



23. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI İKİNCİ AŞAMA (2015) SINAVI  
**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU**  
BİLİM İNSANI DESTEKLEME DAİRE BAŞKANLIĞI

5 Aralık 2015– ANKARA, Süre: 5 saat

AD: \_\_\_\_\_

SOYAD: \_\_\_\_\_

OKUL: \_\_\_\_\_

SINIF: \_\_\_\_\_

TELEFON: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

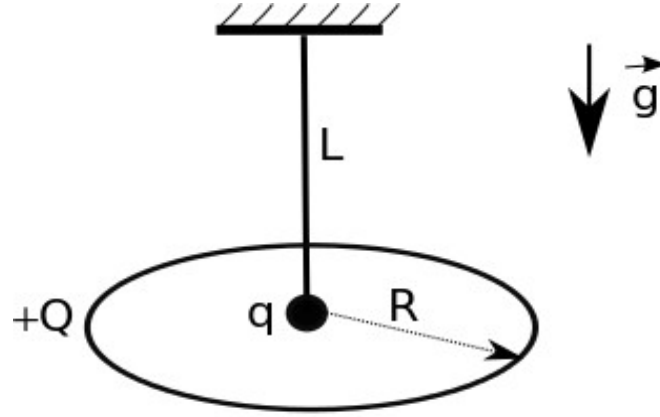
- ✓ Hesap makinesi kullanabilirsiniz.
- ✓ Sınav toplam 100 puan üzerindedir. Her bir sorunun puan değeri yanında belirtilmiştir.
- ✓ Bütün cevap sayfalarınızda belirtilen yerlere adınızı, cevaplamakta olduğunuz sorunun ve şıkkın numarasını, o sayfanın numarasını ve toplam sayfa sayısını yazınız. (örnek: 3. sorunun a şıkkı, 5. sayfada ve cevaplar için kullanılan toplam sayfa sayısı 13 ise: bunu şu formatta yazınız: 3-a; 5/13).
- ✓ Değerlendirilmesini istemediğiniz karalama sayfalarının üzerine büyük bir çarpı işareti koyunuz ve o sayfaları numaralamayınız.
- ✓ Her sayfanın sadece bir yüzünü kullanınız, sayfanın arkasını boş bırakınız.
- ✓ Her yeni soruya yeni bir kâğıtta başlayınız.
- ✓ Sadece tükenmez kalem kullanınız. Yazıp vazgeçtiğiniz şeylerin üzerine çarpı işareti (X) koyunuz, karalamayınız.
- ✓ Sınav sonunda cevap kâğıtlarınızı sıralı (en üstte cevap kâğıtları, müsvedde kâğıtları, kullanılmamış kâğıtlar ve en altta da soru kâğıtları olmak üzere) ve düzgün bir şekilde teslim ediniz.
- ✓ Odadan herhangi bir şey çıkarmanıza izin verilmemektedir.

**Bazı Gerekli Bilgiler:**

Yerçekimi ivmesinin büyüklüğü  $g=9.80\text{ m/s}^2$

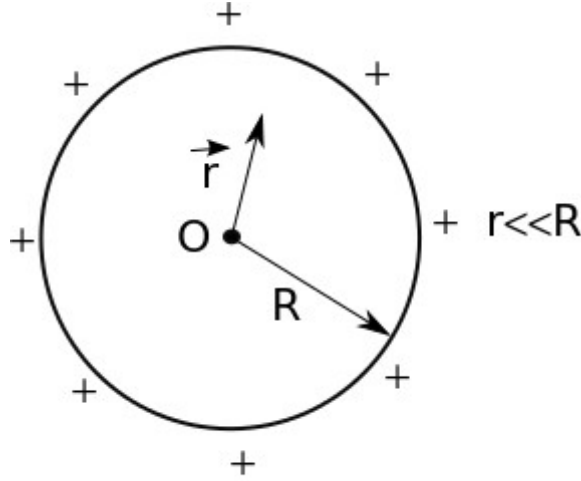
Coulomb sabiti  $k=9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

$|x| \ll 1$  ise  $(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} x^2$  yaklaşımını kullanabilirsiniz. Burada  $\alpha$  keyfi bir sabittir.

