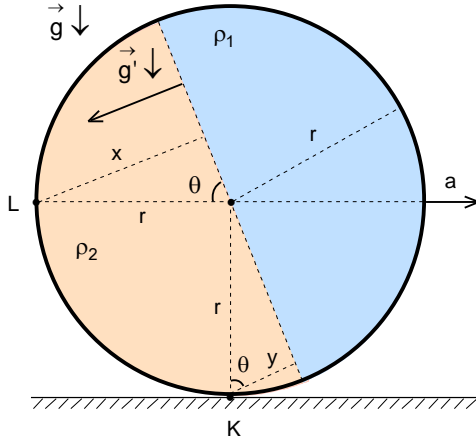
$$0 = mv_\varphi - 2m u \sin \theta \Rightarrow v_\varphi = 2u \sin \theta$$

$$\frac{\gamma M m}{(2R)^2} = \frac{mv_\varphi^2}{2R} \Rightarrow v_\varphi^2 = \frac{\gamma M}{2R} \Rightarrow v_\varphi = \sqrt{\frac{\gamma M}{2R}}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{3v}{2} = u \cos \theta &\Rightarrow \frac{9v^2}{4} = u^2 \cos^2 \theta \\ \frac{v_\varphi}{2} = u \sin \theta &\Rightarrow \frac{v_\varphi^2}{4} = u^2 \sin^2 \theta \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{9}{4} \frac{\gamma M}{3R} + \frac{1}{4} \frac{\gamma M}{2R} = u^2 \Rightarrow \frac{6\gamma M}{8R} + \frac{\gamma M}{8R} = \frac{7\gamma M}{8R} = u^2 \Rightarrow u = \sqrt{\frac{7\gamma M}{8R}}$$

$$-\frac{\gamma M \cdot 2m}{2R} + \frac{2mu^2}{2} = \frac{2mu_s^2}{2} - \frac{\gamma M \cdot 2m}{R} \Rightarrow \frac{\gamma M}{R} - \frac{\gamma M}{2R} + \frac{1}{2} \frac{7\gamma M}{8R} = \frac{u_s^2}{2} \Rightarrow \frac{16\gamma M}{16R} - \frac{8\gamma M}{16R} + \frac{7\gamma M}{16R} = \frac{u_s^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{15\gamma M}{16R} = \frac{u_s^2}{2} \Rightarrow u_s = \sqrt{\frac{15\gamma M}{8R}}$$



13. Etkin ivme;

$$g' = \sqrt{a^2 + g^2} = \sqrt{24^2 + 10^2} = 26 \text{ m/s}^2$$

olur. Sıvıların temas ettikleri düzlem küre içinde döner ve etkin ivmeye dik olur. Düzlem  $\theta$  açısına dönmektedir.

$$\sin\theta = \frac{a}{g'} = \frac{12}{13}; \quad \cos\theta = \frac{g}{g'} = \frac{5}{13}$$

K noktasındaki basınç;

$$P_C = \rho_1 g' r + \rho_2 g' r \cos\theta = 26\rho_1 r + 26\rho_2 r \cdot \frac{5}{13} = 26\rho_1 r + 10\rho_2 r$$

L noktasındaki basınç;

$$P_B = \rho_1 g' r + \rho_2 g' r \sin\theta = 26\rho_1 r + 26\rho_2 r \cdot \frac{12}{13} = 26\rho_1 r + 24\rho_2 r$$

ile verilir. Basınç oranından özkütelerin oranı;

$$\frac{P_K}{P_L} = \frac{2}{3} = \frac{26\rho_1 r + 10\rho_2 r}{26\rho_1 r + 24\rho_2 r} \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{9}{13}$$

olarak bulunur.

Küre sağ tarafa doğru hareket ederse L noktasındaki basınç

$$P'_L = \rho_1 g' (r - r \sin\theta) = 9\rho_1 \cdot 26 \left( r - \frac{12r}{13} \right) = 18\rho_1 r$$

K noktasındaki basınç

$$P'_K = \rho_1 g' r + \rho_2 g' r \cos\theta = 9\rho_1 \cdot 26r + 13\rho_2 \cdot 26r \cdot \frac{5}{13}$$

$$= 364\rho_1 r$$

aranan oran

$$\frac{P'_L}{P'_K} = \frac{9}{182}$$

olarak bulunur.

