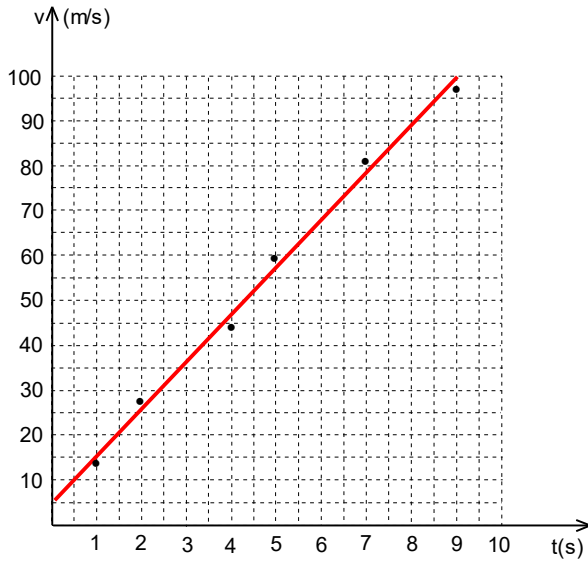


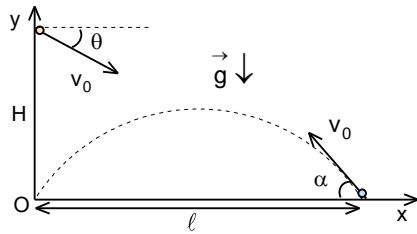
XXIV. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI ÇÖZÜMLERİ-2016



1. Sabit ivmeli hareket ile ilgili bir deneyde hareketlinin hızını belli zaman aralıklarıyla ölçülmekte ve hız-zaman koordinat sisteminde sonuçlar işaretlenmektedir. Araştırmacı deneysel noktalardan en uygun olan grafiği şekildeki gibi çizmektedir.

Buna göre hareketlinin ilk  $v_0$  hızının ve  $a$  ivmesinin büyüklüğü yaklaşık olarak nedir?

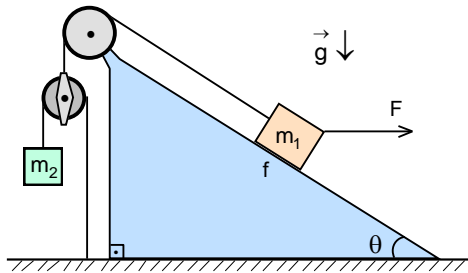
- A)  $v_0 = 0$   
 $a = 8 \text{ m/s}^2$
- B)  $v_0 = 0$   
 $a = 10 \text{ m/s}^2$
- C)  $v_0 = 5 \text{ m/s}$   
 $a = 15 \text{ m/s}^2$
- D)  $v_0 = 5 \text{ m/s}$   
 $a = 11 \text{ m/s}^2$
- E) Bu grafikten ilk hız ve ivme hesaplanamaz.



2. Yeryüzünden ve H yüksekliğinden aynı anda ve aynı ilk  $v_0$  hızları ile birisi yatayla  $\theta$ , diğeri yatayla  $\alpha$  açısı ile şekildeki gibi iki cisim aynı anda fırlatılıyor. Yeryüzünden fırlatılan cismin menzili  $l$  dir. Başlangıç noktası O olan koordinat sistemine göre iki cismin çarpıştıkları noktanın yatay koordinatı  $x$ , düşey koordinatı  $y$  dir.

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

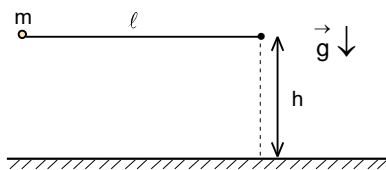
- A)  $\frac{\sin \theta}{\cos \theta + \cos \alpha}$
- B)  $\frac{\sin \alpha}{\sin \theta + \sin \alpha}$
- C)  $\frac{\sin \alpha}{\cos \theta + \cos \alpha}$
- D)  $\frac{\cos \alpha}{\sin \theta + \sin \alpha}$
- E)  $\frac{\cos \theta}{\cos \theta + \cos \alpha}$



3. Eğim açısı  $\theta=30^\circ$  eğik düzlem üzerinde bulunan ve kütlesi  $m_1=2\text{m}$  olan bir cisim şekildeki gibi makara sisteminden geçen ipin ucunda bulunan ve kütlesi  $m_2 = \frac{m}{2}$  olan cisme bağlıdır. Eğik düzlem üzerinde bulunan cisim ile eğik düzlem arasındaki sür-tünme katsayısı  $f=0,5$  tir.

Eğik düzlem üzerinde bulunan cisme yatay  $F=3\text{mg}$  kuvveti uygulandığında  $m_2$  kütleli cismin ivmesi kaç  $g$  olur?

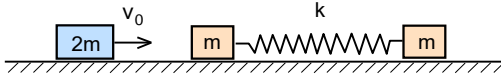
- A)  $\frac{3+4\sqrt{3}}{8}$
- B)  $\frac{-3+2\sqrt{3}}{4}$
- C)  $\frac{-3+4\sqrt{3}}{4}$
- D)  $\frac{3+2\sqrt{3}}{8}$
- E)  $\frac{3+\sqrt{3}}{2}$



4. Uzunluğu  $l$  olan bir sarkacın asılma noktası  $h = \frac{l}{2}$  yükseklikte yatay düzlem üzerinde bulunmaktadır. Sarkaç denge durumundan ip yatay konumuna gelene kadar saptırılıp serbest bırakılıyor.

İpin dayanabileceği maksimum gerilme kuvveti  $mg$  ise cismin yere çarptığı nokta asılma noktasından geçen düşey doğruya göre kaç  $l$  uzaklıktadır?

- A)  $\frac{2\sqrt{2}}{3}$
- B)  $\frac{\sqrt{2}}{27}$
- C)  $\frac{19\sqrt{2}}{27}$
- D)  $\frac{17\sqrt{2}}{27}$
- E)  $\frac{\sqrt{2}}{3\sqrt{3}}$

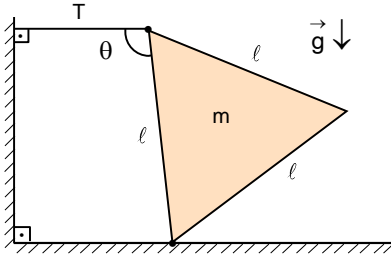


5. Yatay ve sürtünmesiz masa üzerinde kütle-yay-kütle olan bir sistem bulunmaktadır. Sistemde bulunan cisimlerin kütleleri  $m=1$  kg, iki isim arasında gerilmemiş haldeki olan yayın yay sabiti  $k=1600$  N/m olarak veriliyor. Bu sisteme doğru kütlesi  $2m$  olan bir cisim  $v_0=10$

m/s hızı ile yayın eksenini boyunca sisteme doğru yaklaşmaktadır. Gelen cisim ile sistem arasında esnek çarpışma gerçekleşiyor.

**Sistemde başlayan titreşimlerde sistemdeki cisimler arasındaki minimum uzaklık kaç metredir?**

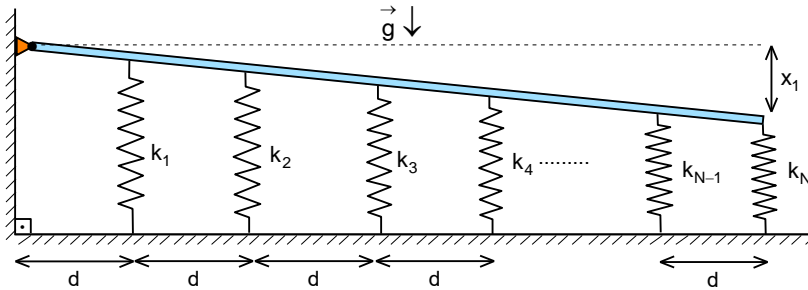
- A)  $\frac{4}{3}$       B)  $\frac{1}{2}$       C)  $\frac{1}{3}$       D)  $\frac{2}{3}$       E)  $\frac{4}{3}$



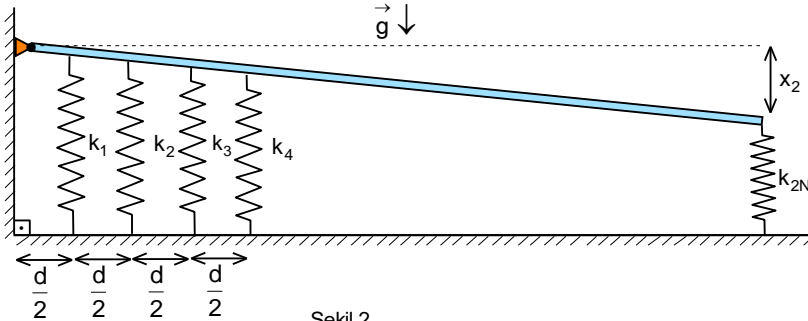
6. Kütlesi  $m$ , kenar uzunluğu  $l$  homojen eşkenar üçgen şeklindeki bir levha yatay zeminde bulunan bir menteşenin etrafında düşey düzlemde serbestçe dönebilmektedir. Levha bir köşeden yatay konumunda bir ip sayesinde şekildeki gibi dengededir. Denge durumunda ip ile üçgen levhanın kenarı arasındaki açı  $\theta$  dir.

**Buna göre levhanın zemine göre potansiyel enerjisi ve ipteki gerilme kuvveti nedir?**

- A)  $\frac{mg\ell\sqrt{3}}{3} \cos(120^\circ-\theta)$ ;  $\frac{mg(3-\cot 60^\circ \cot \theta)}{6}$       B)  $\frac{mg\ell\sqrt{3}}{3} \cos(60^\circ+\theta)$ ;  $\frac{mg(3-\tan 60^\circ \cot \theta)}{6}$   
C)  $\frac{mg\ell\sqrt{3}}{2} \cos(120^\circ+\theta)$ ;  $\frac{mg(3-\cot 30^\circ \cot \theta)}{6}$       D)  $\frac{mg\ell\sqrt{3}}{2} \cos(60^\circ+\theta)$ ;  $\frac{mg(2-\cot 60^\circ \cot \theta)}{3}$   
E)  $\frac{mg\ell\sqrt{3}}{6} \cos(120^\circ-\theta)$ ;  $\frac{mg(3-\cot 30^\circ \cot \theta)}{3}$



Şekil 1

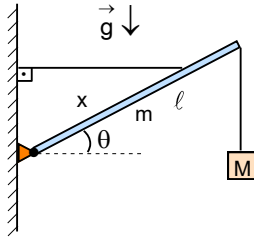


Şekil 2

7. Uzunluğu  $Nd$  ( $N$  bir tam sayı) homojen olan bir çubuğun ucu düşey duvara menteşelidir. Yatay zemin üzerine birbirinden  $d$  uzaklıkta  $N$  tane düşey konumunda yay Şekil 1 deki gibi diziliyor. Yayların gerilmemiş haldeki uzunlukları menteşenin bulunduğu yüksekliğe eşit olup yay sabitleri  $k_n = \frac{k_0}{n}$  şeklinde değişmektedir. Burada  $k_0$  bir sabit,  $n=1, 2, 3, \dots$  bir tam sayıdır. Çubuk serbest bırakıldığında serbest olan uç yatay konumundan  $x_1$  kadar aşağıya inmektedir. Yatay zemin üzerine birbirinden  $\frac{d}{2}$  uzaklıkta  $2N$  tane düşey konumunda yay Şekil 2 deki gibi dizilip çubuk serbest bırakıldığında serbest olan uç yatay konumundan  $x_2$  kadar aşağıya inmektedir.

