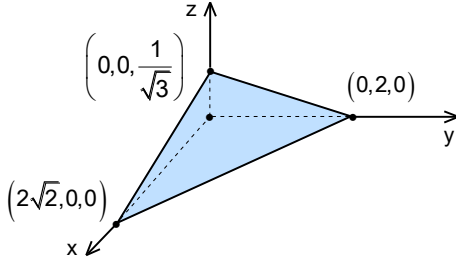


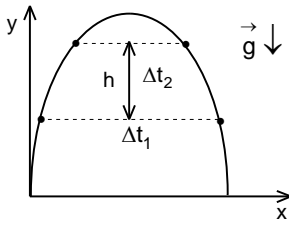
XXIII. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI-2015



1. Sürtünmesiz bir eğik düzlem x eksenini  $2\sqrt{2}$  m'de y eksenini 2 m de z eksenini ise  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  m de kesmektedir. Yerçekimi ivmesi -z yönünde  $g=10$  m/s<sup>2</sup> dir. Noktasal bir cisim tepe  $(0,0,\frac{1}{\sqrt{3}})$  noktasından serbest bırakılıyor.

Buna göre cisim kaç saniye sonra yere ( $z=0$  m seviyesine) ulaşır?

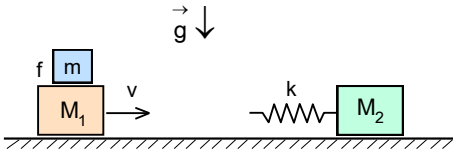
- A)  $\sqrt{5}$       B)  $\sqrt{\frac{3}{15}}$       C)  $\sqrt{15}$       D)  $\sqrt{\frac{6}{5}}$       E)  $\sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{5}}$



2. Yerçekimi ivmesini ölçmek için kullanılan düzeneklerden biri üst üste yerleştirilmiş iki tane fotoselli devreden oluşmaktadır. Bu devreler kendi seviyelerinden geçen objenin ilk geçişi ile (yukarı doğru), ikinci geçişi (aşağı doğru) arasındaki zaman farkını ölçmektedirler. İki devre arası düşey uzaklık h olarak verilmiştir. İlk hızı bilinmeyen bir nesne iki düzenğin seviyesinden de geçecek şekilde atılıp  $\Delta t_1$  ve  $\Delta t_2$  olarak ölçülüyor.

Bu değerleri kullanarak g nasıl elde edilebilir?

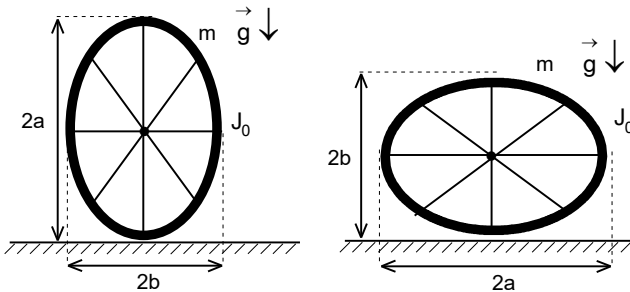
- A)  $\frac{h}{\Delta t_1 \Delta t_2}$       B)  $\frac{2h}{\Delta t_1 + \Delta t_2}$       C)  $\frac{8h}{(\Delta t_1)^2 - (\Delta t_2)^2}$       D)  $\frac{4h}{(\Delta t_1 - \Delta t_2)^2}$       E) İlk hız bilinmeden bulunamaz



3. Yatay ve sürtünmesiz düzlem üzerinde kütlesi  $M_1=1$  kg ve  $M_2=1,5$  kg olan iki blok bulunmaktadır.  $M_1$  kütleli bir bloğun üzerine kütlesi  $m=0,5$  kg ikinci bir blok konulmuş olup bu sistem  $v=2$  m/s hızı ile durgun halde bulunan  $M_2$  kütleli bloğa doğru şekildeki gibi hareket etmektedir. m kütleli ile  $M_1$  kütleli bloklar arasındaki statik sürtünme katsayısı  $f=0,1$ 'dir.  $M_2$  kütleli bloğa ise bir yay tutturulmuştur.

Çarpışma boyunca m kütesinin  $M_1$  in üzerinde kaymaması için yayın yay sabiti k nasıl seçilmelidir?

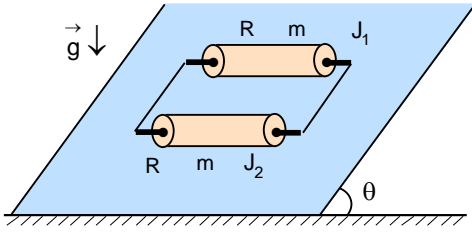
- A)  $k \geq 0,75$  N/m      B)  $k \leq 0,75$  N/m      C)  $k \geq 1$  N/m      D)  $k \leq 0,5$  N/      E)  $k \leq 1$  N/m



4. Kaza geçiren bir bisikletin tekerleği çembersel olmaktan çıkmış büyük eksenini a, küçük yarım eksenini b olan bir elips halini almıştır. Bu haliyle tekerleğin merkezi etrafındaki eylemsizlik momenti  $J_0$  toplam kütlesi ise m dir. Tekerlek büyük yarım eksenini ile yatay zemine değecek şekilde iken serbest bırakılıyor ve kaymadan yuvarlanıyor.

Küçük yarım eksenini yatay zemine değdiği anda kütle merkezinin hızı nedir?

- A)  $\frac{2mg(a^2 - b^2)b^2}{J_0 + m(a^2 + b^2)}$       B)  $\sqrt{2g(a-b)}$       C)  $\sqrt{\frac{2mg(a-b)b^2}{J_0 + mb^2}}$       D)  $\sqrt{\frac{2mg(a-b)b^2}{J_0 + mb^2}}$       E)  $\sqrt{\frac{2mg(a^2 - b^2)}{J_0 + mb^2}}$



5. İki tane R yarıçaplı ve m kütleli silindirin merkezlerinden geçen eksenler iki telle tutturularak bir oyuncak araba yapılıyor. Silindirlerin içindeki yoğunluk dağılımı aynı olmadığından eksen etrafındaki eylemsizlik momentleri farklı olup  $J_1$  ve  $J_2$  olarak veriliyor.

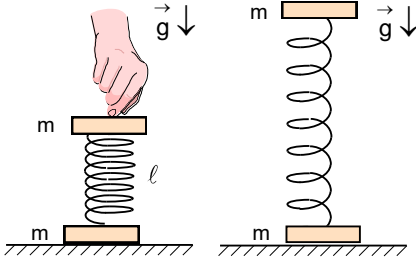
**Bu oyuncak araba eğim açısı  $\theta$  açılı eğik düzlemde aşağı inerken iki silindir de kaymadan yuvarlanıyorsa silindirleri tutturan tellerin her birinin üzerindeki gerilme kuvveti nedir?**

- A) 0      B)  $\frac{mg(J_1 - mR^2)\sin\theta}{J_2 - mR^2}$       C)  $\frac{mg(J_1 - J_2)\sin\theta}{J_1 + J_2}$       D)  $\frac{mg(J_1 + mR^2)\sin\theta}{J_2 + mR^2}$       E)  $\frac{mg(J_1 - J_2)\sin\theta}{2(2mR^2 + J_1 + J_2)}$

6. M kütleli bir uzay gemisi m kütleli bir uyduya  $2\ell$  uzunluğunda bir halatla bağlıdır. Bu sistem bütün kütle çekim kaynaklarından çok uzakta, ortak kütle merkezleri etrafında dönmektedir. Gemiler arası gravitasyonel çekim ve halatın kütlesi ihmal edilebilir.

**İlk anda halattaki gerilim kuvveti F ise geminin içindeki bir motorun halatı çekerek uyduyu kendisine  $\ell$  mesafesi kadar yaklaştırabilmesi için ne kadar iş yapması gerekir?**

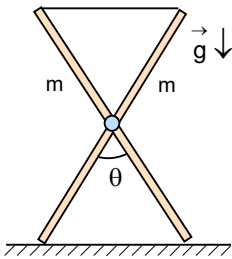
- A)  $F\ell$       B)  $3F\ell$       C)  $\frac{(M-m)F\ell}{M+m}$       D)  $\frac{MmF\ell}{(M+m)^2}$       E)  $\frac{\sqrt{Mm} F\ell}{M+m}$



7. Bir oyuncak iki m kütleli diskin yay sabiti k sabiti ve serbest uzunluğu  $\ell$  olan bir yayın birbirine bağlanması ile yapılmıştır. Oyuncak kütlelerden biri yatay zemin üzerine diğeri onun üzerinde olacak şekilde yerleştiriliyor. Üstteki diski bastırıp yayı sıkıştırıp aniden serbest bırakarak başlattığımız hareket sırasında iki kütlede de yerden ayrılmasını istiyoruz.