14. Frekans için

$f = k r^a \rho^b \sigma^c$ ;  $r = m$ ;  $\rho = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;  $\sigma = \text{N} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-1} = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$  yazılır. Birim analizinden;

$$s^{-1} = m^a \cdot \text{kg}^b \cdot \text{m}^{-3b} \cdot \text{kg}^c \cdot \text{s}^{-2c}$$

$$s: -1 = -2c; \quad c = \frac{1}{2}$$

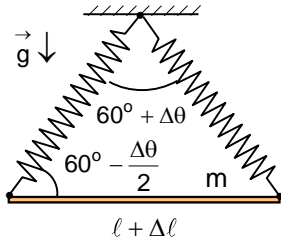
$$\text{kg}: 0 = b + c; \quad b = -\frac{1}{2}$$

$$m: 0 = a - 3b; \quad a = \frac{3}{2}$$

$$f = k \sqrt{\frac{\sigma}{\rho r^3}} = \sqrt{\frac{k^2 \sigma}{\rho r^3}}$$

olarak bulunur.





15. Yayların ilk uzamaları;

$$x_1 = l - \frac{l}{2} = \frac{l}{2}$$

yayların yay sabitleri k ise çubuğun ağırlığı;

$$mg = 2kx_1 \cos 30^\circ = \frac{k\ell\sqrt{3}}{2}$$

ile verilir. Çubuğun uzamasından sonra yaylar arasındaki açı  $60^\circ + \Delta\theta$  olsun. Bu durumda yay ile çubuklar arasındaki açı  $60^\circ - \frac{\Delta\theta}{2}$  olur. Yayıdaki yeni uzama;

$$x_2 = \frac{\frac{l + \Delta\ell}{2}}{\cos\left(60^\circ - \frac{\Delta\theta}{2}\right)} - \frac{l}{2} = \frac{l + \Delta\ell}{2\left(\cos 60^\circ \cos \frac{\Delta\theta}{2} + \sin 60^\circ \sin \frac{\Delta\theta}{2}\right)} - \frac{l}{2} \approx \frac{l + \Delta\ell}{2\left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\Delta\theta}{2}\right)} - \frac{l}{2} \approx$$

$$\approx (l + \Delta\ell) \left(1 - \frac{\sqrt{3}\Delta\theta}{2}\right) - \frac{l}{2} = \frac{l}{2} + \Delta\ell - \frac{l\sqrt{3}\Delta\theta}{2}$$

çubuğun denge durumu;

$$mg = 2kx_2 \cos\left(30^\circ + \frac{\Delta\theta}{2}\right)$$

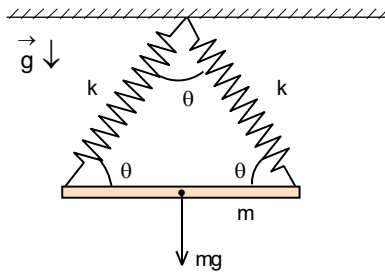
$$\frac{k\ell\sqrt{3}}{2} = k\left(l + 2\Delta\ell - l\sqrt{3}\Delta\theta\right) \left(\cos 30^\circ \cos \frac{\Delta\theta}{2} - \sin 30^\circ \sin \frac{\Delta\theta}{2}\right) \approx k\left(l + 2\Delta\ell - l\sqrt{3}\Delta\theta\right) \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta\theta}{2}\right) \approx$$

$$\approx k\left(\frac{\ell\sqrt{3}}{2} + \Delta\ell\sqrt{3} - \frac{3\ell\Delta\theta}{2} - \frac{\ell\Delta\theta}{4}\right) = k\left(\frac{\ell\sqrt{3}}{2} + \Delta\ell\sqrt{3} - \frac{7\ell\Delta\theta}{4}\right)$$

olur. Buradan;

$$\Delta\theta = \frac{4\sqrt{3}}{7} \frac{\Delta\ell}{\ell} = \frac{4\lambda\Delta T\sqrt{3}}{7} = \frac{4.1.73}{7} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 0,01979 \text{ rad} \approx 1,13^\circ$$

olarak bulunur.