**$x_1$  ve  $x_2$  mesafelerinin küçük olduğunu ve aralarında  $x_1=0,98x_2$  bağlantı olduğuna göre  $N$  değeri nedir?**

- A) 24      B) 25      C) 48      D) 49      E) 50



8. Kütlesi  $m$  ve uzunluğu  $\ell$  homojen olan çubuk bir ucundan düşey duvara menteşelidir. Çubuk duvara tutturulan ve yatay konumunda bulunan bir ip sayesinde yatayla  $\theta$  açısı yapacak şekilde dengededir. Çubuğun ucuna şekildeki gibi kütlesi  $M$  olan bir cisim asılıdır.

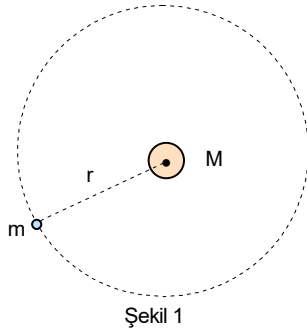
**Menteşeye etki eden kuvvetine yatay ve düşey bileşenleri eşit olduğuna göre yatay ipin çubuğa tutturulma noktası ile menteşe arasındaki uzaklık  $x$  ne kadar olmalıdır?**

- A)  $\frac{2M\ell \sin\theta}{m+2M}$       B)  $\frac{(m+M)\ell \cot\theta}{m+2M}$       C)  $\frac{(m+2M)\ell \cot\theta}{2(m+M)}$       D)  $\frac{(m+2M)\ell \cos\theta}{2(m+M)}$       E)  $\frac{(m+2M)\ell \sin\theta}{2(m+M)}$

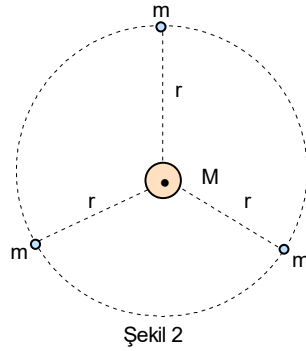
9.  $m$  kütleli,  $r$  yarıçaplı bir silindir  $\omega_0$  açısal hızı ile döndürüldükten sonra yatay ve sürtünmeli düzlem üzerine bırakılıyor. Silindir belirli süre sonra kaymadan yuvarlanma hareketi yapmaya başlar.

**Yüzey ile küre arasındaki sürtünme katsayısı  $f$  ise kayma bittiğinde silindirin hızı ne kadar olur?**

- A)  $\frac{f\omega_0 r}{2}$       B)  $\frac{\omega_0 r}{2}$       C)  $\frac{2f\omega_0 r}{3}$       D)  $\frac{2\omega_0 r}{3}$       E)  $\frac{\omega_0 r}{3}$



Şekil 1

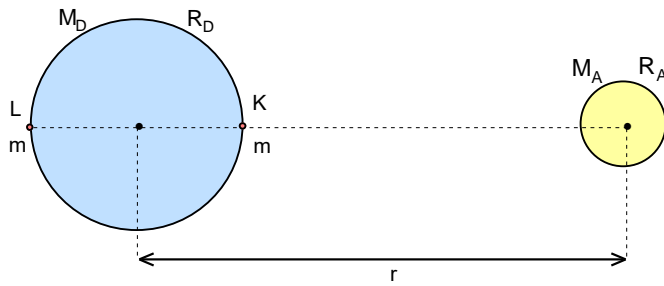


Şekil 2

10. Kütlesi  $M$  olan bir gezegenin etrafında yarıçapı  $r$  olan çembersel yörünge üzerinde Şekil 1'deki gibi hareket eden  $m$  kütleli bir uydunun dolanım periyodu  $T_1$  dir. Aynı gezegenin etrafında aynı yarıçaplı yörünge üzerinde Şekil 2'deki gibi hareket eden  $m$  kütleli üç tane uydunun dolanım periyotları  $T_2$  dir.

**$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2}{\sqrt{3}}$  ise  $\frac{M}{m}$  oranı nedir?**

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

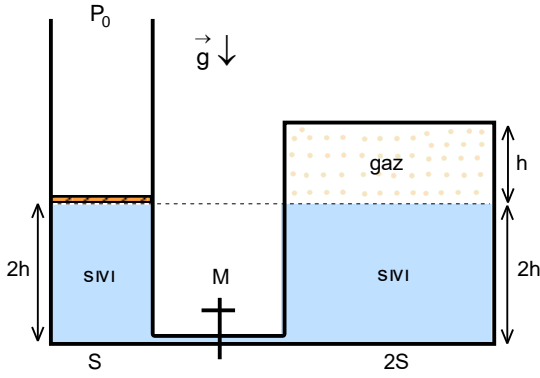


11. Dünya-Ay sisteminde Dünyanın kütlesi  $M_D$ , yarıçapı  $R_D$ , Ayın kütlesi  $M_A$ , yarıçapı  $R_A$ , aralarındaki uzaklık  $r \gg R_D$ ;  $R_A$ , evrensel çekim sabiti  $\gamma$  olarak veriliyor.

**Dünya üzerinde Aya en yakın olan K noktasında bulunan  $m$  kütleli cisim ile Aya en uzak olan L noktasında bulunan  $m$  kütleli cisim Ay tarafından uygulanan kuvvetlerin arasındaki fark nedir?**

- A)  $\frac{\gamma M_A m R_D}{r^3}$       B)  $\frac{4\gamma M_A m R_A}{r^3}$       C)  $\frac{4\gamma M_A m R_D}{r^3} \left(1 + \frac{2R_D^2}{r^2}\right)$   
D)  $\frac{2\gamma M_A m R_D}{r^4} \left(1 + \frac{2R_D^2}{r^2}\right)$       E)  $\frac{4\gamma M_A m R_D}{r^3} \left(1 + \frac{2R_D^2}{r^2}\right)$





15. Taban kesit alanları S ve 2S ısıca yalıtılmış olan bileşik kaplarda 2h yüksekliğinde birbiriyle M musluğu sayesinde ayrılmış olan sıvılar şekildeki gibi bulunmaktadır. Bileşik kapların arasındaki borunun hacmi ihmal edilecek kadar küçüktür. Açık olan kolun sıvının üzerinde sürtünmesiz ve sızdırmaz ağır bir piston bulunmakta olup ortamın atmosfer basıncı  $P_0$  dir. Sağ kapalı olan kaptaki sıvının üzerinde yüksekliği h olan kısımda gaz bulunmaktadır. M musluğu açıldıktan sonra sistem dengeye geldiğinde piston h kadar yükselir. Daha sonra sadece gazın sıcaklığı iki katına çıkarıldıktan sonra piston yine h kadar yükselir. Sistem bu durumdayken pistonun üzerine m kütleli bir cisim konulduğunda piston h kadar aşağıya doğru inmektedir.

Daha sonra pistonun üzerine kütlesi  $m_2$  ikinci olan bir cisim konulduğunda piston yine h kadar aşağıya doğru indiğine göre  $\frac{m_1}{m_2}$  oranı nedir? (Sıcaklık artışından önce ve sıcaklığın artışından sonra prosesler izotermaldir.)

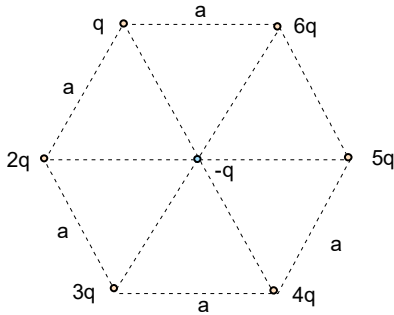
A)  $\frac{1}{2}$

B)  $\frac{2}{3}$

C)  $\frac{3}{4}$

D)  $\frac{3}{5}$

E)  $\frac{4}{5}$



16. Yalıtkan ve sürtünmesiz bir masa üzerinde kenarı a olan bir altıgenin köşelerinde q, 2q, 3q, 4q, 5q ve 6q merkezinde ise -q olan yükler şekildeki gibi yerleştiriliyor.

Buna göre merkezdeki yüke etki eden kuvvet nedir?

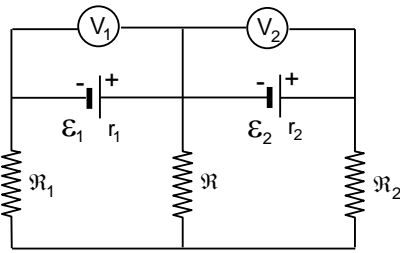
A)  $\frac{2q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

B)  $\frac{3q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

C)  $\frac{4q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

D)  $\frac{6q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

E)  $\frac{12q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$



17. E.m.k.'ları  $\epsilon_1=10$  V ve  $\epsilon_2=14$  V, iç dirençleri  $r_1=1$   $\Omega$  ve  $r_2=2$   $\Omega$  olan iki üreteç, dirençleri  $R_1=4$   $\Omega$ ,  $R_2=2$   $\Omega$  ve  $R$  olan üç rezistans ile  $V_1$  ve  $V_2$  ideal voltmetrelerden şekildeki gibi oluşan devrede voltmetreler aynı değer göstermektedir.

Buna göre  $R$  direnci kaç  $\Omega$  dur?