**SORU 1****ELEKTRİK YÜKLÜ SARKAÇ (22 puan)****Şekil 1**

**A)**  $m$  kütleli küçük metal bir küre  $L$  uzunluğundaki ipten şekildeki gibi asılmıştır (Şekil 1). Küre denge konumunda iken, yatay düzlemde bulunan  $R$  yarıçaplı ve  $+Q$  yüküne sahip halkanın merkezinde bulunuyor. Küreye  $q$  yükü veriliyor ve denge durumu etrafındaki küçük salınımlar inceleniyor.  $q$  yükü pozitif veya negatif olabilir.  $R$  yarıçaplı halkada  $+Q$  yükü homojen bir şekilde dağılmıştır ve kürenin küçük salınımları sırasında homojen yük dağılımı değişmemektedir. Hava direnci ihmal ediliyor.

**A1)**

**Şekil 2**

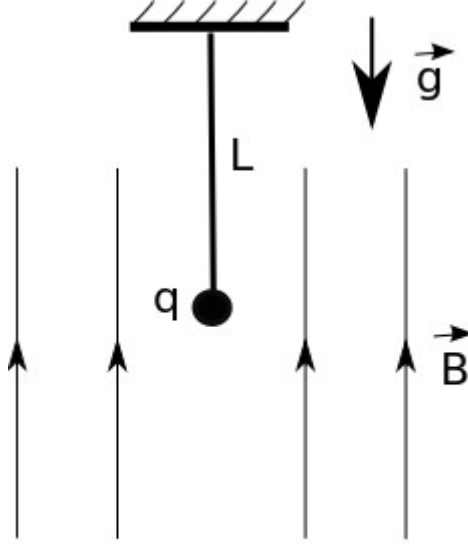
Halka düzleminde bulunan ve halkanın merkezine göre konum vektörü  $\vec{r}$  olan bir noktada (Şekil 2) elektrik alanın ifadesini bulunuz. ( $|\vec{r}| \ll R$ ) kabul ediniz. (8 puan)

**A2)**  $q$  yükünün belirli değerlerinde kürenin salınım yapacağı gösterilebilir. Metal kürenin yapacağı küçük salınımların periyodunu  $m, L, q, R, Q, k$  ve  $g$  cinsinden bulunuz. Burada  $k$  Coulomb sabiti ve  $g$  yerçekimi ivmesinin büyüklüğüdür. (5 puan)

**A3)**  $L=50\text{ cm}, R=20\text{ cm}, m=4\text{ g}, Q=q=10^{-7}\text{ C}$  değerleri için metal kürenin küçük salınımlarının periyodu  $T$  ve  $q=0$  durumunda metal kürenin küçük salınımlarının periyodu  $T_0$  ise,  $\frac{(T_0 - T)}{T_0}$  değerini hesaplayınız. (1 puan)

**A4)**  $q$  yükünün hangi değerlerinde kürenin küçük salınımlar yapabileceğini bulunuz. (2 puan)

**B)**



Şekil 3

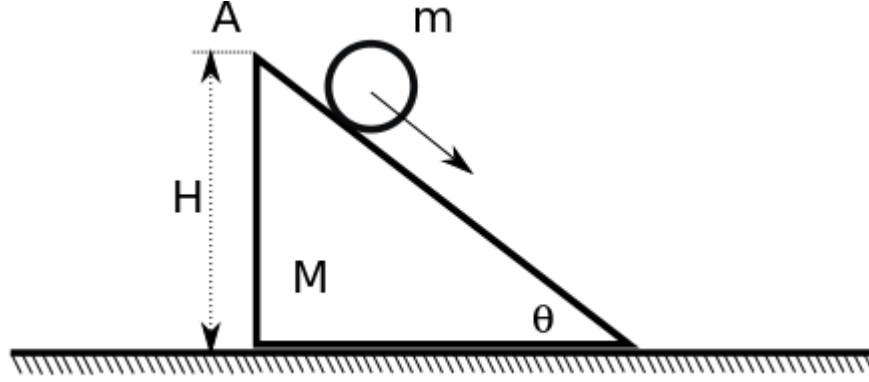
$L$  uzunluklu ipten asılmış  $m$  kütleli ve  $q$  elektrik yüklü küçük metal kürenin büyüklüğü  $B$  olan homojen bir manyetik alandaki küçük salınımlarını ele alalım ( Şekil 3 ). Manyetik alan düşey doğrultudadır ve  $\frac{L}{g} \ll \left(\frac{m}{qB}\right)^2$  koşulu sağlanmaktadır. Havanın direnci ihmal ediliyor.