Yayların ilk durumdaki son boyları;

$$l = 2\ell_1 \cos 60^\circ = 2\ell_1 \cdot 0,5 = \ell_1$$

yayların ilk uzamaları

$$x_1 = \ell_1 - \frac{l}{2} = l - \frac{l}{2} = \frac{l}{2}$$

yayların yay sabitleri k ise çubuğun ağırlığı;

$$mg = 2kx_1 \cos 30^\circ = \frac{k\ell\sqrt{3}}{2}$$

ile verilir. Çubuğun uzamasından sonra çubuk ile yaylar arasındaki açı  $60^\circ - \Delta\theta$  olsun. İkinci durumda cismin ağırlığı için;

$$mg = 2kx_2 \sin(60^\circ - \Delta\theta) = 2kx_2 (\sin 60^\circ \cos \Delta\theta - \cos 60^\circ \sin \Delta\theta) \approx$$

$$\approx 2kx_2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\Delta\theta}{2}\right) = k\left(\ell_2 - \frac{\ell}{2}\right) (\sqrt{3} - \Delta\theta)$$

yazabiliriz. Sıcaklık artarsa çubuğun son boyu;

$$\Delta\ell = \lambda\ell\Delta T \Rightarrow \ell_s = \ell + \lambda\ell\Delta T = \ell + 2 \cdot 10^{-3} \ell \cdot 10^\circ = 1,02\ell$$

ikinci durumda yayların son boyları;

$$\ell_s = 2\ell_2 \cos(60^\circ - \Delta\theta) = 2\ell_2 (\cos 60^\circ \cos \Delta\theta + \sin 60^\circ \sin \Delta\theta) \approx 2\ell_2 \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{\Delta\theta\sqrt{3}}{2}\right) = \ell_2 \cdot (1 + \Delta\theta\sqrt{3})$$

$$\ell_2 = \frac{1,02\ell}{1 + \Delta\theta\sqrt{3}} = 1,02\ell (1 - \Delta\theta\sqrt{3})$$

olur. İki durumda çubuğun ağırlığın kıyaslamasından;

$$\begin{aligned} mg &= k \left[ 1,02\ell(1 - \Delta\theta\sqrt{3}) - \frac{\ell}{2} \right] (\sqrt{3} - \Delta\theta) = k(1,02\ell - 1,02\ell\Delta\theta\sqrt{3} - 0,5\ell)(\sqrt{3} - \Delta\theta) = \\ &= k(0,52\ell - 1,02\ell\Delta\theta\sqrt{3})(\sqrt{3} - \Delta\theta) = k \left[ 0,52\ell\sqrt{3} - 3 \cdot 1,02\ell\Delta\theta - 0,52\ell\Delta\theta - 1,02\ell(\Delta\theta)^2\sqrt{3} \right] \approx \\ &\approx k(0,52\ell\sqrt{3} - 3,58\ell\Delta\theta) = \frac{k\ell\sqrt{3}}{2} \Rightarrow 0,52\sqrt{3} - 3,58\Delta\theta = 0,5\sqrt{3} \Rightarrow 0,02\sqrt{3} = 3,58\Delta\theta \\ \Delta\theta &= \frac{0,02\sqrt{3}}{3,58} = 0,009676 \text{ rad} = 0,009676 \text{ rad} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} = 0,55^\circ \Rightarrow 2\Delta\theta = 1,1^\circ \end{aligned}$$

olarak bulunur.

16. Gaz için proses izotermal olduğundan basınç;

$$P_0 V_0 = P_1 (V_0 + V); P_1 = \frac{P_0 V_0}{V_0 + V} = \frac{P_0 V_0}{V_0 + 8V_0} = \frac{P_0}{9} = 0,111P_0$$

$$P_2 = \frac{P_0 V_0 + P_1 V}{V_0 + V} = \frac{P_0 V_0 + \frac{P_0}{9} \cdot 8V_0}{V_0 + 8V_0} = \frac{17P_0}{81} = 0,209P_0$$

$$P_3 = \frac{P_0 V_0 + P_2 V}{V_0 + V} = \frac{P_0 V_0 + \frac{17P_0}{81} \cdot 8V_0}{V_0 + 8V_0} = \frac{217P_0}{729} = 0,297P_0$$

olarak bulunur.