**Bu durumda alttaki kütlede yerden ayrılabilmesi için bıraktığımız anda iki kütlede arasındaki mesafe en az ne kadar olabilir? (Yay sabiti oyuncacı zıplatabilecek kadar büyük seçilmiştir.)**

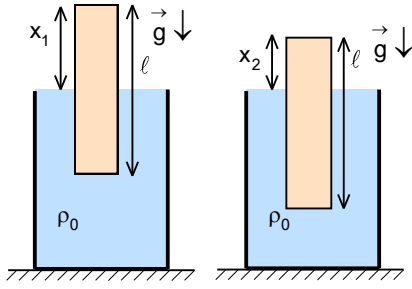
- A)  $\frac{mg\sqrt{2}}{k}$       B)  $\frac{m^2g^2}{2k^2}$       C)  $\ell - \frac{3mg}{k}$       D)  $\ell - \frac{mg}{k}$       E) Alttaki kütle asla yeri terk edemez.



8. Her biri m kütleli iki homojen çubuk orta noktalarından birbirlerine vidalanmış olup vida etrafında sürtünmesiz olarak dönebilmektedirler. Bu çubuklar en üst noktalarından bir iple aralarındaki açı  $\theta$  olacak şekilde bağlıdır.

**Çubuklar sürtünmesiz bir yatay yüzeyin üzerinde düşey düzlemde denge durumdaysalar ipteki gerilme kuvveti nedir?**

- A)  $mg\tan\theta$       B)  $mg(\sin^2\theta - \cos^2\theta)$       C) Çubukların uzunluğu verilmeden bulunamaz.  
D)  $\frac{mg\sin\theta}{2\cos^2\frac{\theta}{2}}$       E)  $\frac{mg\cos^2\frac{\theta}{2}}{2\sin\theta}$



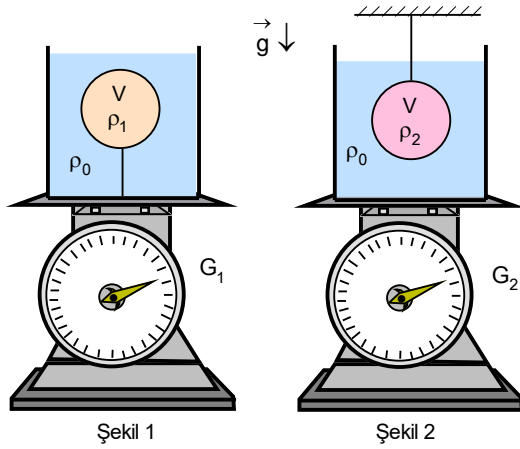
9. Uzunluğu  $\ell$  olan bir silindirin yapıldığı alışımlı oluşturulan maddelerin özküt-  
leleri  $\rho_1$  ve  $\rho_2$  dir. Alışımın özkütlesi silindirin yüksekliği boyunca;

$$\rho_x = \rho_1 + \frac{(\rho_2 - \rho_1)x}{\ell}$$

şeklinde değişmektedir. Bu silindir bir yönden özkütlesi  $\rho_1$  olan sıvıya bırakıl-  
dığında  $x_1$  kadarlık kısmı sıvının üstünde kalmaktadır, eğer  $180^\circ$ 'ye döndürü-  
lüp sıvıya bırakılırsa batmayan uzunluk  $x_2$  kadarı olmaktadır.

Buna göre  $\rho_1$  ve  $\rho_2$  nedir?

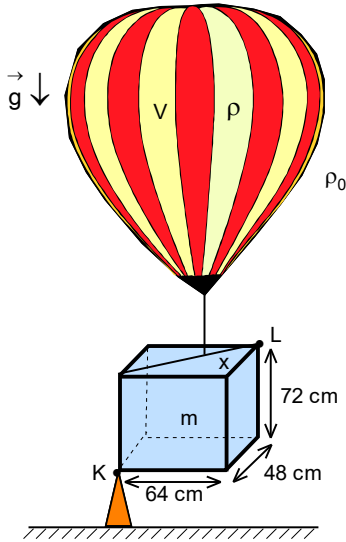
- A)  $\frac{\rho_0 x_1}{\ell}$   $\frac{\rho_0 x_2}{\ell}$   
B)  $\frac{\rho_0 (2x_1 - x_2)}{2\ell}$   $\frac{\rho_0 (2x_2 - x_1)}{2\ell}$   
C)  $\frac{\rho_0 (x_1 - x_2)x_1}{\ell^2}$   $\frac{\rho_0 (x_2 - x_1)x_2}{\ell^2}$   
D)  $\frac{\rho_0 (x_1 + x_2)x_1}{\ell^2}$   $\frac{\rho_0 (x_1 + x_2)x_2}{\ell^2}$   
E)  $x_1 = x_2$  olur ve bu yüzden  $\rho_1$  ile  $\rho_2$   
ayrı ayrı bulunamaz.



10. İki tane özdeş kap aynı yüksekliğe kadar özkütlesi  $\rho_0$  olan sıvı  
ile dolduruluyor. İki kaptaki sıvının içine eşit  $V$  hacimli birer küre  
tamamen batacak şekilde yerleştiriliyor. Birinci kaptaki kürenin öz-  
kütlesi  $\rho_1$  sıvının özkütlesinden az olduğundan kürenin yüzeye  
çıkmasını engellemek için küre bir ip ile kabın tabanına tutturulu-  
yor. İkinci kaptaki kürenin özkütlesi  $\rho_2$  sıvının özkütlesinden daha  
büyük olduğundan kürenin tabana değmesini engellemek için küre  
bir ip ile sıvının üstündeki sabit bir noktaya bağlanıyor. İki kap da bu  
şekilde tartıların üstüne konulup  $G_1$  ve  $G_2$  ağırlıkları ölçülüyor.

Tartıların okuduğu değerlerin arasındaki fark nedir ve hangi  
tartı daha yüksek değer okur?

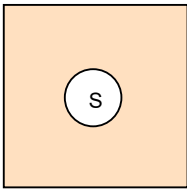
- A)  $G_1 = G_2$  B)  $G_1 < G_2$  fark ise  $G_2 - G_1 = (\rho_2 - \rho_1)gV$  C)  $G_1 < G_2$  fark ise  $G_2 - G_1 = (\rho_0 - \rho_1)gV$   
D)  $G_1 < G_2$  ama fark verilenlerle belirlenemez E)  $G_1 > G_2$  ama fark verilenlerle belirlenemez.



11. Kenar uzunlukları 64 cm, 48 cm, 72 cm ve kütlesi 10 kg dikdörtgen şeklinde olan bir prizma alt K köşesi şekildeki gibi destek üzerinde bulunmaktadır. Prizmanın üst köşegeni üzerinde ve L köşesinden x kadar uzaklıkta hacmi  $V=8 \text{ m}^3$  olan balon bağlıdır. Balon özkütlesi  $\rho=0,23 \text{ kg/m}^3$  olan He-Ne karışımı gaz ile doludur. Havanın özkütlesi  $\rho_0=1,23 \text{ kg/m}^3$  ve prizmanın tabanları yatay konumundadır.

Buna göre desteğe etki eden tepki kuvveti N ve x uzaklığı nedir?

N	x
A) 20 N	30 cm
B) 50 N	40 cm
C) 20 N	50 cm
D) 80 N	30 cm
E) 50 N	20 cm

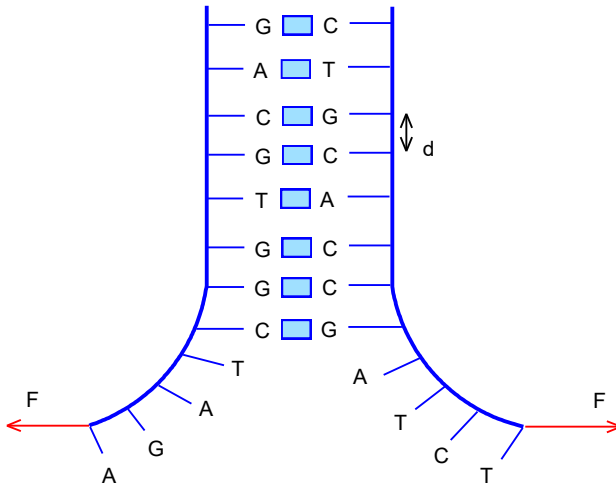


12. Bakırdan yapılmış olan bir çubuk  $T_0$  sıcaklığında  $\ell$  uzunluğundayken sıcaklık  $T_1$  e kadar yükseltildiğinde uzunluğu  $\ell+\lambda\ell(T_1-T_0)$  oluyor. Burada  $\lambda$  boyca genişleme katsayısıdır. Bakırdan kare şeklinde bir plaka üretiliyor ve bu kare plakanın tam ortasına küçük dairesel bir delik açılıyor.