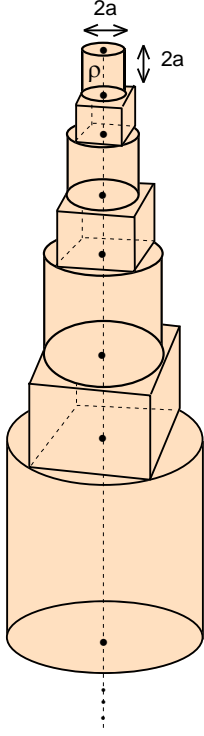
A)  $\frac{5}{2}$

B)  $\frac{10}{7}$

C) 0

D)  $\frac{7}{2}$

E)  $\frac{5}{3}$



18. Özdirenci  $\rho$  olan bir maddeden, çapları yükseklikleri eşit olan silindirler ve küpler yapılmaktadır. En küçük silindirin çapı  $2a$ , yüksekliği  $2a$  dır. En küçük küp ise en küçük silindirin tabanına yerleştirilen en büyük tabana sahiptir. En küçük küpün altına bir sonraki en küçük tabanlı silindir, bu silindirin üzerine bir sonraki en küçük tabanlı küp ve bu işlem sonsuza devam edecek şekilde devam etmektedir.

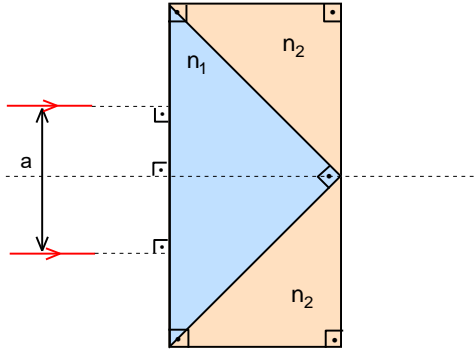
Bu cisimlerin üst üste şekildeki gibi konulduğunda oluşan sistemin elektriksel direnci nedir?

- A)  $\frac{\rho(2+\pi)(2+\sqrt{2})}{2\pi a}$       B)  $\frac{\rho(4+\pi)(2+\sqrt{2})}{2\pi a}$       C)  $\frac{\rho(2+\pi)(2+2\sqrt{2})}{2\pi a}$   
 D)  $\frac{\rho(2+\pi)(1+\sqrt{2})}{2\pi a}$       E)  $\frac{\rho(4+\pi)(2+2\sqrt{2})}{2\pi a}$

19. Kütlesi  $m$  ve yükü  $q$  olan yüklü bir parçacık sabit ve homojen  $\vec{B} = B_0 \vec{k}$  manyetik alanı içerisine  $\vec{v}_1 = \sqrt{3}v_0 \vec{i} + v_0 \vec{j}$  hızı ile giriş yapmakta ve  $\vec{v}_2 = -\sqrt{3}v_0 \vec{i} + v_0 \vec{j}$  hızı ile manyetik alanı terk etmektedir.

Parçacığın manyetik alana girdiği ile manyetik alanından çıktığı noktalar arasındaki uzaklık nedir?

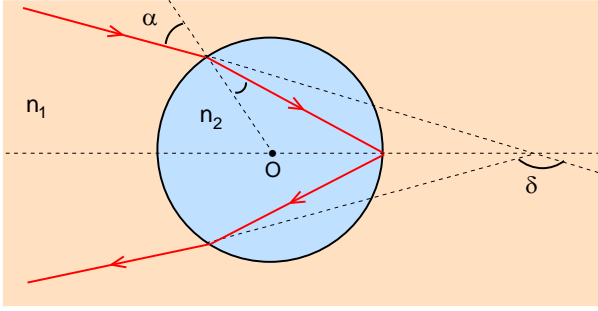
- A)  $\frac{mv_0 \sqrt{3}}{qB_0}$       B)  $\frac{2mv_0 \sqrt{3}}{qB_0}$       C)  $\frac{mv_0 \sqrt{3}}{2qB_0}$       D)  $\frac{3mv_0}{2qB_0}$       E)  $\frac{3mv_0}{qB_0}$



20. Hava ortamında kırıcılık indisi  $n_1 = \sqrt{5}$  olan ikizkenar dik üçgen şeklindeki bir prizma ile kırıcılık indisi  $n_2$  olan ikizkenar dik üçgen şeklindeki iki prizma şekildeki gibi paralel plakalı bir optik sistem oluşturmaktadır. Optik sistemin ortasından geçen bir eksene göre birbirinden  $a$  uzaklıkta bulunan iki ışın eksene göre simetrik olacak şekilde paralel plakaya düşmektedir. İki ışının optik sistemi diğer yüzeyden terk ettikleri noktalar arasındaki uzaklık  $\frac{2a}{3}$  oluyor.

Buna göre ise çıkan ışınlar arasındaki açı kaç derecedir?

- A)  $2 \arcsin \sqrt{5}$       B)  $2 \arcsin \frac{\sqrt{5}}{2}$       C)  $2 \arcsin \frac{\sqrt{5}}{3}$       D)  $2 \arcsin \frac{\sqrt{5}}{5}$       E)  $2 \arcsin \frac{\sqrt{5}}{4}$



21. Kırıcılık indisi  $n_1$  olan ortamda O merkezli ve kırıcılık indisi  $n_2$  olan maddeden yapılmış bir küre bulunmaktadır. O merkezinden geçen bir yarıçapa göre  $\alpha$  açısı ile gelen bir ışın küre içinde kırılarak ve kürenin arka yüzeyinden şekildeki gibi yansıyor ve tekrar kırılarak küreden çıkmaktadır.

Buna göre ışının geliş ve çıkış doğrultuları arasındaki sapma açısı  $\delta$  nedir?

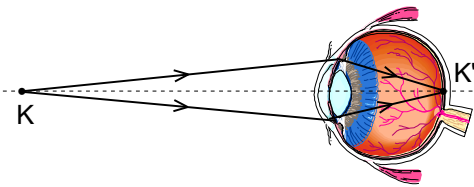
- A)  $\pi + \alpha$       B)  $\pi + \alpha + \arctan \frac{n_1}{n_2}$       C)  $\pi + 2\alpha - 4 \arcsin \left( \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha \right)$       D)  $\pi + 2\alpha + 4 \arctan \frac{n_1}{n_2}$       E)  $\pi + 2\alpha + \arctan \frac{n_1}{n_2}$

22. Odak uzaklığı f olan ince kenarlı bir merceğin sol tarafında ve mercekten x kadar uzaklıkta yüksekliği h olan bir cisim merceğin optik ekseninde bulunuyor. Merceğin sağ tarafında ve mercekten 2x kadar uzaklıkta yüksekliği 2h olan ikinci bir cisim konuluyor.

Sağdaki cismin görüntüsünün yüksekliği soldaki cismin görüntüsünün yüksekliğine oranı k ise aşağıdaki ifadelerden kaç tanesi doğrudur?

- I. Eğer  $f < x$  ve  $k = \frac{1}{3}$  ise  $x = \frac{5f}{4}$  tür.  
II. Eğer  $f < x$  ve  $k = \frac{3}{4}$  ise  $x = \frac{5f}{2}$  tür.  
III. Eğer  $x < f < 2x$  ve  $k = 4$  ise  $x = \frac{3f}{5}$  tür.  
IV. Eğer  $x < f < 2x$  ve  $k = 3$  ise  $x = \frac{2f}{3}$  tür.  
V. Eğer  $x < f < 2x$  ve  $k = \frac{1}{2}$  ise  $x = \frac{3f}{4}$  tür.  
VI. Eğer  $f > 2x$  ve  $k = 3$  ise  $x = \frac{2f}{5}$  tür.  
VII. Eğer  $f > 2x$  ve  $k = 4$  ise  $x = \frac{2f}{3}$  tür.

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



23. Göz kasları göz merceğinin eğriliğini değiştirerek uzak ya da yakındaki cisimlerin (K cismi) görüntülerinin retina (K' görüntüsü) üzerine düşmesini sağlar. Göz merceğinin cismin görüntüsünü odaklayabildiği minimum bir mesafe vardır ve bu mesafe kişiye ve yaşa göre değişir. Kişi yaşlandıkça göz merceği esnekliğini kaybettiğinden odaklama sorunu yaşar ve bu nedenle bir gözlük yardımı ile görüntünün retina üzerine düşmesini sağlar. Gençliğinde gözünün odaklayabildiği minimum mesafe 20 cm iken yaşlandığında 60 cm oluyor.

Bu kişinin kullanılması gereken merceğin cinsi ve odak uzaklığı kaç m dir? (Göz merceği ile retina arasındaki uzaklık 2 cm olduğunu ve mercek ile göz arasındaki mesafe ihmal edildiğini kabul ediniz.)

- A) Yakınsak, 05 m      B) Yakınsak, 0,4 m      C) Yakınsak, 0,3 m  
D) İraksak, 0,3 m      E) İraksak, 0,5 m

24. Bir fotoğrafçı  $r=100$  m uzaklıktaki ve gücü  $P=80$  W olan bir lambanın fotoğrafını çekiyor. Lamba enerjisinin  $\eta=2,5\%$  kısmını dalga boyu  $\lambda=660$  nm foton olarak yaymaktadır. Fotoğraf makinesinin objektifi  $t=0,075$  s süreyle açık kaldığında  $N_{ob}=2 \cdot 10^9$  sayıda foton geçmektedir.

**Buna göre objektifin çapı kaç cm dir?** (Planck sabiti  $h=1,05 \cdot 10^{-34}$  J/s, ışık hızı  $c=3 \cdot 10^8$  m/s olarak veriliyor.)

- A) 1,2                      B) 1,4                      C) 1,8                      D) 2,5                      E) 3

25. Rydberg sabiti;

$$R_{\infty} = \frac{me^4}{64\pi^3 \epsilon_0^2 \hbar^3 c}; \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

elektronların atomdaki enerji seviyelerini belirlemede kullanılan bir sabittir. Burada  $m$  elektronun kütlesi,  $e$  elektronun yükü,  $c$  ışık hızı,  $\epsilon_0$  vakumun dielektrik geçirgenlik katsayısı,  $\hbar$  Planck sabiti ve  $h$  ışık hızıdır.

**Buna göre Rydberg sabitinin birimi nedir?**

- A)  $m^{-1}$                       B) J.s                      C)  $m^{-1} s^{-1}$                       D) J.m                      E) J



XXIV. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI ÇÖZÜMLERİ-2016

1. D)

2. B)

3. A)

4. B)

5. C)

6. A)

7. B)

8. E)

9. E)

10. A)

11. E)

12. B)

13. A)

14. D)

15. B)

16. D)

17. E)

18. B)

19. B)

20. E)

21. C)

22. B)

23. C)

24. D)

25. A)

**XXIV. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI ÇÖZÜMLERİ-2016**

1. İlk hız  $v_0 = 5 \text{ m/s}$  dir. Cismin ivmesi;

$$a = \frac{100 - 5}{9} = 10,55 \text{ m/s}^2 \approx 11 \text{ m/s}^2$$

olarak bulunur.