17. K noktasındaki basınç  $P_K$  olsun. Yaydaki kuvvet;

$$F_{yay} = k(2h - \ell) = \rho g S(2h - \ell)$$

Pistona etki eden kuvvetler için;

$$P_0 S = F_{yay} + \frac{P_K + P_L}{2} \cdot S; P_L = P_K + \rho g h$$

$$P_0 S = \rho g S(2h - \ell) + \frac{2P_L - \rho g h}{2} \cdot S; P_0 = \rho g(2h - \ell) + P_L - \frac{\rho g h}{2}$$

yazabiliriz. Sıcaklık  $2T_0$  olursa izokorik proseste basınç  $2P_0$  olur. Bu durumda pistona etki eden kuvvetler için;

$$2P_0 S = F_{yay} + \frac{P'_K + 3P_L}{2} \cdot S; 3P_L = P'_K + \rho g h$$

$$2P_0 S = \rho g S(2h - \ell) + \frac{6P_L - \rho g h}{2} \cdot S; 2P_0 = \rho g(2h - \ell) + 3P_L - \frac{\rho g h}{2}$$

olur. Buradan;

$$P_0 = 2P_L$$

$$2P_L = \rho g(2h - \ell) + P_L - \frac{\rho g h}{2}; P_L = \rho g \left( \frac{3h}{2} - \ell \right)$$

elde edilir. Sistem düşey konuma getirilirse;

$$2P_0 S = \rho g S(2h - \ell) + (P_L + \rho g \cdot 2h)S; 2P_0 = \rho g(2h - \ell) + P_L + \rho g \cdot 2h$$

$$4P_L = \rho g(4h - \ell) + P_L; 3P_L = \rho g(h - \ell); 3\rho g \left( \frac{3h}{2} - \ell \right) = \rho g(4h - \ell); \ell = \frac{h}{4}$$

olarak bulunur.

18. İlk sıvı için;

$$m_1 c_1 (35 - 15) = 20 \cdot 0,5 \cdot 10 + 20 \cdot 80 + 20 \cdot 1 \cdot 15; m_1 c_1 = 100$$

ikinci sıvı için;

$$m_2 c_2 (65 - 5) = 20 \cdot 0,5 \cdot 10 + 20 \cdot 80 + 20 \cdot 1 \cdot 15; m_2 c_2 = 30$$

elde edilir. Aranan denge sıcaklık;

$$50(35 - T_s) + 10(65 - T_s) = 20 \cdot 0,5 \cdot 10 + 20 \cdot 80 + 20 \cdot 1 \cdot 15; T_s = 8,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

olarak bulunur.

19. Pozitif ve negatif yükler arasındaki uzaklıklar  $\frac{\ell\sqrt{2}}{2}$ , pozitif yükler  $\frac{\ell}{2\sqrt{2}} = \frac{\ell\sqrt{2}}{4}$  kadar yol alırsa pozitif ve negatif yükler arasındaki uzaklık;

$$\frac{\ell\sqrt{2}}{2} - \frac{\ell\sqrt{2}}{4} = \frac{\ell\sqrt{2}}{4}$$

olur. Bu durumda pozitif yükler arasındaki  $\frac{\ell}{2}$  olur. Enerji korunumu yasasından aranan hız

$$4 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0\ell} - 4 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{\ell\sqrt{2}}{2}} + 2 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \ell\sqrt{2}} = 4 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{\ell}{2}} - 4 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{\ell\sqrt{2}}{4}} + 2 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot \frac{\ell\sqrt{2}}{2}} + 4 \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{(3\sqrt{2}-4) q^2}{2 \cdot 4\pi\epsilon_0\ell m}}$$

olarak bulunur.