$T_0$  sıcaklığında bu deliğin alanı S ise sıcaklık T olduğunda deliğin alanı ne kadar olur?

(Karenin kenar uzunluğu verilmemiştir ama kenarlar serbest bir şekilde genişlebilmektedir, genişleme küçüktür)

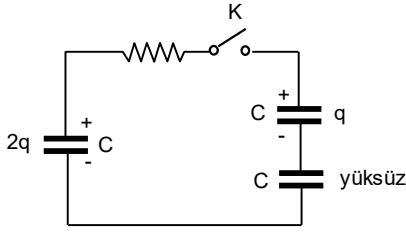
- A) Kenar uzunluğu verilmeden bilinemez.
- B) Delik küçülür, alanı  $S-\lambda S(T_1-T_0)$  olur.
- C) Delik büyür, alanı  $S+\lambda S(T_1-T_0)$  olur.
- D) Delik bir yönde küçülür diğer yönde büyür, alan aynı kalır.
- E) Delik büyür, alanı  $S+2\lambda S(T_1-T_0)$  olur.



13. DNA molekülü iki iplikten oluşmaktadır. Bu ipliklerin her birinin üzerinde nükleik asitler birbirlerinden  $d=0,33 \text{ nm}$  mesafe kadar uzak olacak şekilde dizilmişlerdir. Bir iplikteki nükleik asit diğer iplikteki nükleik asit karşılığını bulduğunda yaklaşık 300 meV enerji ile bağlanmaktadır.

DNA ipliklerini iki uçtan tutup çekerek açmak için gereken minimum kuvvet yaklaşık kaç N dur? (Elektronun yükü  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  olarak veriliyor.)

- A) 0,1
- B)  $10^{-3}$
- C)  $10^{-6}$
- D)  $10^{-10}$
- E)  $10^{-13}$



14. Kapasiteleri C olan üç özdeş kondansatörden ikisi şekildeki gibi  $2q$  ve  $q$  yükleri ile yüklü olup üçüncüsü ise yüksüzdür. Bu kondansatörler bir rezistansa açık olan K anahtarı sayesinde bağlıdır.

K anahtarı kapatılırsa devrede sistem dengeye gelene kadar geçen sürede rezistans üzerinde açığa çıkan ısı nedir?

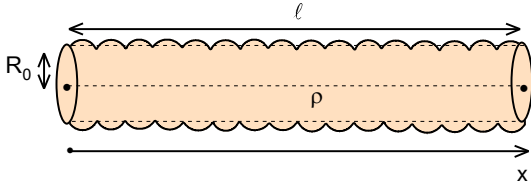
A) Direnç verilmediği için bulunamaz

B)  $\frac{q^2}{6C}$

C)  $\frac{5q^2}{2C}$

D)  $\frac{q^2}{4C}$

E) 0



15. Öz direnci  $\rho$  olan bir maddeden  $l$  uzunluğunda bir tel imal edilmiştir. Tel üretilirken  $R_0$  yarıçapında bir silindir olması amaçlanmış ama imalat hatası sonucu telin yarıçapında dalgalanmalar oluşmuştur. Telin uzunluğu boyunca yarıçapı;

$$R(x) = R_0 + r \sin^2 \frac{2\pi x}{a}; \quad r \ll R_0, \quad a \ll l$$

olarak değişmektedir.

İmalat hatalarının küçük olduğu (durumda bu telin direnci yaklaşık nedir?

A)  $\frac{\rho l}{\pi R_0^2}$

B)  $\frac{\rho l}{\pi R_0^2} \left(1 - \frac{ra}{\ell R_0}\right)$

C)  $\frac{\rho l}{\pi R_0^2} \left(1 + \frac{r^2}{R_0^2}\right)$

D)  $\frac{\rho l}{\pi R_0^2} \left(1 + \frac{ra}{\ell R_0}\right)$

E)  $\frac{\rho l}{\pi R_0^2} \left(1 - \frac{r}{R_0}\right)$

16. Küçük akımları ölçmek için kullanılan ve direnci  $5 \Omega$  olan galvanometrenin iğnesi  $0,1 \text{ mA}$  büyüklüğünde bir akım ölçüldüğünde 50 bölümlük göstergesinin sonuna dayanmaktadır.

Galvanometreyi;

(1) göstergesinin her bölmesi  $0,2 \text{ A}$  akıma denk gelecek bir ampermetre,

(2) göstergesinin her bölmesi  $1 \text{ V}$  potansiyel farkına denk gelecek bir voltmetre

olarak kullanabilmek için galvanometreye bağlanacak  $\mathfrak{R}$  direncinin  $\Omega$  cinsinden büyüklüğü nedir ve galvanometreye nasıl bağlanmalıdır?

(1) Ampermetre (2) Voltmetre

A)  $\frac{5}{10^5 - 1}$ , paralel

$5(10^5 - 1)$ , seri

B)  $\frac{5}{10^5 - 1}$ , seri

$5(10^5 - 1)$ , paralel

C)  $\frac{5}{10^5 - 1}$ , seri

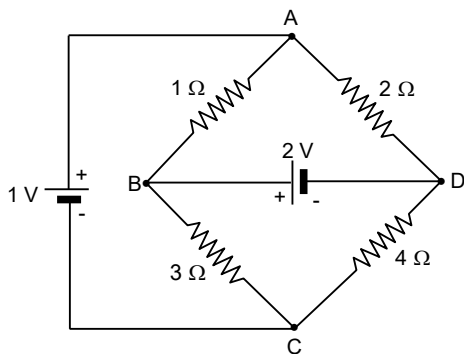
$5(10^5 - 1)$ , seri

D)  $5(10^5 - 1)$ , paralel

$\frac{5}{10^5 - 1}$ , seri

E)  $5(10^5 - 1)$ , paralel

$5(10^5 - 1)$ , paralel



17. E.m.k. ları  $1 \text{ V}$  ve  $2 \text{ V}$ , dirençleri  $1 \Omega$ ,  $2 \Omega$ ,  $3 \Omega$  ve  $4 \Omega$  olan dört rezistanstan oluşan devre şekildeki gibidir.

Buna göre  $1 \Omega$  luk dirençten geçen akım kaç Amper ve yönü nedir?

A)  $\frac{5}{12}$ , B den A ya

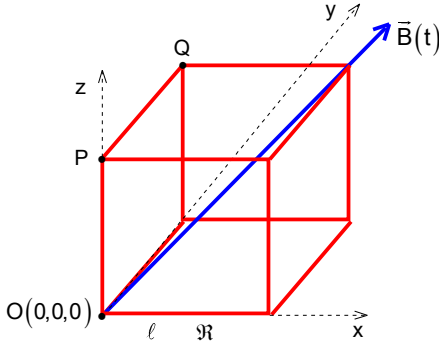
B)  $\frac{5}{12}$ , A dan B ye

C)  $\frac{1}{4}$ , A dan B ye

ya

D)  $\frac{11}{25}$ , B den A ya

E)  $\frac{2}{3}$ , A dan B ye



18.  $l$  uzunluğunda ve her biri  $\mathfrak{R}$  direncine sahip 12 tane tel kullanılarak bir küp yapılmıştır. Bu küp bir köşesi merkezde üç kenarı da  $x$ ,  $y$  ve  $z$  eksenleri doğrultusunda olacak şekilde yerleştiriliyor. Bu küpün üzerine zamana göre;

$$\vec{B}(t) = \alpha t (\vec{e}_x + \vec{e}_y + \vec{e}_z)$$

şeklinde değişen ve cisim köşegeni yönünde bir manyetik alan etki ediyor.

Şekilde gösterilen  $P(x=0, y=0, z=l)$  ve  $Q(x=l, y=l, z=l)$  köşeleri arasındaki kenar üzerindeki akımın şiddeti ve yönü nedir? (Burada  $\alpha > 0$  bir sabit,  $\vec{e}_x$ ,  $\vec{e}_y$  ve  $\vec{e}_z$   $x$ ,  $y$  ve  $z$  eksenleri boyunca olan birim vektörlerdir.)