2. H yüksekliğinde eğik arılan cismin çarpışmaya kadar yatay yönde aldığı yol için

$$x = v_0 t \cos \theta$$

düşey koordinatı için

$$y = H - v_0 t \sin \theta - \frac{gt^2}{2}$$

yeryüzünden atılan cismin yatay yönde aldığı yol için

$$\ell - x = v_0 t \cos \alpha$$

düşey koordinatı için

$$y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

yeryüzünden fırlatılan cismin menzili için

$$\ell = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

yazabiliriz. İki cismin çarpıştıkları nokta için

$$H - v_0 t \sin \theta - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}; \ell = v_0 t \cos \theta + v_0 t \cos \alpha$$

olur. Buradan iki cismin hareket süresi

$$t = \frac{H}{v_0 (\sin \theta + \sin \alpha)} = \frac{\ell}{v_0 (\cos \theta + \cos \alpha)}$$

iki cismin çarpıştıkları noktanın yatay koordinatı

$$x = \frac{H \cos \theta}{\sin \theta + \sin \alpha}$$

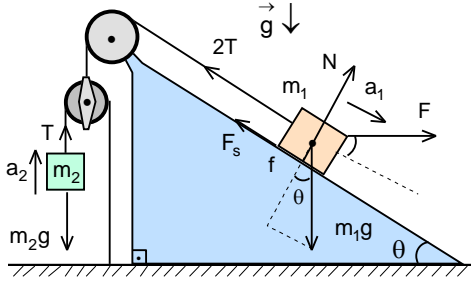
düşey koordinatı

$$\begin{aligned} y &= \frac{H \sin \alpha}{\sin \theta + \sin \alpha} - \frac{g}{2} \left[ \frac{H}{v_0 (\sin \theta + \sin \alpha)} \right]^2 = \frac{H \sin \alpha}{\sin \theta + \sin \alpha} - \frac{g}{2} \frac{H}{v_0 (\sin \theta + \sin \alpha)} \frac{\ell}{v_0 (\cos \theta + \cos \alpha)} = \\ &= \frac{g}{2} \frac{H}{v_0 (\sin \theta + \sin \alpha)} \frac{1}{v_0 (\cos \theta + \cos \alpha)} \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \\ &= \frac{H \sin \alpha}{\sin \theta + \sin \alpha} - \frac{H \sin \alpha \cos \alpha}{(\sin \theta + \sin \alpha)(\cos \theta + \cos \alpha)} = \frac{H \sin \alpha}{\sin \theta + \sin \alpha} \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\cos \theta + \cos \alpha} \right) = \frac{H \sin \alpha}{\sin \theta + \sin \alpha} \frac{\cos \theta}{\cos \theta + \cos \alpha} \end{aligned}$$

aranan oran;

$$\frac{y}{x} = \frac{\sin \alpha}{\cos \theta + \cos \alpha}$$

olarak bulunur.



3. Uygulanan kuvvetin eğik düzleme dik olan bileşen;

$$F_{\perp} = 3mg \sin 30^{\circ} = \frac{3mg}{2}$$

paralel olan bileşen;

$$F_{\parallel} = 3mg \cos 30^{\circ} = \frac{3mg\sqrt{3}}{2}$$

olur. Basit makinelerle iş kazanılmaz. Bu durumda ivmeler arasındaki bağıntı;

$$2T \cdot x_1 = T \cdot x_2 ; 2x_1 = x_2 ; 2a_1 = a_2$$

olur. Her cismin hareket denklemleri için;

$$m_1 g \sin \theta + F_{\parallel} - 2T - F_s = m_1 a_1 ; m_1 g \cos \theta = N + F_{\perp}$$

$$T - m_2 g = m_2 a_2$$

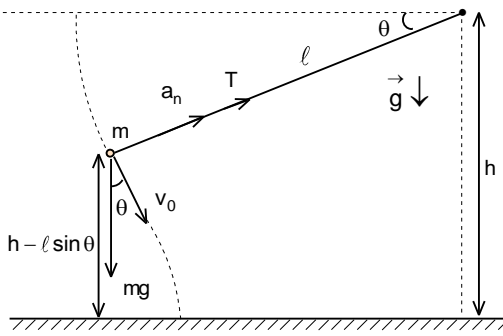
yazabiliriz. Buradan;

$$2mg \cdot \frac{1}{2} + \frac{3mg\sqrt{3}}{2} - 2T - \frac{1}{2} \left( \frac{2mg\sqrt{3}}{2} - \frac{3mg}{2} \right) = 2m \cdot \frac{a_2}{2}$$

$$T - \frac{mg}{2} = \frac{ma_2}{2} ; 2T - mg = ma_2$$

$$mg\sqrt{3} + \frac{3mg}{4} = 2ma_2 ; a_2 = \frac{(3 + 4\sqrt{3})g}{8}$$

olarak bulunur.



4. Sarkacın kazandığı hız enerji korunumu yasasından ve şeklin geometrisinden;

$$mg l \sin \theta = \frac{mv_0^2}{2}$$

dinamik yasasından;

$$T - mg \sin \theta = \frac{mv^2}{l} ; mg - mg \sin \theta = 2mg \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{1}{3} ; \cos \theta = \frac{2\sqrt{2}}{3} ; v_0 = \sqrt{\frac{2gl}{3}}$$

yazabiliriz. İpin koptuğu anda cismin bulunduğu yükseklik;

$$H = h - l \sin \theta = \frac{l}{2} - \frac{l}{3} = \frac{l}{6}$$

cismin ipin asılma noktasından bulunduğu yatay uzaklık;

$$x_1 = l \cos \theta = \frac{2l\sqrt{2}}{3}$$

sarkacın hızın yatay bileşeni;

$$v_{0x} = v_0 \sin \theta = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2gl}{3}}$$

hızın düşey bileşeni;

$$v_{0y} = v_0 \cos \theta = \frac{2\sqrt{2}}{3} \sqrt{\frac{2gl}{3}}$$

olur. Sarkacın hareket süresi;

$$y = H - v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} = 0 ; t^2 + 8 \sqrt{\frac{l}{27g}} - \frac{l}{3g} = 0 ; t = \sqrt{\frac{l}{27g}}$$

bu süre içinde sarkacın yatay yönde aldığı yol;

$$x_2 = v_{0x} \sin \theta \cdot t = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2gl}{3}} \sqrt{\frac{l}{27g}} = \frac{l\sqrt{2}}{27}$$

aranan uzaklık;

$$x = x_1 - x_2 = \frac{2l\sqrt{2}}{3} - \frac{l\sqrt{2}}{27} = \frac{17\sqrt{2}}{27}$$

olarak bulunur.

5. Esne çarpışmada momentum ve enerjinin korunumu yasalarından;

$$2mv_0 = mv_1 + 2mv_3; 2v_0 = v_1 + 2v_3$$

$$\frac{2mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{2mv_3^2}{2}; 2v_0^2 = v_1^2 + 2v_3^2$$

yazabiliriz. Buradan;

$$v_1 = \frac{4v_0}{3}; v_3 = \frac{2v_0}{3}$$

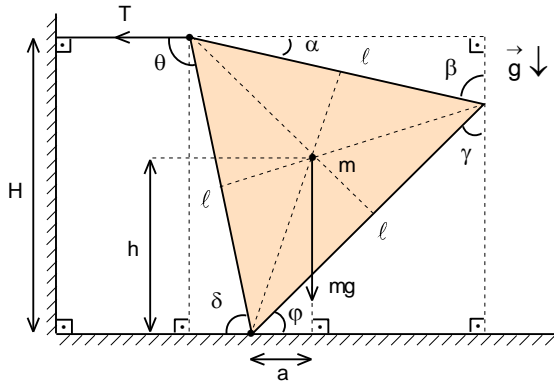
olarak bulunur. Bundan sonra m kütleli cisim yayı sıkıştırıp diğer cismi de harekete geçirmektedir. Yay maksimum sıkıştığında sistemin hızı;

$$mv_1 = 2mv; v = \frac{v_1}{2} = \frac{2v_0}{3}$$

hızı ile hareket etmektedir. Bu durumda yaydaki maksimum sıkışma miktarı;

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}; x = v_1 \sqrt{\frac{m}{2k}} = \frac{4v_0}{3} \sqrt{\frac{m}{2k}} = \frac{4 \cdot 10}{3} \sqrt{\frac{2}{2 \cdot 1600}} = \frac{1}{3} \text{ m}$$

olarak bulunur.



6. Şeklin geometrisinden üçgenin kütle merkezinin yüksekliği;

$$h = \frac{2}{3} \frac{l\sqrt{3}}{2} \sin(\varphi + 30^\circ) = \frac{l\sqrt{3}}{3} \sin(120^\circ - \gamma) = \frac{l\sqrt{3}}{3} \sin\beta = \frac{l\sqrt{3}}{3} \cos\alpha = \frac{l\sqrt{3}}{3} \cos(120^\circ - \theta)$$

üçgenin potansiyel enerjisi;

$$E_p = mgh = \frac{mg l \sqrt{3}}{3} \cos(120^\circ - \theta)$$

ipin üçgen levhaya tutturulduğu yükseklik;

$$H = l \sin\delta = l \sin(180^\circ - \theta) = l \sin\theta$$

menteşeden ağırlık merkezinin bulunduğu düşey doğru arasındaki uzaklık;

$$a = \frac{2}{3} \frac{l\sqrt{3}}{2} \cos(30^\circ + \varphi) = \frac{l\sqrt{3}}{3} \sin(\theta - 30^\circ)$$

ipteki gerilme kuvveti

$$TH = mga; T \ell \sin\theta = mg \frac{l\sqrt{3}}{3} \sin(\theta - 30^\circ)$$

$$T = \frac{mg\sqrt{3} \sin(\theta - 30^\circ)}{3 \sin\theta} = \frac{mg\sqrt{3}(\sqrt{3} - \cot\theta)}{6} = \frac{mg(3 - \cot 60^\circ \cot\theta)}{6}$$

olarak bulunur.

7. Birinci durumda birinci yayın uzaması  $\frac{x_1}{N}$ , ikinci yayın uzaması  $\frac{2x_1}{N}$ , n.ci yayın uzaması  $\frac{nx_1}{N}$  şeklinde yazılabilir.