20. Ampermetrenin direnci  $\mathfrak{R}_A$  , voltmetrenin direnci  $\mathfrak{R}_V$  olsun. Birinci durumda ana kolda akan akım;

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{R}_A}{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A} + \mathfrak{R}_V} = \frac{\mathcal{E}(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A)}{\mathfrak{R}\mathfrak{R}_A + \mathfrak{R}\mathfrak{R}_V + \mathfrak{R}_A\mathfrak{R}_V}$$

rezistansta akan akım;

$$I_{1\mathfrak{R}} \mathfrak{R} = I \mathfrak{R}_A ; I_{1\mathfrak{R}} = \frac{I \mathfrak{R}_A}{\mathfrak{R}}$$

ana kolda akan akım;

$$I_1 = I + I_{1\mathfrak{R}} = I + \frac{I \mathfrak{R}_A}{\mathfrak{R}} = \frac{I(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A)}{\mathfrak{R}}$$

voltmetrenin gösterdiği değer;

$$U = I_1 \mathfrak{R}_V = \frac{I(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A)\mathfrak{R}_V}{\mathfrak{R}} ; \mathcal{E} = I \mathfrak{R}_A + U$$

olur. İkinci durumda ana kolda akan akım;

$$I_2 = 6I = \frac{2\mathcal{E}}{\frac{\mathfrak{R}\mathfrak{R}_V}{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_V} + \mathfrak{R}_A} ; 6I = \frac{2\mathcal{E}(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_V)}{\mathfrak{R}\mathfrak{R}_A + \mathfrak{R}\mathfrak{R}_V + \mathfrak{R}_A\mathfrak{R}_V}$$

rezistansta akan akım;

$$I_{2\mathfrak{R}} = \frac{5U}{\mathfrak{R}} = \frac{5U}{3\mathfrak{R}}$$

voltmetreden akan akım;

$$I_{2\mathfrak{R}_V} = \frac{5U}{\mathfrak{R}_V} = \frac{5U}{3\mathfrak{R}_V}$$

ana kolda akan akım;

$$6I = I_{2\mathfrak{R}} + I_{2\mathfrak{R}_V} = \frac{5U}{3\mathfrak{R}} + \frac{5U}{3\mathfrak{R}_V} = \frac{5U(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_V)}{3\mathfrak{R}\mathfrak{R}_V} ; \frac{\mathfrak{R}\mathfrak{R}_V}{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_V} = \frac{5U}{18I} ; 2\mathcal{E} = \frac{5U}{3} + 6I \mathfrak{R}_A$$

olur. Buradan;

$$\frac{5U}{3} + 6I \mathfrak{R}_A = 2I \mathfrak{R}_A + 2U ; \mathfrak{R}_A = \frac{U}{12I}$$

$$\mathcal{E} = I \cdot \frac{U}{12I} + U = \frac{13U}{12}$$

$$\frac{I(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A)}{\mathfrak{R}} = \frac{\mathcal{E}(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A)}{\mathfrak{R}\mathfrak{R}_A + \mathfrak{R}\mathfrak{R}_V + \mathfrak{R}_A\mathfrak{R}_V}$$

$$6I = \frac{2\mathcal{E}(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_V)}{\mathfrak{R}\mathfrak{R}_A + \mathfrak{R}\mathfrak{R}_V + \mathfrak{R}_A\mathfrak{R}_V}$$

$$\frac{(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A)}{6\mathfrak{R}} = \frac{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A}{2(\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_V)} ; \mathfrak{R}_V = 2\mathfrak{R}$$

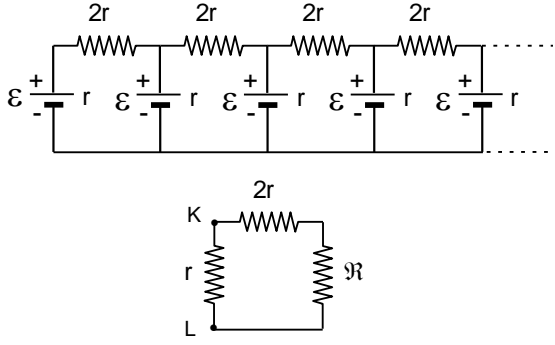
$$\frac{\mathfrak{R} \cdot 2\mathfrak{R}}{\mathfrak{R} + 2\mathfrak{R}} = \frac{5U}{18I} ; \mathfrak{R} = \frac{5U}{12I} ; \mathfrak{R}_V = \frac{10U}{12I}$$

elde edilir. Aranılan akım ve potansiyel fark;

$$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_A + \mathfrak{R}_V} = \frac{\frac{13U}{12}}{\frac{5U}{12I} + \frac{U}{12I} + \frac{10U}{12I}} = \frac{13I}{16}$$

$$U_3 = I_3 \mathfrak{R}_V = \frac{13I}{16} \cdot \frac{10U}{12I} = \frac{65U}{96}$$

olarak bulunur.