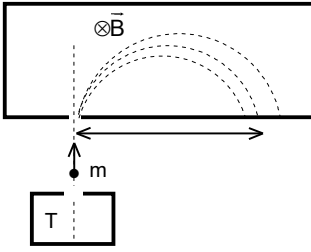
A)  $\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\alpha l^2}{\mathfrak{R}}$ , P den Q ya

B)  $\frac{\sqrt{3}}{3} \frac{\alpha l^2}{\mathfrak{R}}$ , Q dan P ye

C)  $\frac{1}{2} \frac{\alpha l^2}{\mathfrak{R}}$ , P den Q ya

D)  $\frac{2\sqrt{3}}{3} \frac{\alpha l^2}{\mathfrak{R}}$ , Q dan P ye

E) 0



19.  $T$  sıcaklığında bir kaynaktan çıkan elektron demeti küçük bir delikten içinde sabit  $B$  manyetik alanı olan bölgeye girmektedir. Bu bölgede sapan elektronlar şekilde gösterildiği gibi fosforlu bir ekrana çarpmaktadırlar. Ekranın üzerindeki bir noktanın parlaklığı o noktaya birim zamanda çarpan elektron sayısı ile orantılıdır.

Bu durumda ekrandaki en parlak noktanın elektronların girdiği deliğe olan uzaklığı nedir? (Elektron kütlesi  $m$ , elektronun yükü  $q$ , Planck sabiti  $\hbar$ , Boltzmann sabiti  $k$  olarak veriliyor.)

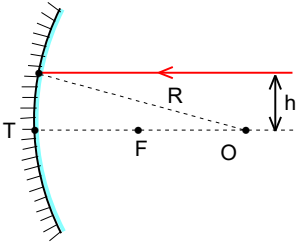
A)  $\frac{2\sqrt{kTm}}{qB}$

B)  $\frac{\pi\sqrt{kTm}}{qB}$

C)  $\frac{2\sqrt{\pi kTm}}{qB}$

D)  $\frac{\pi\hbar m}{qBT}$

E)  $\frac{q\sqrt{kTm}}{B}$



20. Gerçek görüntünün, basit bir teorinin tahmininden olan farkına aberasyon veya kusur adı verilir. Küresel bir aynanın aberasyonu, aynanın merkez eksenine yakın gelen ışınların odak uzunluğu  $f$ , ile aynanın kenarlarına gelen ışınların odak uzunluğu  $f'$ , arasındaki fark olarak tanımlanır.

Buna göre Küresel aynanın taban yarıçapı  $h \ll R$  ve eğrilik yarıçapı  $R$  ise  $f-f'$  aberasyonu yaklaşık olarak nedir?

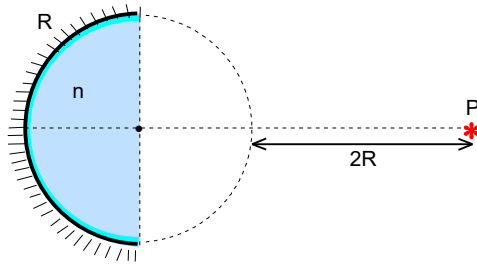
A)  $\frac{h^2}{2R}$

B)  $\frac{h^2}{4R}$

C)  $\frac{h^3}{R^2}$

D)  $\frac{h^3}{2R^2}$

E)  $\frac{2h^2}{R}$



21. Yarıçapı  $R$  ve kırıcılık indisi  $n=1,5$  olan cam yarı kürenin yarısı gümüş ile kaplanmıştır. Şekilde gösterildiği gibi cam kürenin kaplanmamış kutbundan eksenini doğrultusunda  $2R$  uzaklıktaki  $P$  noktasında küçük bir cisim yerleştiriliyor.

Buna göre cismin görüntüsü bütün kırılma ve yansımalarından sonra nerede oluşur? (Havanın kırıcılık indisini  $n_n=1$  olarak kabul ediniz.)

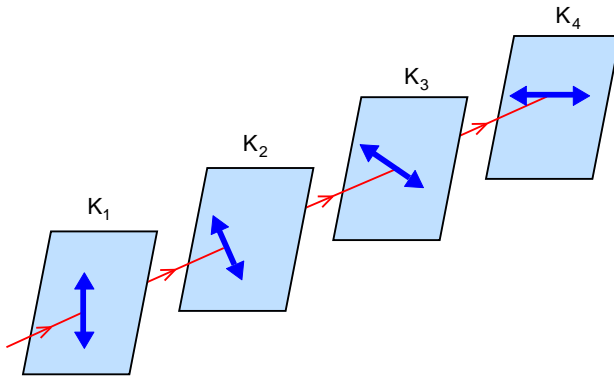
- A) Aynanın çukurunda gümüş kaplanmış yüzeyin tepe noktasında
- B) Cam kürenin gümüş kaplanmamış tarafındaki yüzeyin tepe noktasında
- C) Cam kürenin tepe ile merkez noktası arasında
- D) Cam kürenin merkezinde
- E)  $P$  noktasında

22. Yerden 200 km yüksekliğe bir casus uydusu yerleştirilecektir. Bu uydusu 1000 nanometre dalga boyundaki ışık ile görüntüleme yapacaktır.

Yerde 0,5 m aralıkla yerleştirilmiş iki cisim birbirinden ayırt edebilecek çözünürlüğe sahip fotoğraflar çekebilmesi için uyduya yerleştirilecek kameranın merceğinin çapı en az ne kadar olmalıdır?

- A) 5 cm      B) 50 cm      C) 5 m      D) 50 m      E) Tek kamera ile bu çözünürlük mümkün değildir.

B)



23. Kutuplanmamış (polarize olmayan) bir ışık kaynağı önüne art arda konulmuş dört kutuplayıcının (polarizator) eksenleri, düşey eksene göre sırayla 0°, 30°, 60° ve 90° derece açılı yapmaktadır.

Buna göre;

(1) Son kutuplayıcının arkasına geçen ışığın şiddetinin gelen ışık şiddetine oranı nedir?

(2) Geçen ışığın şiddeti 2. ci kutuplayıcılardan birini çıkartarak azaltılabilir mi? Öyle ise hangisi?

(3) kutuplayıcılardan bir ya da daha fazlasını çıkartarak sıfıra indirilebilir mi? Öyle ise hangileri?

- |    | (1)                    | (2)      | (3)    |
|----|------------------------|----------|--------|
| A) | $\frac{27}{128}$       | 2 veya 3 | 2 ve 3 |
| B) | $\frac{27}{64}$        | 1 veya 4 | 1 ve 4 |
| C) | $\frac{3\sqrt{3}}{8}$  | 2 veya 3 | Hayır  |
| D) | $\frac{3\sqrt{3}}{16}$ | 2 veya 3 | 1 ve 4 |
| E) | $\frac{3\sqrt{3}}{16}$ | 1 veya 4 | 2 ve 3 |

24. Elektronun klasik (Compton) yarıçapı  $r \approx 2,82 \text{ fm}$  ( $1 \text{ fm} = 1 \text{ femtometre} = 10^{-15} \text{ m}$ ) hidrojen atomunun Bohr yarıçapı olarak veriliyor.

Buna göre Compton yarıçapının Bohr yarıçapına oranı nedir?

- A) Proton kütlelerinin elektron kütlelerine oranı yaklaşık 1800.  
B) Elektronun yükü yaklaşık  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$   
C) Hidrojen atomunun iyonizasyon enerjisi yaklaşık 13,6 eV.  
D) 4  
E) İnce yapı sabitinin karesi  $\alpha^2 \approx \frac{1}{137^2}$

25. A elementi T yarılanma ömrü ile B elementine dönüşmektedir. B elementi ise 2T yarılanma ömrü ile radyoaktif olmayan C elementine dönüşmektedir.

Tamamen A atomlarından oluşmuş olarak başlayan malzemede ne kadar süre sonra B atomu sayısı maksimum olur?