Yaylardan kaynaklanan tork;

$$M = k_0 \cdot \frac{x_1}{N} \cdot d + \frac{k_0}{2} \cdot \frac{2x_1}{N} \cdot 2d + \frac{k_0}{3} \cdot \frac{3x_1}{N} \cdot 3d + \dots + \frac{k_0}{N} \cdot x_1 \cdot Nd = \frac{k_0 x_1 d (1+2+3+\dots+N)}{N} = \frac{k_0 x_1 d N(N+1)}{2} = \frac{k_0 x_1 d (N+1)}{2} = \frac{0,98 k_0 x_2 d (N+1)}{2}$$

olur. İkinci durumda birinci yayın uzaması  $\frac{x_2}{2N}$ , ikinci yayın uzaması  $\frac{2x_2}{2N}$ , n.ci yayın uzaması  $\frac{nx_2}{2N}$  şeklinde yazılabilir.

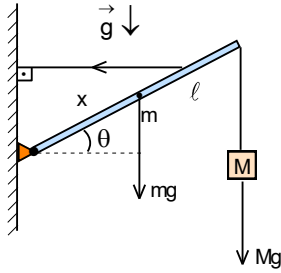
Yaylardan kaynaklanan tork;

$$M = k_0 \cdot \frac{x_2}{2N} \cdot \frac{d}{2} + \frac{k_0}{2} \cdot \frac{2x_2}{2N} \cdot 2 \cdot \frac{d}{2} + \frac{k_0}{3} \cdot \frac{3x_2}{2N} \cdot 3 \cdot \frac{d}{2} + \dots + \frac{k_0}{2N} \cdot x_2 \cdot 2N \cdot \frac{d}{2} = \frac{k_0 x_2 d (1+2+3+\dots+2N)}{2N} = \frac{k_0 x_2 d 2N(2N+1)}{4N} = \frac{k_0 x_2 d (2N+1)}{4}$$

olur. Buradan yayların sayısı

$$\frac{0,98 k_0 x_2 d (N+1)}{2} = \frac{k_0 x_2 d (2N+1)}{4}; N=24$$

olarak bulunur.



8. Menteşeye göre tork denkleminde yatay ipteki gerilme kuvveti;

$$T \cdot x \sin \theta = mg \cdot \frac{\ell \cos \theta}{2} + Mg \ell \cos \theta; T = \frac{(m+2M) \ell g \cot \theta}{2x}$$

olur. Menteşeye etki eden yatay kuvvet;

$$F_x = T$$

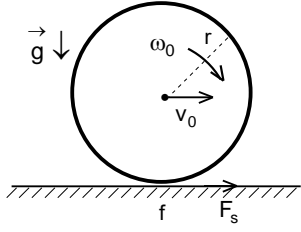
menteşeye etki eden düşey kuvvet;

$$F_y = mg + Mg$$

ile verilir. Verilen şarttan arana uzaklık;

$$\frac{(m+2M) \ell g \cot \theta}{2x} = (m+M)g; x = \frac{(m+2M) \ell \cot \theta}{2(m+M)}$$

olarak bulunur.



9. Silindir ilk olarak patinaj yapmaktadır. Sürtünme kuvveti hareket yönünde etki etmektedir. Silindirin çizgisel hızı sürekli artmakta, açısal hız ise azalmaktadır. Silindirin hareketi için;

$$F_s = ma; F_s = fN; N = mg; a = fg$$

$$J_0 \alpha = F_s r = fmg r; J_0 = \frac{mr^2}{2}; \alpha = \frac{a}{r}$$

yazabiliriz. Buradan;

$$v = v_0 + fgt; \omega = \omega_0 - \alpha t$$

yazabiliriz. Silindirin hızı;

$$v = \omega r$$

olduğunda patinaj biter ve küre sadece yuvarlanmaya devam eder.

$$v = fgt_0 = \left( \omega_0 - \frac{2fgt_0}{r} \right) r$$

Silindirin kaymadan yuvarlanma hareketi yapmaya başlaması için gereken süre;

$$t_0 = \frac{\omega_0 r}{3fg}$$

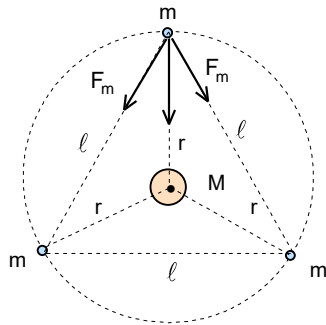
silindirin bu süre içinde aldığı yol;

$$x = v_0 t_0 - \frac{at_0^2}{2} = \frac{\omega_0^2 r^2}{18fg}$$

silindirin son açısal hızı ve son hızı;

$$\omega = \frac{\omega_0}{3}; v = \frac{\omega_0 r}{3}$$

olarak bulunur.



10. Merkezci kuvvet ve hız;

$$\frac{\gamma Mm}{r^2} = \frac{mv_1^2}{r} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}}$$

olarak yazılabilir. Buradan birinci durumundaki dolanım periyodu;

$$T_1 = \frac{2\pi r}{v_1} = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{\gamma M}}$$

olarak bulunur. İkinci durumda üç tane m kütleli uydu eşkenar bir üçgenin köşelerinde kalarak hareket etmelidirler. m kütleli uydular arasındaki uzaklık;

$$l = 2r \cos 30^\circ = r\sqrt{3}$$

uydular arasındaki kuvvet;

$$F_m = \frac{\gamma m^2}{l^2} = \frac{\gamma m^2}{3r^2}$$

herhangi bir uyduya etki eden net kuvvet;

$$F_{net} = F_M + 2F_m \cos 30^\circ = \frac{\gamma Mm}{r^2} + \frac{\gamma m^2 \sqrt{3}}{3r^2}$$

uyduların hızı;

$$F_{net} = \frac{\gamma Mm}{r^2} + \frac{\gamma m^2 \sqrt{3}}{3r^2} = \frac{mv_2^2}{r} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{\gamma(3M + m\sqrt{3})}{3r}}$$

ikinci durumundaki dolanım periyodu;

$$T_2 = \frac{2\pi r}{v_2} = \sqrt{\frac{3.4\pi^2 r^3}{\gamma(3M + m\sqrt{3})}}$$

olur. Verilen oranından;

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{3M + m\sqrt{3}}{3M}} \Rightarrow \frac{4}{3} = 1 + \frac{m\sqrt{3}}{3M}; \frac{M}{m} = \sqrt{3}$$

olarak bulunur.

11. K noktasında bulunan m kütleli cisme Aydan kaynaklanan kuvvet;

$$F_{KA} = \frac{\gamma M_A m}{(r - R_D)^2} = \frac{\gamma M_A m}{r^2 \left(1 - \frac{R_D}{r}\right)^2} = \frac{\gamma M_A m}{r^2} \left(1 - \frac{R_D}{r}\right)^{-2} \approx \frac{\gamma M_A m}{r^2} \left(1 + \frac{2R_D}{r} + \frac{3R_D^2}{r^2} + \frac{4R_D^3}{r^3}\right)$$

L noktasında bulunan m kütleli cisme Aydan kaynaklanan kuvvet;

$$F_{KA} = \frac{\gamma M_A m}{(r + R_D)^2} = \frac{\gamma M_A m}{r^2 \left(1 + \frac{R_D}{r}\right)^2} = \frac{\gamma M_A m}{r^2} \left(1 + \frac{R_D}{r}\right)^{-2} \approx \frac{\gamma M_A m}{r^2} \left(1 - \frac{2R_D}{r} + \frac{3R_D^2}{r^2} - \frac{4R_D^3}{r^3}\right)$$

aranan fark;

$$\Delta F_A = F_{KA} - F_{LA} = \frac{4\gamma M_A m R_D}{r^3} \left(1 + \frac{2R_D^2}{r^2}\right)$$

olarak bulunur. Burada küçük yaklaşımlardaki daha yüksek mertebeleri de hesaba kattık.

$$(1+x)^n = 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2!}x^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}x^3 + \dots$$

$$n = -2$$

$$\left(1 - \frac{R_D}{r}\right)^{-2} = 1 + (-2)\left(-\frac{R_D}{r}\right) + \frac{(-2)(-2-1)}{2!}\left(-\frac{R_D}{r}\right)^2 + \frac{(-2)(-2-1)(-2-2)}{3!}\left(-\frac{R_D}{r}\right)^3 = 1 + \frac{2R_D}{r} + \frac{3R_D^2}{r^2} + \frac{4R_D^3}{r^3}$$

$$\left(1 + \frac{R_D}{r}\right)^{-2} = 1 + (-2)\left(\frac{R_D}{r}\right) + \frac{(-2)(-2-1)}{2!}\left(\frac{R_D}{r}\right)^2 + \frac{(-2)(-2-1)(-2-2)}{3!}\left(\frac{R_D}{r}\right)^3 = 1 - \frac{2R_D}{r} + \frac{3R_D^2}{r^2} - \frac{4R_D^3}{r^3}$$

12. Birinci durumda sol taraftaki piston etki eden kuvvet için;

$$\frac{P + (P + \rho g \cdot 2h)}{2} \cdot 2S = kx_1; x_1 = \ell - h$$

sağ taraftaki piston etki eden kuvvet için;

$$P_0 S + \frac{P_0 + (P_0 + 3\rho gh)}{2} \cdot S = kx_1$$

yazabiliriz. Buradan;

$$P_0 = P + \frac{\rho gh}{4}$$

elde edilir. İkinci durumda sol taraftaki piston etki eden kuvvet için;

$$\frac{29P}{2} + \left(\frac{29P}{2} + \rho g \cdot 2h\right) \cdot 2S = 3kx_2; x_2 = \ell - h - \frac{h}{3} = \ell - \frac{4h}{3}$$

sağ taraftaki piston etki eden kuvvet için;

$$P_{02} S_g + \frac{P_{02} + (P_{02} + 3\rho gH)}{2} \cdot S_{3p} = 3kx_2; h \cdot h = \left(h - \frac{h}{3}\right) H; H = \frac{3h}{2}; S_{3p} = \frac{3S}{2}; S_g = \frac{S}{2}$$

gaz için;

$$P_0 S h = P_{02} S_g \left(h - \frac{h}{3}\right); P_{02} = 3P_0$$

yazabiliriz. Buradan;

$$29P + 2\rho gh = 6P_0 + \frac{27\rho gh}{8}; 6P_0 + \frac{11\rho gh}{8} = 29P$$

$$6P_0 + \frac{11P_0}{2} - \frac{11P}{2} = 29P; P_0 = 3P; \rho gh = 8P$$

$$\frac{2P + 2\rho gh}{29P + 2\rho gh} = \frac{\ell - h}{3\left(\ell - \frac{4h}{3}\right)}; \frac{2p + 2.8P}{29P + 2.8P} = \frac{2}{5} = \frac{\ell - h}{3\ell - 4h}; \ell = 3h$$

olarak bulunur.