21. Ampermetre yerine özdeş bir üreteç konulursa simetriden dolayı akım akmaması gerekir. Bu durumda oluşan sonsuz devrenin direnci;

$$R = \frac{2(2r + R)}{3r + R}$$

$$R^2 + 2rR - 2r^2 = 0; R = (\sqrt{3} + 1)r$$

olarak bulunur. Bu durumda akan akım;

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon}{r(1 + \sqrt{3})}$$

olarak bulunur.

22. Manyetik indüksiyon alanında parçacıkların çizdikleri yörüngelerin yarıçapları;

$$qvB = \frac{mv^2}{r}; r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}$$

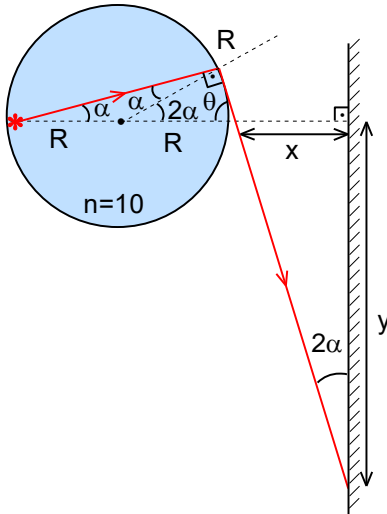
dolanım periyotları;

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

ile verilir. Elektronun ve protonun momentumları eşittir. Buradan;

$$\frac{r_e}{r_p} = 1; \frac{T_e}{T_p} = \frac{m_e}{m_p} = \frac{1}{1836}$$

olarak bulunur.



23. Işın yüzeyden sınır durumunda yansırca;

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0,1; \alpha = 5,8^\circ$$

yazılabilir. Şeklin geometrisinden;

$$\cos 2\alpha = 1 - 2\sin^2 \alpha \approx 1 - 2\alpha^2 = 1 - 2 \cdot 0,1^2 = 0,98$$

$$\frac{R}{2R - x} = \cos 2\alpha = 0,98 \Rightarrow x = 0,9796R$$

$$y \approx \frac{x}{\tan 2\alpha} = \frac{0,9796R}{0,20527} = 4,77R \approx 4,8R$$

$$2x = 9,6R$$

olarak bulunur.

24. İnce kenarlı merceğin havadaki odak uzaklığı;

$$\frac{1}{f} = \frac{2(n-1)}{r} = \frac{2(2-1)}{r} = \frac{2}{r} \Rightarrow f = \frac{r}{2}$$

sıvıdaki odak uzaklığı;

$$\frac{1}{f_s} = \left( \frac{n}{n_s} - 1 \right) \frac{2}{r} =$$

$$\frac{1}{f_s} = \left( \frac{2}{1,25} - 1 \right) \frac{2}{r} = \frac{6}{5r} \Rightarrow f_s = \frac{5r}{6}$$

aranan oran;

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{2y} = \frac{1}{f_s} = \frac{6}{5r}$$

$$\frac{\frac{x+y}{xy}}{\frac{x+2y}{2xy}} = \frac{\frac{2}{r}}{\frac{6}{5r}} \Rightarrow \frac{x}{y} = 4$$

olarak bulunur.

25. Momentum ve enerji korunumu yasalarını;

$$3mv - m \cdot 2v = 3mv_1 + mv_2$$

$$\frac{3mv^2}{2} + \frac{m(2v)^2}{2} = \frac{3mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

olarak yazabiliriz. Bu iki denklemin çözümü;

$$v = 3v_1 + v_2; v_2 = v - 3v_1$$

$$7v^2 = 3v_1^2 + (v - 3v_1)^2; 2v_1^2 - vv_1 - v^2 = 0; v_1 = -\frac{v}{2}; v_2 = \frac{5v}{2}$$

olur. Buradan aranan oran;

$$\frac{t_1 + t'_1}{t_2 + t'_2} = \frac{\frac{f}{v} + \frac{f}{\frac{v}{2}}}{\frac{2f}{2v} + \frac{2f}{\frac{5v}{2}}} = \frac{5}{3}$$

olarak bulunur.