- A)  $T \cdot \ln 2$       B) 4T      C)  $T \sqrt{5}$       D) 2T      E)  $e^2 T$

XXIII. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI-2015

1. E)

2. C)

3. B)

4. C)

5. E)

6. B)

7. C)

8. D)

9. E)

10. C)

11. A)

12. E)

13. D)

14. B)

15. E)

16. A)

17. D)

18. C)

19. A)

20. B)

21. C)

22. B)

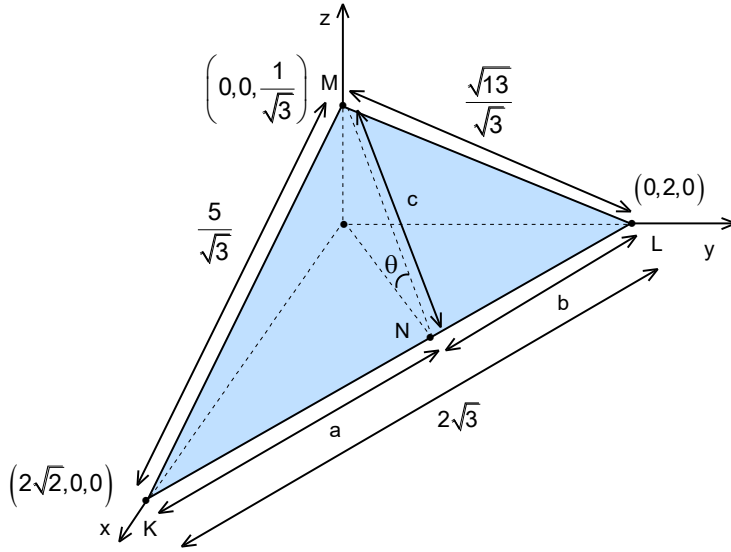
23. A)

24. E)

25. D)



XXIII. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI BİRİNCİ AŞAMA SINAVI-2015



1. Şeklin geometrisinden K ve L noktaları arasındaki uzaklık;

$$\sqrt{(2\sqrt{2})^2 + 2^2} = 2\sqrt{3} \text{ m}$$

K ve M noktaları arasındaki uzaklık;

$$\sqrt{(2\sqrt{2})^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{5}{\sqrt{3}} \text{ m}$$

L ve M noktaları arasındaki uzaklık;

$$\sqrt{2^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{\sqrt{13}}{\sqrt{3}} \text{ m}$$

olur. a, b ve c uzaklıkları için;

$$a+b=2\sqrt{3}$$

$$\left(\frac{5}{\sqrt{3}}\right)^2 - a^2 = \left(\frac{\sqrt{13}}{\sqrt{3}}\right)^2 - b^2$$

yazabiliriz. Buradan;

$$a = \frac{4}{\sqrt{3}}; b = \frac{2}{\sqrt{3}}; c = \sqrt{3}; \sin\theta = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3}; c = \frac{at^2}{2} = \frac{g \sin\theta t^2}{2}; \sqrt{3} = \frac{10t^2}{2}; t = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}}{5}} \text{ s}$$

olarak bulunur.

2. Düşey yönde cismin aldığı yol için;

$$y = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2}$$

yazabiliriz. Buradan;

$$t^2 - \frac{2v_{0y}t}{g} - \frac{2y}{g} = 0, t_{1,2} = \frac{\frac{2v_{0y}}{g} \pm \sqrt{\frac{4v_{0y}^2}{g^2} + \frac{8y}{g}}}{2}, \Delta t = t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{4v_{0y}^2}{g^2} + \frac{8y}{g}}; (\Delta t)^2 - \frac{8y}{g} = \frac{4v_{0y}^2}{g^2}$$

$$(\Delta t_1)^2 - \frac{8y_1}{g} = (\Delta t_2)^2 - \frac{8y_2}{g}, (\Delta t_1)^2 - (\Delta t_2)^2 = \frac{8(y_2 - y_1)}{g} = \frac{8h}{g}; g = \frac{8h}{(\Delta t_1)^2 - (\Delta t_2)^2}$$

olarak bulunur.

3. Momentum korunumu yasasından sistemin yay maksimum sıkıştığında hızı;

$$(M_1 + m)v = (M_1 + m + M_2)u; (1+0,5).2v = (1+0,5+1,5)u; u = 1 \text{ m/s}$$

bu durumda yaydaki deformasyon enerjisi

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{(M_1 + m)v^2}{2} - \frac{(M_1 + m + M_2)u^2}{2} = \frac{(1+0,5).2^2}{2} - \frac{(1+0,5+1,5).1^2}{2} = \frac{3}{2}$$

yaydaki maksimum kuvvet gerçekleştiğinde sistemin ivmesi

$$kx = (M_1 + m)a; a = \frac{kx}{M_1 + m} = fg$$

olur. Buradan

$$x = \frac{0,1 \cdot (1+0,5) \cdot 10}{k}; \frac{k \left(\frac{1,5}{k}\right)^2}{2} = \frac{3}{2}; k = 0,75 \text{ N/m}$$

olarak bulunur. Yay sabiti daha büyük değerde ise cisim harekete geçer.

4. Tekerleğin yatay zemin ile temas ettiği noktaya göre tekerleğin açısal hızı enerji korunumu yasasından;

$$mga = mgb + \frac{(J_0 + mb^2)\omega^2}{2}; \omega = \sqrt{\frac{2mg(a-b)}{J_0 + mb^2}}$$

tekerleğin kütle merkezinin hızı;

$$v = \omega b = \sqrt{\frac{2mg(a-b)b^2}{J_0 + mb^2}}$$

olarak bulunur.

5. Sistemin eğik düzlem üzerinde hareketi için;

$$2mg\sin\theta - F_{s1} - F_{s2} = 2ma$$

her bir silindirin dönmesi için;

$$F_{s1} \cdot R = J_1 \alpha = J_1 \cdot \frac{a}{R}; F_{s1} = \frac{J_1 a}{R^2}; F_{s2} \cdot R = J_2 \alpha = J_2 \cdot \frac{a}{R}; F_{s2} = \frac{J_2 a}{R^2}$$

yazabiliriz. Buradan sistemin ivmesi;

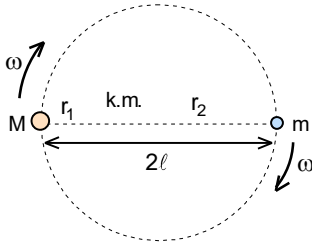
$$2mg\sin\theta - \frac{J_1 a}{R^2} - \frac{J_2 a}{R^2} = 2ma; a = \frac{2mgR^2\sin\theta}{2mR^2 + J_1 + J_2}$$

aranan gerilme kuvveti;

$$mg\sin\theta - F_{s2} - 2T = ma; a = \frac{2mgR^2\sin\theta}{2mR^2 + J_1 + J_2}$$

$$T = \frac{1}{2} \left( mg\sin\theta - \frac{J_2 a}{R^2} - ma \right) = \frac{1}{2R^2} \left[ mgR^2\sin\theta - (mR^2 + J_2) \frac{2mgR^2\sin\theta}{2mR^2 + J_1 + J_2} \right] = \frac{mg(J_1 - J_2)\sin\theta}{2(2mR^2 + J_1 + J_2)}$$

olarak bulunur.



6. Kütle merkezine göre;

$$Mr_1 = mr_2 \Rightarrow r_2 = \frac{Mr_1}{m}$$

$$2l = r_1 + r_2 = r_1 \left( 1 + \frac{Mr_1}{m} \right) \Rightarrow r_1 = \frac{2m\ell}{M+m}; r_2 = \frac{2M\ell}{M+m}$$

yazabiliriz. Sistemin ilk açısal hızı

$$F = m\omega^2 r_2 = \frac{2Mm\omega^2 \ell}{M+m} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{(M+m)F}{2Mm\ell}}$$

sistemin ilk eylemsizlik momenti;

$$I = Mr_1^2 + mr_2^2 = \frac{4Mm^2\ell^2}{(M+m)^2} + \frac{4M^2m\ell^2}{(M+m)^2} = \frac{4Mm\ell^2}{M+m}$$

sistemin ilk açısal momentumu sistemin ilk enerjisi;

$$L = I\omega = \frac{4Mm\ell^2}{M+m} \sqrt{\frac{(M+m)F}{2Mm\ell}}; E_k = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{4Mm\ell^2}{M+m} \frac{(M+m)F}{2Mm\ell}$$

ile verilir. Sistemin son eylemsizlik momentini bulmak için  $\ell$  yerine  $\frac{\ell}{2}$  alabiliriz. Buradan;

$$I_2 = \frac{4Mm\left(\frac{\ell}{2}\right)^2}{M+m} = \frac{Mm\ell^2}{M+m}$$

sistemin son açısal hızı momentum korunumu yasasından;

$$I_2\omega = I\omega_2 \Rightarrow \frac{4Mm\ell^2}{M+m} \sqrt{\frac{(M+m)F}{2Mm\ell}} = \frac{Mm\ell^2}{M+m} \omega_2; \omega_2 = 4\sqrt{\frac{(M+m)F}{2Mm\ell}}$$

sistemin son enerjisi;

$$E_{k2} = \frac{I_2\omega_2^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{Mm\ell^2}{M+m} \cdot 16 \cdot \frac{(M+m)F}{2Mm\ell} = 4F\ell$$

yapılan iş;

$$W = E_{k2} - E_k = 4F\ell - F\ell = 3F\ell$$

olarak bulunur.