**B1)** Manyetik alanın etkisi ile salınım düzleminin dönebileceğini gösteriniz ve salınım düzleminin dönme periyodunu bulunuz. (5 puan)

**B2)**  $L=50\text{ cm}, m=4\text{ g}, q=10^{-7}\text{ C}$  ve  $B=1\text{ T}$  değerleri için salınım düzleminin dönme periyodunu hesaplayınız. (1 puan)

## SORU 2

## KAYAN VE YUVARLANAN SİLİNDİR (28 puan)



Şekil 4

Yatay düzlem üzerinde eğim açısı  $\theta=37^\circ$  olan  $M$  kütleli eğik düzlem bulunmaktadır (Şekil 4).

**A)** Önce eğik düzlem yatay düzleme sabitlenir. Eğik düzlem üzerindeki ve yerden  $H$  yükseklikteki  $A$  noktasından  $m$  kütleli içi dolu homojen silindir başlangıç hızla serbest bırakılıyor ve belirli bir zaman sonra eğik düzlemin en alt noktasına ulaşılıyor. Bu durumda silindirin hareketi süresince eğik düzlem dünyaya göre hareketsiz kalıyor.

**A1)** Silindir ile eğik düzlem arasındaki sürtünme katsayısı  $k_0=\frac{1}{8}$  ise, açığa çıkan ısı enerjisini  $mgH$  cinsinden bulunuz. (8 puan)

**A2)** Silindir ile eğik düzlem arasındaki sürtünme katsayısının hangi değeri için açığa çıkan ısı enerjisi maksimum olur? Açığa çıkabilecek bu maksimum ısı enerjisini  $mgH$  cinsinden bulunuz. (2 puan)

**B)** Eğik düzlem ile yatay düzlem arasında sürtünme olmadığı durumu ele alalım. Yine eğik düzlem üzerinde yerden  $H$  yükseklikteki  $A$  noktasından  $m$  kütleli içi dolu homojen silindir başlangıç hızla serbest bırakılıyor. Silindir ile eğik düzlem arasındaki sürtünme katsayısı  $k$  'dır. Silindir hem yuvarlanarak, hem de eğik düzleme göre kayarak belirli bir zaman sonra eğik düzlemin en alt noktasına ulaşır. Bu durumda silindirin hareketi süresince eğik düzlem de dünyaya göre hareket ediyor.

**B1)** Silindir ile eğik düzlem arasındaki sürtünme katsayısı  $k$  'nın hangi değerleri için silindir hem yuvarlanarak, hem de eğik düzleme göre kayarak hareket eder?  $k$  'nın bu değerlerini  $m, M$  ve  $\theta$  cinsinden bulunuz. (8 puan)

**B2)** Açığa çıkan ısı enerjisini  $m, k, M, g, H$  ve  $\theta$  cinsinden bulunuz. (9 puan)

**B3)** Eğik düzlemin kütlesi  $M=3m$  , silindir ile eğik düzlem arasında sürtünme katsayısı  $k_1=\frac{1}{8}$  ise, açığa çıkan ısı enerjisini  $mgH$  cinsinden bulunuz. (1 puan)