13. K sıvısının sıcaklık artış hızı;

$$\Delta t_K = \frac{30^\circ - 20^\circ}{2} = 5 \text{ }^\circ\text{C/dak}$$

L sıvısının sıcaklık artış hızı;

$$\Delta t_L = \frac{0^\circ - (-20^\circ)}{2} = 10 \text{ }^\circ\text{C/dak}$$

olur. İki sıvının sıcaklığının zamana göre değişimi;

$$t_K = 20^\circ + \Delta t_x \cdot t$$

$$t_L = -20^\circ + \Delta t_y \cdot t$$

şeklinde yazılabilir. İki cismin sıcaklıkları birbirine eşit olma şartından;

$$20^\circ + 5t = -20^\circ + 10t; t = 8 \text{ dk}$$

$$t_K = t_L = 20^\circ + 5 \cdot 8 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

olarak bulunur. Metal küre K sıvısının içerisine atıldığında sistemin ara sıcaklığı;

$$t_a = \frac{m_K c_K t_K + m_m c_m t_m}{m_K c_K + m_m c_m} = \frac{1.250 \cdot 60 + 0,5 \cdot 300 t_m}{1.250 + 0,5 \cdot 300} = \frac{15000 + 150 t_m}{400}$$

metal küre L sıvısının içerisine atıldığında sistemin son sıcaklığı;

$$t_s = \frac{m_L c_L t_L + m_m c_m t_a}{m_L c_L + m_m c_m}$$

$$t_m - 18,7^\circ = \frac{1.450 \cdot 60 + 0,5 \cdot 300 \left( \frac{15000 + 150 t_m}{400} \right)}{1.450 + 0,5 \cdot 300} = \frac{27000 + 150 \left( \frac{15000 + 150 t_m}{400} \right)}{600}$$

$$t_m - 18,7^\circ = 45 + \frac{1500 + 15 t_m}{160}; t_m - 18,7^\circ = 45 + \frac{1500 + 15 t_m}{160}; t_m = 80,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

olarak bulunur.

14. Kabin kesit alanı kare ve ilk olarak sıvı küp şeklinde olduğunu kabul edelim. Bu durumda sıvının yüksekliği;

$$h = \sqrt[3]{2V_0} = 1,259921 \cdot \sqrt[3]{V_0}$$

olur. Cisim sıvının içerisine atıldıktan sonra denge sıcaklığı;

$$T = \frac{(C + m_s c_s) T_s + m_c c_c T_c}{C + m_s c_s + m_c c_c} = \frac{(200 + 2.350) \cdot 255 + 2.50 \cdot 505}{200 + 2.350 + 2.50} = 280 \text{ K}$$

olur. Cismin son hacmi;

$$V_{sc} = V_0 - 3\lambda_c V_0 (T_c - T) = V_0 - 3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} V_0 (505 - 280) = 0,865 V_0$$

sıvının son hacmi;

$$V_{ss} = 2V_0 + \alpha \cdot 2V_0 (T - T_s) = 2V_0 + 2 \cdot 10^{-4} \cdot 2V_0 (280 - 255) = 2,01 V_0$$

toplam hacim;

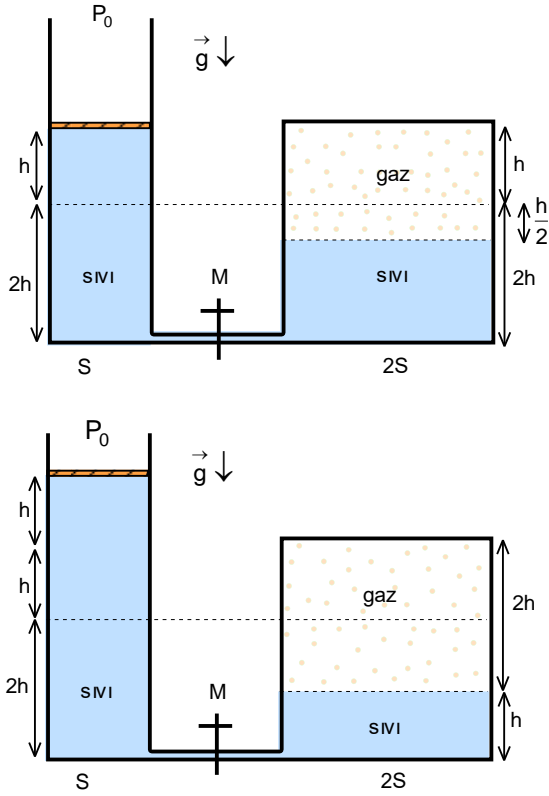
$$V_t = V_{sc} + V_{ss} = 0,1V_0 + 2,1V_0 = 2,875V_0$$

sıvının yüksekliği;

$$H = \frac{V_t}{S + 2S\lambda (T - T_s)} = \frac{2,875V_0}{(\sqrt[3]{2V_0})^2 [1 + 2 \cdot 6 \cdot 10^{-4} (280 - 255)]} = \frac{2,2\sqrt[3]{V_0}}{1,259921 \cdot 1,3} = 2,215 \sqrt[3]{V_0} = 2,215h$$

olarak bulunur.





15. Pistonun kütlesi  $m$ , sıvının özkütlesi  $\rho$ , gazın ilk basıncı  $P_1$ , gazın ilk sıcaklığı  $T_1$  olsun. Sol açık kabında sıvı  $h$  kadar yükselirse sol kapalı kaptaki sıvı seviyesi  $\frac{h}{2}$  kadar azalır. Bu durumda gazın basıncı;

$$P_1 \cdot 2Sh = P_2 \cdot 2S \cdot \frac{3h}{2}; P_2 = \frac{2P_1}{3} = P_0 + \frac{mg}{S} + \rho g \cdot \frac{3h}{2}$$

olur. Sıcaklık iki katına çıkarılırsa yeni basınç;

$$\frac{P_1 \cdot 2Sh}{T_1} = \frac{P_3 \cdot 2S \cdot 2h}{2T_1}; P_3 = P_1 = P_0 + \frac{mg}{S} + \rho g \cdot 2h$$

olur. Buradan;

$$\frac{2}{3} \left( P_0 + \frac{mg}{S} + 2\rho gh \right) = P_0 + \frac{mg}{S} + \rho g \cdot \frac{3h}{2}$$

$$P_0 + \frac{mg}{S} = \frac{3\rho gh}{2}; P_1 = P_3 = \frac{9\rho gh}{2}$$

elde edilir. Piston üzerinde  $m_1$  kütleli cisim konulursa;

$$P_0 + \frac{mg}{S} + \frac{m_1 g}{S} + \rho g \cdot \frac{3h}{2} = P_4$$

$$P_1 \cdot 2S \cdot 2h = P_4 \cdot 2S \cdot \frac{3h}{2}; P_4 = \frac{4P_1}{3}$$

$$\frac{3\rho gh}{2} + \frac{m_1 g}{S} + \frac{3\rho gh}{2} = \frac{4}{3} \cdot \frac{9\rho gh}{2}; \frac{m_1 g}{S} = 3\rho gh$$

yazabiliriz. Piston üzerinde ikinci  $m_2$  kütleli cisim konulursa;

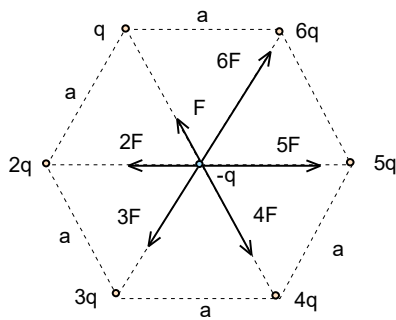
$$P_0 + \frac{mg}{S} + \frac{(m_1 + m_2)g}{S} + \rho g \cdot 2h = P_5$$

$$P_1 \cdot 2S \cdot 2h = P_5 \cdot 2Sh; P_5 = 2P_1; \frac{3\rho gh}{2} + \frac{(m_1 + m_2)g}{S} + \frac{3\rho gh}{2} = 2 \cdot \frac{9\rho gh}{2}; \frac{(m_1 + m_2)g}{S} = \frac{15\rho gh}{2}$$

yazabiliriz. Buradan;

$$\frac{m_1 + m_2}{m_1} = \frac{5}{2}; \frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{3}$$

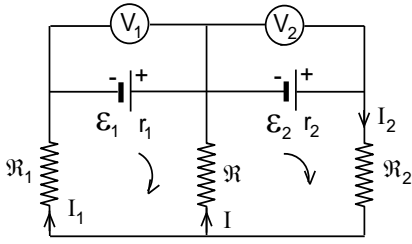
olarak bulunur.



16. Şeklin geometrisinden aranan kuvvet;

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}; F_{net} = 3F + 3F = 6F = \frac{6q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$

olarak bulunur.



17. Birinci Kirchoff yasası için;

$$I_2 = I + I_1$$

ikinci Kirchoff yasası için;

$$\mathcal{E}_1 = I_1 (\mathcal{R}_1 + r_1) - I\mathcal{R}; 10 = 5I_1 - I\mathcal{R}$$

$$\mathcal{E}_2 = I_2 (\mathcal{R}_2 + r_2) + I\mathcal{R}; 14 = 4I_2 + I\mathcal{R}$$

voltmetrelerin gösterdikleri değerler için;

$$U_1 = U_2 = \mathcal{E}_1 - I_1 r_1 = \mathcal{E}_2 - I_2 r_2; 10 - I_1 = 14 - 2I_2; 4 = 2I_2 - I_1$$

yazabiliriz. Buradan

$$24 = 5I_1 + 4I_2$$

$$20 = -5I_1 + 10I_2$$

$$I_2 = \frac{22}{7} \text{ A}; I_1 = \frac{16}{7} \text{ A}; I = \frac{6}{7} \text{ A}$$

$$10 = 5 \cdot \frac{16}{7} - \frac{6}{7} \cdot \mathcal{R}; \mathcal{R} = \frac{5}{3} \Omega$$

olarak bulunur.