7. İlk durumda yay  $x_1$  kadar sıkıştırıldığını kabul edelim. Alt disk ile yatay zemin arasında temas kesilirse yaydaki uzama;

$$x_2 = \frac{mg}{k}$$

olur. Enerji korunumu yasasından

$$\frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_2^2}{2} + mg(x_1 + x_2)$$

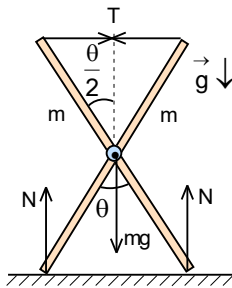
yazabiliriz. Buradan ilk sıkışma miktarı

$$x_1^2 - \frac{2mg}{k}x_1 - \frac{3m^2g^2}{2k^2} = 0; x_1 = \ell - \frac{3mg}{k}$$

aranan uzaklık

$$\ell - x_1 = \ell - \ell + \frac{3mg}{k}$$

olarak bulunur.



8. Vidaya göre;

$$N \cdot \frac{\ell}{2} \sin \frac{\theta}{2} = T \cdot \frac{\ell}{2} \cos \frac{\theta}{2}; N = mg$$

yazabiliriz. Buradan

$$T = mg \tan \frac{\theta}{2} = \frac{mg}{2} \frac{2 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2}}{\cos^2 \frac{\theta}{2}} = \frac{mg \sin \theta}{2 \cos^2 \frac{\theta}{2}}$$

olarak bulunur.

9. Yüzen bir cisme etki eden kaldırma kuvveti cismin ağırlığı kadardır. Cismin ağırlığı ve sıvının özkütlesi sabit oldukları için  $x_1 = x_2$  olur ve bu yüzden  $\rho_1$  ile  $\rho_2$  ayrı ayrı bulunamaz.

10. Her iki durumda da kaplardaki yeni sıvı seviyeleri yine eşit olur. Birinci tartıda sıvı basınç kuvvetin dışında bir de T ip gerilmesi katkıda bulunmaktadır. Bu durumda;

$$G_1 + T = G_2$$

yazabiliriz. İpteki gerilme kuvveti;

$$T = (\rho_0 - \rho_1)gV$$

ile verilir. Buradan;

$$G_2 - G_1 = (\rho_0 - \rho_1)gV$$

olarak bulunur.

11. Tabanların köşegen uzunluğu;

$$y = \sqrt{64^2 + 48^2} = 80 \text{ cm}$$

olur. Desteğe göre moment dengesi yazabiliriz. Buradan aranan uzaklık

$$mg \cdot 40 = (\rho_0 - \rho)gV(80 - x); 10 \cdot 10 \cdot 40 = (1,23 - 0,23) \cdot 10 \cdot 8 \cdot (80 - x); x = 30 \text{ cm}$$

desteğe etki eden kuvvet

$$N = mg - (\rho_0 - \rho)gV = 10 \cdot 10 - (1,23 - 0,23) \cdot 10 \cdot 8 = 20 \text{ N}$$

olarak bulunur.

12. Deliğin ilk yarıçapı r ise deliğin alanı;

$$S = \pi r^2$$

olur. Plaka ısıtılırsa her yönde genişler. Yeni alan

$$S' = \pi [r + \lambda r (T_1 - T_0)]^2 = \pi r^2 [1 + 2\lambda (T_1 - T_0)] = S + 2\lambda S (T_1 - T_0)$$

olarak bulunur.

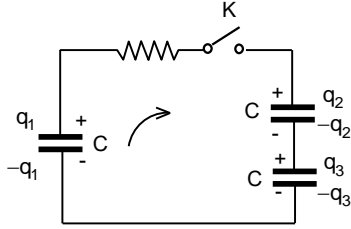
13. Yapılan iş için;

$$F \cdot 2d = eU \text{ ya da } F \cdot 2d = eU$$

yazabiliriz. Buradan

$$F = \frac{eU}{2d} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 300 \cdot 10^{-3}}{2,0 \cdot 33 \cdot 10^{-9}} \approx 0,7 \cdot 10^{-10} \text{ N} \sim 10^{-10} \text{ N}$$

olarak bulunur.



14. Kondansatörlerin son yükleri  $q_1$ ,  $q_2$  ve  $q_3$  olsun. Bu durumda;

$$q_1 + q_2 = 3q$$

$$q_1 + q_3 = 2q$$

$$\frac{q_1}{C} - \frac{q_2}{C} - \frac{q_3}{C} = 0$$

yazabiliriz. Buradan yükler

$$q_1 = \frac{5q}{3}; q_2 = \frac{4q}{3}; q_3 = \frac{q}{3}$$

açığa çıkan ısı

$$Q = \frac{(2q)^2}{2C} + \frac{q^2}{2C} - \frac{\left(\frac{5q}{3}\right)^2}{2C} - \frac{\left(\frac{4q}{3}\right)^2}{2C} - \frac{\left(\frac{q}{3}\right)^2}{2C} = \frac{q^2}{6C}$$

olarak bulunur.

15. Sol tabandan  $x$  uzaklıkta ince bir disk alalım. Bu diskin direnci için;

$$\begin{aligned} dR &= \rho \frac{d\ell}{\pi \left( R_0 + r \sin^2 \frac{2\pi x}{a} \right)^2} = \frac{\rho dx}{\pi R_0^2 \left( 1 + \frac{r}{R_0} \sin^2 \frac{2\pi x}{a} \right)^2} \approx \frac{\rho dx}{\pi R_0^2 \left( 1 + \frac{2r}{R_0} \sin^2 \frac{2\pi x}{a} \right)} \\ &\approx \frac{\rho dx}{\pi R_0^2} \left( 1 - \frac{2r}{R_0} \sin^2 \frac{2\pi x}{a} \right) = \frac{\rho dx}{\pi R_0^2} \left( 1 - \frac{2r}{R_0} \sin^2 \frac{2\pi x}{a} \right) = \frac{\rho dx}{\pi R_0^2} \left[ 1 - \frac{r}{R_0} \left( 1 - \cos \frac{4\pi x}{a} \right) \right] \\ &= \frac{\rho dx}{\pi R_0^2} \left( 1 - \frac{r}{R_0} + \frac{r}{R_0} \cos \frac{4\pi x}{a} \right) \end{aligned}$$

yazabiliriz. Tüm silindirin direnci;

$$R = \int_0^\ell \frac{\rho}{\pi R_0^2} \left( 1 - \frac{r}{R_0} + \frac{r}{R_0} \cos \frac{4\pi x}{a} \right) dx = \frac{\rho}{\pi R_0^2} \left( 1 - \frac{r}{R_0} \right) x \Big|_0^\ell + \frac{ar}{4\pi R_0} \sin \frac{4\pi x}{a} \Big|_0^\ell = \frac{\rho \ell}{\pi R_0^2} \left( 1 - \frac{r}{R_0} \right)$$

olarak bulunur.

16. Ampermetrenin ölçülmesi gereken akım değeri;

$$I_A = 0,2.50 = 10 \text{ A}$$

galvanometrenin ölçtüğü değerin;

$$n_1 = \frac{10}{0,1.10^{-3}} = 10^5$$

katı büyüktür. Bunun için galvanometreye ilave bir rezistans paralel olarak bağlanmalıdır. Bağlanan rezistansın direnci  $R_p$  olsun. Eşdeğer direnç;

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_G} + \frac{1}{R_p}; R_1 = \frac{R_G R_p}{R_G + R_p}$$

olur. Galvanometrede normalde akım aktığında galvanometre üzerindeki potansiyel fark ile paralel olarak bağlanan rezistans üzerindeki potansiyel fark aynı olmalıdır. Bu durumda  $nI$  akım gelip  $I$  kadarı galvanometreden geçmelidir. Buradan;

$$nR_G = n_1 I \frac{R_G R_p}{R_G + R_p}; R_p = \frac{R_G}{n_1 - 1} = \frac{5}{10^5 - 1} \Omega$$

olarak bulunur. Galvanometrenin ölçtüğü potansiyel fark;

$$U = 0,1.10^{-3} .5 = 5.10^{-4} \text{ V}$$

olur. Voltmetrenin ölçtüğü potansiyel fark;

$$U_V = 1.50 = 50 \text{ V}$$

galvanometrenin ölçtüğü potansiyel farkının;

$$n_2 = \frac{50}{5.10^{-4}} = 10^5$$

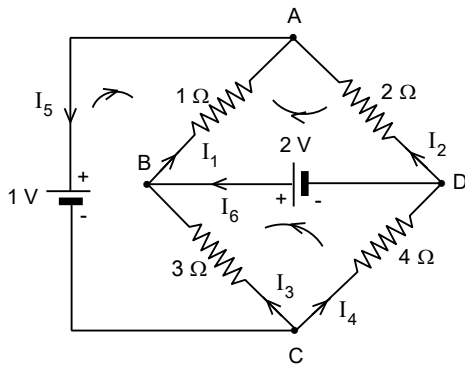
katı büyüktür. Galvanometrede normalde akım aktığında galvanometreden ve seri paralel olarak bağlanan rezistans üzerindeki akım aynı olmalıdır. Bu durumda  $nU$  kadar potansiyel fark uygulanırsa  $U$  kadar potansiyel fark galvanometre üzerinde olmalıdır. Seri olarak bağlanacak rezistansın direnci  $R_s$  olsun. Eşdeğer direnç

$$R_2 = R_G + R_s$$

olur. Galvanometreden normalde potansiyel fark ölçtüğünde galvanometreden akan akım iki durumda da aynı olmalıdır. Buradan;

$$I = \frac{U}{R_G} = \frac{nU}{R_G + R_s}; R_s = (n-1)R_G = 5(10^5 - 1) \Omega$$

olarak bulunur.



17. Akım yönlerini şekildeki gibi seçelim. Bu birinci durumda Kirchoff yasasından;

$$I_1 + I_2 = I_5$$

$$I_3 + I_4 = I_5$$

$$I_3 + I_6 = I_1$$

$$I_2 + I_6 = I_4$$

ikinci Kirchoff yasasından;

$$1 = -I_1 - 3I_3$$

$$2 = I_1 - 2I_2$$

$$2 = -3I_3 + 4I_4$$

yazabiliriz. Buradan;

$$I_4 = I_1 + I_2 - I_3$$

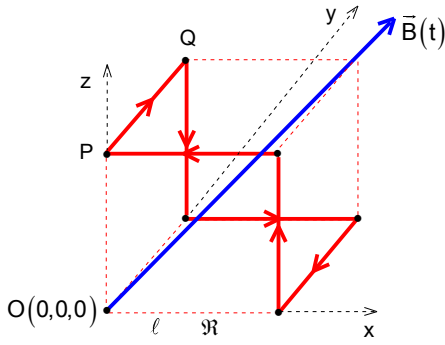
$$I_3 = -\frac{1 + I_1}{3}$$

$$2 = -3I_3 + 4(I_1 + I_2 - I_3) = 4I_1 + 4I_2 - 7I_3 = 4I_1 + 4I_2 + 7\frac{1 + I_1}{3}$$

$$1 = 19I_1 + 12I_2$$

$$2 = I_1 - 2I_2; 12 = 6I_1 - 12I_2; I_1 = \frac{11}{25}, \text{ B'den A'ya}$$

olarak bulunur.



18. Simetriden dolayı küpün kenarları boyunca akım şekilindeki gibi akmalıdır. Bir yüzden geçen manyetik akı;

$$\Phi = B\ell^2 = \alpha\ell^2 t$$

3 yüzeyden geçen akı;

$$\Phi_t = B\ell^2 = 3\alpha\ell^2 t$$

akan akım;

$$I = \frac{1}{6\mathcal{R}} \frac{d\Phi_t}{dt} = \frac{1}{2} \frac{\alpha\ell^2}{\mathcal{R}}$$

olarak bulunur. Akımın yönü ise P'den Q'ya doğrudur.

19. Elektronların manyetik indüksiyon alanı içinde çizdikleri yörüngelerin yarıçapı;

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

giriş noktadan olan uzaklık ifadesinden hız;

$$x = 2r = \frac{2mv}{qB}; v = \frac{qBx}{2m}$$

olarak bulunur. T sıcaklığında elektron kaynağından çıkan elektronların sayısı Boltzmann faktörü ve hızın çarpımı ile orantılıdır. Bu durumda parlaklık için;

$$P \sim v e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \sim x e^{-\frac{mq^2B^2x^2}{2kT}}$$

yazabiliriz. Parlaklığın maksimum olması için;

$$\frac{dP}{dx} = 0; e^{-\frac{mq^2B^2x^2}{2kT}} - x \cdot \frac{2mq^2B^2x}{2kT} e^{-\frac{mq^2B^2x^2}{2kT}} = 0; x = \frac{2\sqrt{kTm}}{qB}$$

olarak bulunur. Farklı bir çözüm de elektronların tek boyutta yayılan bir demet oluşturduklarını ve Boltzmann dağılımını ihmal ederek bulabiliriz. Tek boyutta hareket için

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kT}{2}; v = \sqrt{\frac{kT}{m}}$$

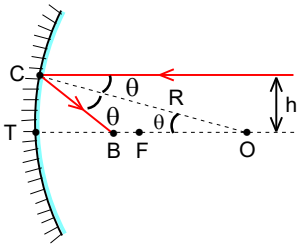
yazabiliriz. Elektronların manyetik indüksiyon alanı içinde çizdikleri yörüngelerin yarıçapı;

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

ve aranan uzaklık;

$$x = 2r = \frac{2\sqrt{kTm}}{qB}$$

olarak bulunur.



20. Şeklin geometrisinden

$$\sin\theta = \frac{h}{R}; \cos\theta = \sqrt{1 - \sin^2\theta} = \sqrt{1 - \frac{h^2}{R^2}} = 1 - \frac{h^2}{2R^2}$$

$$|OB| = |BC| = \frac{R}{2\cos\theta} = \frac{R}{2\left(1 - \frac{h^2}{2R^2}\right)} = \frac{R}{2} \left(1 + \frac{h^2}{2R^2}\right) = \frac{R}{2} + \frac{h^2}{4R}$$

$$|BF| = |BO| - |FO| = \frac{R}{2} + \frac{h^2}{4R} - \frac{R}{2} = \frac{h^2}{4R}$$

olarak bulunur.

**21.** Cisim ilk kırılma düzlemsel yüzeyden  $a=3R$  uzaklıktadır. Cismin görüntüsü bu yüzeyden;

$$\frac{1}{a} + \frac{n}{b_1} = \frac{n-1}{\infty}; \frac{1}{3R} + \frac{1,5}{b_1} = 0; b_1 = -4,5R$$

uzaklıkta oluşur. Bu görüntü küresel yüzeyin tepe noktasından;

$$a_2 = b_2 + R = 4,5R + R = 5,5R = \frac{11R}{2}$$

uzaklıktadır. Küresel yüzeyde oluşan görüntü küresel yüzeyin tepe noktasından;

$$\frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{2}{R}; \frac{1}{b_2} = \frac{2}{R} - \frac{1}{\frac{11R}{2}} = \frac{2}{R} - \frac{2}{11R} = \frac{20}{11R}; b_2 = \frac{11R}{20}$$

uzaklıkta oluşur. Bu görüntü düzlemsel yüzeyden;

$$a_3 = R - b_2 = R - \frac{11R}{20} = \frac{9R}{20}$$

uzaklıktadır. Cismin görüntüsü bu yüzeyden;

$$\frac{n}{a_3} + \frac{1}{b_3} = \frac{1-n}{\infty}; \frac{1,5}{\frac{9R}{20}} + \frac{1}{b_3} = 0; b_3 = -\frac{3R}{10}$$

uzaklıkta oluşur.

**22.** Çözme gücü;

$$\theta \approx \frac{1,22\lambda}{D} = \frac{x}{\ell}$$

ile verilir. Buradan

$$D = \frac{1,22\lambda\ell}{x} = \frac{1,22 \cdot 1000 \cdot 10^{-9} \cdot 200 \cdot 10^3}{0,5} \approx 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

olarak bulunur.