18. İlk küpün kenar uzunluğu  $2a$  olduğuna göre ikinci silindirin taban yarıçapı;

$$2r_2 = \sqrt{a_{1k}^2 + a_{1k}^2} = \sqrt{(2a)^2 + (2a)^2} = 2a\sqrt{2} \Rightarrow r_2 = a\sqrt{2}$$

ikinci küpün kenar uzunluğu;

$$a_2 = 2r_2 = 2a\sqrt{2}$$

üçüncü silindirin taban yarıçapı;

$$2r_3 = \sqrt{a_{2k}^2 + a_{2k}^2} = \sqrt{(2a\sqrt{2})^2 + (2a\sqrt{2})^2} = 2a\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = 4a \Rightarrow r_3 = 2a$$

üçüncü küpün kenar uzunluğu;

$$a_3 = 2r_3 = 4a$$

dördüncü silindirin taban yarıçapı;

$$2r_4 = \sqrt{a_{3k}^2 + a_{3k}^2} = \sqrt{(4a)^2 + (4a)^2} = 4a\sqrt{2} \Rightarrow r_4 = 2a\sqrt{2}$$

dördüncü küpün kenar uzunluğu

$$a_4 = 2r_4 = 4a\sqrt{2}$$

beşinci silindirin taban yarıçapı

$$2r_5 = \sqrt{a_{4k}^2 + a_{4k}^2} = \sqrt{(4a\sqrt{2})^2 + (4a\sqrt{2})^2} = 4a\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = 8a \Rightarrow r_5 = 4a$$

beşinci küpün kenar uzunluğu;

$$a_5 = 2r_5 = 8a$$

altıncı silindirin taban yarıçapı

$$2r_6 = \sqrt{a_{5k}^2 + a_{5k}^2} = \sqrt{(8a)^2 + (8a)^2} = 8a\sqrt{2} \Rightarrow r_6 = 4a\sqrt{2}$$

altıncı küpün kenar uzunluğu;

$$a_6 = 2r_6 = 8a\sqrt{2}$$

yedinci silindirin taban yarıçapı

$$2r_7 = \sqrt{a_{6k}^2 + a_{6k}^2} = \sqrt{(8a\sqrt{2})^2 + (8a\sqrt{2})^2} = 8a\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = 16a \Rightarrow r_7 = 8a$$

olarak bulunur. Görüldüğü gibi silindirlerin taban yarıçapları;

$$r_1 = a; r_3 = 2a; r_5 = 4a, r_7 = 8a \dots \dots$$

$$r_2 = a\sqrt{2}; r_4 = 2a\sqrt{2}; r_6 = 4a\sqrt{2} \dots \dots$$

küpelerin kenarları;

$$a_1 = 2a; a_3 = 4a; a_5 = 8a \dots \dots \dots$$

$$a_2 = 2a\sqrt{2}; a_4 = 4a\sqrt{2}; a_6 = 8a\sqrt{2} \dots \dots \dots$$

olarak yazılabilir. Birinci, üçüncü, beşinci, yedinci, dokuzuncu, onbirinci silindirlerin dirençleri;

$$\mathcal{R}_{1s} = \frac{\rho h_1}{\pi r_1^2} = \frac{\rho \cdot 2r_1}{\pi r_1^2} = \frac{2\rho}{\pi r_1} = \frac{2\rho}{\pi a}$$

$$\mathcal{R}_{3s} = \frac{\rho h_3}{\pi r_3^2} = \frac{\rho \cdot 2r_3}{\pi r_3^2} = \frac{2\rho}{\pi r_3} = \frac{\rho}{\pi a}$$

$$\mathcal{R}_{5s} = \frac{\rho h_5}{\pi r_5^2} = \frac{\rho \cdot 2r_5}{\pi r_5^2} = \frac{2\rho}{\pi r_5} = \frac{2\rho}{2\pi a}$$

$$\mathcal{R}_{7s} = \frac{\rho h_7}{\pi r_7^2} = \frac{\rho \cdot 2r_7}{\pi r_7^2} = \frac{2\rho}{\pi r_7} = \frac{2\rho}{2^2 \pi a}$$

$$\mathcal{R}_{9s} = \frac{\rho h_9}{\pi r_9^2} = \frac{\rho \cdot 2r_9}{\pi r_9^2} = \frac{2\rho}{\pi r_9} = \frac{2\rho}{2^3 \pi a}$$

$$\mathcal{R}_{11s} = \frac{\rho h_{11}}{\pi r_{11}^2} = \frac{\rho \cdot 2r_{11}}{\pi r_{11}^2} = \frac{2\rho}{\pi r_{11}} = \frac{2\rho}{2^4 \pi a}$$

olarak bulunur. İkinci, dördüncü, altıncı, sekizinci, onuncu, onikinci silindirin dirençleri;

$$\mathfrak{R}_{2s} = \frac{\rho h_2}{\pi r_2^2} = \frac{\rho \cdot 2r_2}{\pi r_2^2} = \frac{2\rho}{\pi r_2} = \frac{\rho\sqrt{2}}{\pi a}$$

$$\mathfrak{R}_{4s} = \frac{\rho h_4}{\pi r_4^2} = \frac{\rho \cdot 2r_4}{\pi r_4^2} = \frac{2\rho}{\pi r_4} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2\pi a}$$

$$\mathfrak{R}_{6s} = \frac{\rho h_6}{\pi r_6^2} = \frac{\rho \cdot 2r_6}{\pi r_6^2} = \frac{2\rho}{\pi r_6} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2^2\pi a}$$

$$\mathfrak{R}_{8s} = \frac{\rho h_8}{\pi r_8^2} = \frac{\rho \cdot 2r_8}{\pi r_8^2} = \frac{2\rho}{\pi r_8} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2^3\pi a}$$

$$\mathfrak{R}_{10s} = \frac{\rho h_{10}}{\pi r_{10}^2} = \frac{\rho \cdot 2r_{10}}{\pi r_{10}^2} = \frac{2\rho}{\pi r_{10}} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2^4\pi a}$$

$$\mathfrak{R}_{12s} = \frac{\rho h_{12}}{\pi r_{12}^2} = \frac{\rho \cdot 2r_{12}}{\pi r_{12}^2} = \frac{2\rho}{\pi r_{12}} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2^5\pi a}$$

olarak bulunur. Birinci, üçüncü, beşinci, yedinci, dokuzuncu, onbirinci küplerin dirençleri;

$$\mathfrak{R}_{1k} = \frac{\rho a_1}{\pi a_1^2} = \frac{\rho}{a_1} = \frac{\rho}{2a}$$

$$\mathfrak{R}_{3k} = \frac{\rho a_3}{\pi a_3^2} = \frac{\rho}{a_3} = \frac{\rho}{2 \cdot 2a}$$

$$\mathfrak{R}_{5k} = \frac{\rho a_5}{\pi a_5^2} = \frac{\rho}{a_5} = \frac{\rho}{2^2 \cdot 2a}$$

$$\mathfrak{R}_{7k} = \frac{\rho a_7}{\pi a_7^2} = \frac{\rho}{a_7} = \frac{\rho}{2^3 \cdot 2a}$$

$$\mathfrak{R}_{9k} = \frac{\rho a_9}{\pi a_9^2} = \frac{\rho}{a_9} = \frac{\rho}{2^4 \cdot 2a}$$

$$\mathfrak{R}_{11k} = \frac{\rho a_{11}}{\pi a_{11}^2} = \frac{\rho}{a_{11}} = \frac{\rho}{2^5 \cdot 2a}$$

olarak bulunur. İkinci, dördüncü, altıncı, sekizinci, onuncu küplerin dirençleri;

$$\mathfrak{R}_{2k} = \frac{\rho a_2}{\pi a_2^2} = \frac{\rho}{a_2} = \frac{\rho}{2a\sqrt{2}} = \frac{\rho\sqrt{2}}{4a}$$

$$\mathfrak{R}_{4k} = \frac{\rho a_4}{\pi a_4^2} = \frac{\rho}{a_4} = \frac{\rho}{4a\sqrt{2}} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2 \cdot 4a}$$

$$\mathfrak{R}_{6k} = \frac{\rho a_6}{\pi a_6^2} = \frac{\rho}{a_6} = \frac{\rho}{8a\sqrt{2}} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2^2 \cdot 4a}$$

$$\mathfrak{R}_{8k} = \frac{\rho a_8}{\pi a_8^2} = \frac{\rho}{a_8} = \frac{\rho}{16a\sqrt{2}} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2^3 \cdot 4a}$$

$$\mathfrak{R}_{10k} = \frac{\rho a_{10}}{\pi a_{10}^2} = \frac{\rho}{a_{10}} = \frac{\rho}{32a\sqrt{2}} = \frac{\rho\sqrt{2}}{2^4 \cdot 4a}$$

olarak bulunur. Sistemin direnci;

$$\begin{aligned} \mathfrak{R} &= (\mathfrak{R}_{1s} + \mathfrak{R}_{3s} + \mathfrak{R}_{5s} + \mathfrak{R}_{7s} + \mathfrak{R}_{9s} + \dots) + (\mathfrak{R}_{2s} + \mathfrak{R}_{4s} + \mathfrak{R}_{6s} + \mathfrak{R}_{8s} + \dots) + \\ &+ (\mathfrak{R}_{1k} + \mathfrak{R}_{3k} + \mathfrak{R}_{5k} + \mathfrak{R}_{7k} + \mathfrak{R}_{9k} + \dots) + (\mathfrak{R}_{2k} + \mathfrak{R}_{4k} + \mathfrak{R}_{6k} + \mathfrak{R}_{8k} + \dots) = \\ &= \left( \frac{2\rho}{\pi a} + \frac{\rho}{\pi a} + \frac{\rho}{2\pi a} + \frac{\rho}{2^2\pi a} + \frac{\rho}{2^3\pi a} + \dots \right) + \left( \frac{\rho\sqrt{2}}{\pi a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{2\pi a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{2^2\pi a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{2^3\pi a} + \dots \right) + \\ &+ \left( \frac{\rho}{2a} + \frac{\rho}{2 \cdot 2a} + \frac{\rho}{2^2 \cdot 2a} + \frac{\rho}{2^3 \cdot 2a} + \dots \right) + \left( \frac{\rho\sqrt{2}}{4a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{2 \cdot 4a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{2^2 \cdot 4a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{2^3 \cdot 4a} + \dots \right) = \\ &= \frac{2\rho}{\pi a} + \frac{\rho}{\pi a} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots \right) + \frac{\rho\sqrt{2}}{\pi a} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots \right) + \\ &+ \frac{\rho}{2a} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots \right) + \frac{\rho\sqrt{2}}{4a} \left( 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots \right) = \frac{2\rho}{\pi a} + \left( \frac{\rho}{\pi a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{\pi a} + \frac{\rho}{2a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{4a} \right) \frac{1}{1 - \frac{1}{2}} = \\ &= \frac{2\rho}{\pi a} + \frac{2\rho}{\pi a} + \frac{2\rho\sqrt{2}}{\pi a} + \frac{2\rho}{2a} + \frac{\rho\sqrt{2}}{2a} = \frac{8\rho}{2\pi a} + \frac{4\rho\sqrt{2}}{2\pi a} + \frac{\rho\pi(2 + \sqrt{2})}{2\pi a} = \frac{\rho(4 + \pi)(2 + \sqrt{2})}{2\pi a} \end{aligned}$$

olarak bulunur.

**19.** Parçacığa etki eden kuvvet için;

$${}^0\vec{F} = q_0 (\vec{v} \times \vec{B}) = q_0 \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & v_y & 0 \\ 0 & 0 & B_0 \end{vmatrix} = qB_0 v_x \vec{i} - qB_0 v_y \vec{j} = qB_0 \frac{dx}{dt} \vec{i} - qB_0 \frac{dy}{dt} \vec{j} = m \left( \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j} \right)$$

yazabiliriz. İntegre edersek;

$$qB_0 \Delta x \vec{i} - qB_0 \Delta y \vec{j} = m (\Delta v_x \vec{i} + \Delta v_y \vec{j})$$

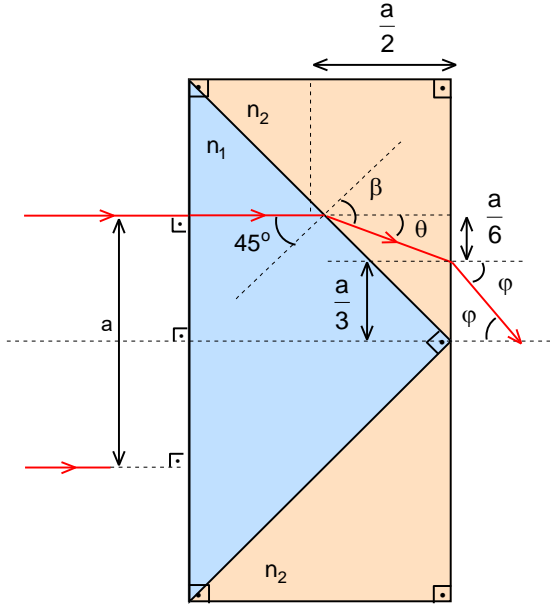
elde edilir. Buradan;

$$qB_0 \Delta x = m_0 (-\sqrt{3}v_0 - \sqrt{3}v_0); \Delta x = -\frac{2mv_0\sqrt{3}}{qB_0}$$

$$qB_0 \Delta y = (v_0 - v_0) m; \Delta y = 0$$

$$\ell = |\Delta x| = \frac{2mv_0\sqrt{3}}{qB_0}$$

olarak bulunur.



20. Kırılma yasası için

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}; \sin \beta = \frac{\sqrt{2}\sqrt{5}}{2n_2}$$

şeklin geometrisinden

$$\tan \theta = \frac{\frac{a}{6}}{\frac{a}{3}} = \frac{1}{3}; \sin \theta = \frac{1}{\sqrt{10}}; \cos \theta = \frac{3}{\sqrt{10}}$$

yazabiliriz. Buradan

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \sin(45^\circ + \theta) = \sin 45^\circ \cos \theta + \cos 45^\circ \sin \theta = \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} \left( \frac{3}{\sqrt{10}} + \frac{1}{\sqrt{10}} \right) = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{2}\sqrt{5}}{2n_2}; n_2 = \frac{5\sqrt{2}}{4} \end{aligned}$$

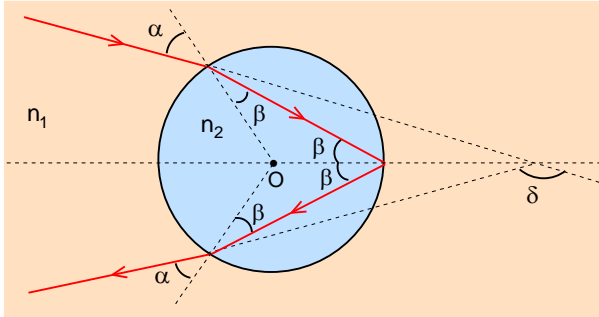
olarak bulunur. Işın havaya çıkarken yine kırılır. Bu durumda

$$\frac{\sin \theta}{\sin \varphi} = \frac{1}{n_2}; \sin \varphi = n_2 \sin \theta = \frac{5\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{\sqrt{5}}{4}$$

iki ışın arasındaki açı

$$2\varphi = 2\arcsin \frac{\sqrt{5}}{4}$$

olarak bulunur.



21. Kırılma yasasından kırılma açısı;

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}; \beta = \arcsin \left( \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha \right)$$

şeklin geometrisinden sapma açısı;

$$\begin{aligned} 360^\circ &= 180^\circ - \delta + 2(180^\circ - \beta) + 2(\alpha - \beta) \\ \delta &= 180^\circ + 2\alpha - 4\arcsin \left( \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha \right) = \end{aligned}$$

$$= \pi + 2\alpha - 4\arcsin \left( \frac{n_1}{n_2} \sin \alpha \right)$$

olarak bulunur.

22. İnce kenarlı merceklerde iki durum incelenebilir. Gerçek görüntü oluşursa büyütme oranı;

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}; \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a-f}{af}; k = \frac{b}{a} = \frac{f}{a-f}$$

ile verilir. Sanal görüntü oluşursa büyütme oranı;

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f}; \frac{1}{b} = \frac{1}{a} - \frac{1}{f} = \frac{f-a}{af}; k = \frac{b}{a} = \frac{f}{f-a}$$

ile verilir. İnce kenarlı merceğin sol tarafında bulunan cismin görüntü yüksekliği

$$\frac{h_1}{h} = \frac{f}{x-f}; h_1 = \frac{fh}{x-f} \text{ ya da } \frac{h_1}{h} = \frac{f}{f-x}; h_1 = \frac{fh}{f-x}$$

olur. İnce kenarlı merceğin sağ tarafında bulunan cismin görüntü yüksekliği;

$$\frac{h_2}{2h} = \frac{f}{2x-f}; h_2 = \frac{2fh}{2x-f} \text{ ya da } \frac{h_2}{2h} = \frac{f}{f-2x}; h_2 = \frac{2fh}{f-2x}$$

olur. İki görüntü gerçek olması için  $x > f$  olmalıdır. Bu durumda;

$$k = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2(x-f)}{2x-f}$$

olarak yazılabilir.  $x < f$  ise iki farklı durum ortaya çıkar. İki görüntü de sanalsa görüntülerin oranı;

$$k = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2(f-x)}{f-2x}$$

ile verilir.  $x < f$ , fakat  $2x > f$  ise;

$$k = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2(f-x)}{2x-f}$$

olur. Verilen birinci durum için;

$$\frac{1}{3} = \frac{2(x-f)}{2x-f}; x = \frac{5f}{4}$$

olarak bulunur. Bu doğru bir yarıdır. Verilen ikinci durum için;

$$\frac{3}{4} = \frac{2(x-f)}{2x-f}; x = \frac{5f}{2}$$

olarak bulunur. Bu doğru bir yarıdır. Verilen üçüncü durum için;

$$4 = \frac{2(f-x)}{2x-f}; x = \frac{3f}{5}$$

olarak bulunur. Bu doğru bir yarıdır. Verilen dördüncü durum için;

$$3 = \frac{2(x-f)}{2x-f}; x = \frac{f}{4}$$

olarak bulunur. Bu yarı yanlış bir yarıdır. Verilen beşinci durum için;

$$\frac{1}{2} = \frac{2(x-f)}{2x-f}; x = \frac{3f}{2}$$

olarak bulunur. Bu yarı yanlış bir yarıdır. Verilen altıncı durum için;

$$3 = \frac{2(f-x)}{f-2x}; x = \frac{f}{4}$$

olarak bulunur. Bu yarı yanlış bir yarıdır. Verilen yedinci durum için;

$$4 = \frac{2(f-x)}{f-2x}; x = \frac{f}{3}$$

olarak bulunur. Bu yarı yanlış bir yarıdır.

23. Gözün optik kuvveti;

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f_1}; \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,02} = \frac{1}{f_1}; D_1 = 55 \text{ D}$$

gözün ve mercek sistemin optik kuvveti;

$$\frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f_2}; \frac{1}{0,6} + \frac{1}{0,02} = \frac{1}{f_2}; D_2 = 51 \frac{2}{3}$$

merceğin optik kuvveti;

$$D_m = D_1 - D_2 = 55 - 51 \frac{2}{3} = 3 \frac{1}{3} = \frac{10}{3}$$

olur. Bu durumda mercek yakınsaktır. Merceğin odak uzaklığı;

$$f = \frac{1}{D_m} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ m}$$

olarak bulunur.

24. Bir fotonun enerjisi;

$$W_f = \hbar\omega = \frac{2\pi\hbar c}{\lambda}$$

lambanın yaydığı ışık akısı;

$$\Phi = \eta P$$

lambadan birim zamanda çıkan fotonların sayısı;

$$N = \frac{\Phi}{W_f} = \frac{\eta P \lambda}{2\pi\hbar c}$$

verilen mesafede birim alana düşen foton sayısı;

$$N_1 = \frac{N}{4\pi r^2} = \frac{\eta P \lambda}{8\pi^2 r^2 \hbar c}$$

objektifin alanı;

$$S_{ob} = \frac{N_{ob}}{N_1} = \frac{8\pi^2 r^2 \hbar c N_{ob}}{\eta P \lambda t}$$

objektifin çapı;

$$d = \sqrt{\frac{4S_{ob}}{\pi}} = \sqrt{\frac{32\pi r^2 \hbar c N_{ob}}{\eta P \lambda t}} = \sqrt{\frac{32 \cdot 3,14 \cdot 100^2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^9}{0,025 \cdot 80 \cdot 660 \cdot 10^{-9} \cdot 0,075}} = 2,528 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$

olarak bulunur.

25. Planck sabitin birimi;

$$W = \hbar\omega; N \cdot m = \hbar \cdot s^{-1}; \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m} = \hbar \cdot \text{s}^{-1}; \hbar = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

vakumun dielektrik geçirgenlik katsayısının birimi

$$F = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \epsilon_0 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 F r^2}; \epsilon_0 = \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = \text{C}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-2} = \text{C}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$$

Rydberg sabitinin birimi;

$$R_\infty = \frac{\text{kg} \cdot \text{C}^4}{(\text{C}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3})^2 (\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})^3 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{C}^4}{\text{C}^4 \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{m}^{-6} \cdot \text{kg}^3 \cdot \text{m}^6 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = \text{m}^{-1}$$

olarak bulunur.