23. Işık şiddeti elektrik alanın karesi ile orantılıdır.

$$J \sim E^2$$

Polarizatörden geçen elektromanyetik dalganın elektrik alan vektörü;

$$E = E_0 \cos \theta$$

polarizatörden geçen demetin ışık şiddeti;

$$J = J_0 \cos^2 \theta$$

ile verilir. Soruda dört polarizatör söz konusu. Birinci polarizatör için  $\theta = 0^\circ$  olduğu için polarizatörden ışığın yarısı geçer.

$$J_1 = \frac{J_0}{2}$$

İkinci polarizatör birinciye göre elektrik alan vektörünü  $30^\circ$ 'lik açıya döndürmektedir. Bu polarizatörden geçen ışık şiddeti;

$$J_2 = J_1 \cos^2 30^\circ = \frac{3J_0}{8}$$

olur. Üçüncü polarizatör ikinciyeye göre elektrik alan vektörünü  $30^\circ$ 'lik açıya döndürmektedir. Bu polarizatörden geçen ışık şiddeti;

$$J_3 = J_2 \cos^2 30^\circ = \frac{9J_0}{32}$$

olur. Dördüncü polarizatör üçüncüye göre elektrik alan vektörünü  $30^\circ$ 'lik açıya döndürmektedir. Bu polarizatörden geçen ışık şiddeti;

$$J_4 = J_3 \cos^2 30^\circ = \frac{27J_0}{128}$$

olarak bulunur. Bir polarizatör ışık şiddetini;

$$\cos^2 30^\circ = \frac{3}{4}$$

iki polarizatör;

$$(\cos^2 30^\circ)^2 = \frac{9}{16}$$

kat azaltır. 2. ya da 3. polarizatör çıkarılırsa bir sonraki polarizatöre gelen ışık polarizatöre  $60^\circ$ 'lik açıyla gelir. Bu durumda azalma;

$$\cos^2 60^\circ = \frac{1}{4} = \frac{4}{16} < \frac{9}{16}$$

olur. Yani ışık şiddeti daha da azalır. 2. ve 3. polarizatör aynı anda çıkarılırsa birinci polarizatörden çıkan ışık dördüncü polarizatöre  $90^\circ$ 'lik açıyla gelir. Bu durumda;

$$\cos^2 90^\circ = 0$$

olduğu için sistemden ışık geçmez.



24. Elektronu homojen e yüklü ve yarıçapı R olan bir küre olarak kabul edelim. Elektrikli yüklü kürenin tüm potansiyel enerjisini bulmak için uygun bir yöntem kullanabiliriz. Bu kürenin içinde  $r < R$  yarıçaplı bir küre ile kalınlığı  $\Delta r$  ve yükü;

$$\Delta m = \rho \cdot 4\pi r^2 \Delta r$$

bu küresel kabuk ile seçilen küre arasındaki etkileşme enerjisi için;

$$\Delta E_{r < R} = \frac{q \Delta q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\frac{4\rho\pi r^3}{3} 4\rho\pi r^2 \Delta r}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{(4\rho\pi)^2 r^4 \Delta r}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0}$$

yazabiliriz. Burada;

$$\rho = \frac{e}{V} = \frac{e r}{\frac{4\rho\pi R^3}{3}} = \frac{3e}{4\rho\pi R^3}$$

elektron yükünün hacimsel yük yoğunluğudur. Toplam enerjisi bulmak için R yarıçaplı küre içinde tüm enerji katkıları toplamalıyız. Küre için aranan potansiyel çekim enerjisinin bulmak için R yarıçapını  $N \gg 1$  olmak üzere ve uzunlukları  $\Delta r$  olan çok küçük parçalara bölelim. Bu durumda;

$$R = N \Delta r$$

ile verilir. Kürenin merkezinden;

$$r = k \Delta r$$

küre ile r uzaklıktaki küresel kabuk arasındaki etkileşme enerjisi;

$$\Delta E_{r < R} = \frac{(4\rho\pi)^2 (k\Delta)^4 \Delta r}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0} = \frac{(4\rho\pi)^2 k^4 (\Delta r)^5}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0}$$

şeklinde yazılabilir. Kürenin toplam enerjisi;

$$\begin{aligned} E_R &= \sum_{k=0}^N \Delta E_{r < R} = \sum_{k=0}^N \frac{(4\rho\pi)^2 k^4 (\Delta r)^5}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0} = \frac{(4\rho\pi)^2 (\Delta r)^5}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0} \sum_{k=0}^N k^4 \approx \frac{(4\rho\pi)^2 (\Delta r)^5 N^5}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot 5} = \\ &= \frac{(4\rho\pi)^2 (\Delta r)^5 R^5}{15 \cdot 4\pi\epsilon_0 (\Delta r)^5} = \frac{3 \left( \frac{4\rho\pi R^3}{3} \right)^2}{5 \cdot 4\pi\epsilon_0 R} = \frac{3}{5} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R} \end{aligned}$$

olarak bulunur. Aynı sonuca integral hesabı yaparak da ulaşabiliriz. Elektronun sahip olduğu potansiyel enerjisi bulmak için kürenin içinde  $r < R$  yarıçaplı bir küre alıp kalınlığı  $dr$  olan ince küresel bir kabukla etkileşme enerjisini bulup integre edebiliriz. Buradan bu enerji;

$$dE_{r < R} = \frac{q dq}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\frac{4\rho\pi r^3}{3} 4\rho\pi r^2 dr}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{(4\rho\pi)^2 r^4 dr}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0}$$

tüm enerji;

$$E = \int_0^R \frac{(4\rho\pi)^2 r^4 dr}{3 \cdot 4\pi\epsilon_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(4\rho\pi)^2 r^5}{5} \Big|_0^R = \frac{3}{5} \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 R}$$

olarak bulunur. Elektronun hareket denklemleri için ve enerji korunumu yasası için

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}; W = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

açısal momentum için;

$$L = mvr = n\hbar$$

yazabiliriz. Buradan elektronun yörüngesinin yarıçapı ve birinci yörünge için;

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{me^2} n^2; r_1 = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{me^2}$$

aralarındaki oran;

$$\frac{R_e}{r_1} \sim \frac{3}{5} \frac{e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2 c^2} \sim \frac{e^4}{(4\pi\epsilon_0) \hbar^2 c^2} = \alpha^2$$

olarak bulunur. Diğer çözüm ise;

$$r_1 \approx 0,53 \text{ \AA} = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\frac{R_e}{r_1} \approx \frac{2,82 \cdot 10^{-15}}{0,53 \cdot 10^{-10}} = 5,32 \cdot 10^{-5}; \alpha^2 \approx \frac{1}{137^2} = 5,238 \cdot 10^{-5}$$

olur.

25. Radyoaktif bozunma için;

$$N=N_0 e^{-\lambda t}$$

yazabiliriz. Burada  $\lambda$  radyoaktif bozunma katsayısı olarak bilinir. T süre sonra çekirdeklerin yarısı bozunmuştur. Buradan radyoaktif bozunma katsayısı ile yarılanma ömrü arasındaki ilişki;

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}; \ln 2 = \lambda T; \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

olur. Soruda verilen için;

$$\lambda_A = \frac{\ln 2}{T} = 2\lambda; \lambda_B = \frac{\ln 2}{2T} = \lambda$$

yazabiliriz. A maddesinin radyoaktif bozunması için;

$$\frac{dN_A}{dt} = -2\lambda N_A; N_A = N_0 e^{-2\lambda t}$$

B maddesinin radyoaktif bozunması için;

$$\frac{dN_B}{dt} = 2\lambda N_A - \lambda N_B; \frac{dN_B}{dt} + \lambda N_B = 2\lambda N_0 e^{-2\lambda t}$$

yazılabilir. Bu denklemde A maddesinden kaynaklanan bozunmalar B maddesi için katkıda bulunmakta ve B maddesinin çekirdek sayısını arttırmakta, B maddesindeki bozunmalar ise B maddesinin çekirdek sayısını azalttığı ifade edilmiştir. Elde edilen denklem homojen olmayan bir diferansiyel denklemdir. Bu denklemin çözümü homojen olan denklemin çözümü ile homojen olmayan diferansiyel denklemin kısmi bir çözümünün toplamı ile verilir. Homojen diferansiyel denklemin çözümü;

$$\frac{dN_B}{dt} + \lambda N_B = 0; N_{B1} = N_{0B} e^{-\lambda t}$$

ile verilir. Burada  $N_{0B}$  bulunması gereken bir sabittir. Kısmi diferansiyel denklemin çözümü;

$$N_{B2} = D e^{-2\lambda t}$$

şeklinde aranılabilir. Buradan;

$$\frac{dN_{B2}}{dt} = -2\lambda D e^{-2\lambda t}$$

$$-2\lambda D e^{-2\lambda t} + \lambda D e^{-2\lambda t} = 2\lambda N_0 e^{-2\lambda t}; D = -2N_0$$

olarak bulunur. Genel çözüm;

$$N_B = N_{B1} + N_{B2} = N_{0B} e^{-\lambda t} - 2N_0 e^{-2\lambda t}$$

ile verilir.  $t=0$  anında  $N_B = 0$  olur. Bu durumda  $N_{0B}$  sabiti;

$$N_{0B} = 2N_0$$

denklemin tam çözümü;

$$N_B = 2N_0 (e^{-\lambda t} - e^{-2\lambda t})$$

olarak bulunur. C elementin aktivitesi maksimum olması için;

$$\frac{dN_B}{dt} = 0; N_B (-\lambda e^{-\lambda t} + 2\lambda e^{-2\lambda t}) = 0; t = \frac{\ln 2}{\lambda} = 2T$$

olarak bulunur.