**SORU 3****BOSE-EINSTEIN YOĞUNLAŞMIŞ GAZ (10 puan)**

Bazı gazlarda çok düşük sıcaklıklarda atomların bir kısmı enerjisi  $E=0$  olan temel duruma geçer. Enerjisi  $E=0$  olan temel duruma geçen atomlar gazın basıncına ve iç enerjisine katkı sağlamazlar. Bu olaya Bose-Einstein yoğunlaşması denir. Bu olay ilk kez 1995 yılında, rubidyum atomu gazlarının  $170\text{ nK}$  (nanoKelvin) sıcaklığına soğutulması ile gözlenmiştir. Eric Cornell, Carl Wieman ve Wolfgang Ketterle alkali metal atomlarından oluşan gazda Bose-Einstein yoğunlaşmasının elde edilmesinden dolayı 2001 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü kazandılar.

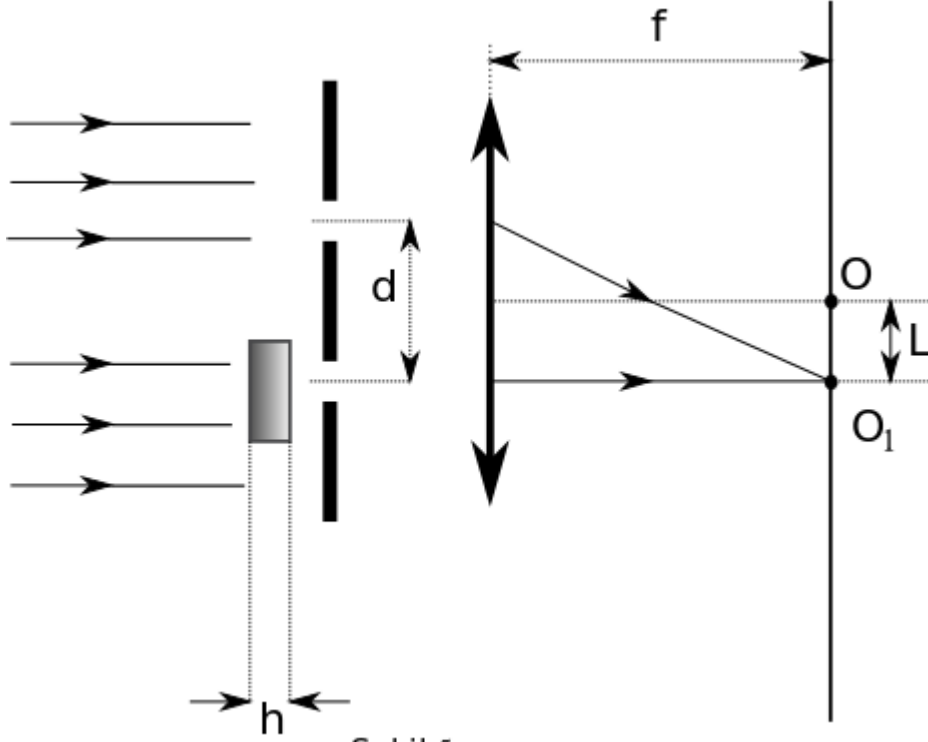
Çok düşük sıcaklıklarda, belirli bir  $T_c$  sıcaklığının (Bose-Einstein yoğunlaşma sıcaklığı) altında,

Bose-Einstein yoğunlaşmasının gerçekleştiği  $n=1\text{ mol}$  gazın iç enerjisi  $U=\frac{3}{2}AVT^{\frac{5}{2}}$ , basıncı

ise  $P=AT^{\frac{5}{2}}$  şeklinde ifade edilir. Burada  $V$  gazın hacmi,  $T$  gazın sıcaklığı ve  $A$  sabit bir sayıdır. Bu koşullarda bir gazla  $TV^\alpha=\text{sabit}$  olacak şekilde genleşme süreci gerçekleştirilir. Burada  $\alpha$  reel bir sayıdır.  $\alpha$  sayısının hangi değerlerinde gazın ısı aldığını ve  $\alpha$  sayısının hangi değerlerinde gazın ısı verdiğini bulunuz.

## SORU 4

## BEYAZ IŞIKLA GİRİŞİM (15 puan)



Şekil 5

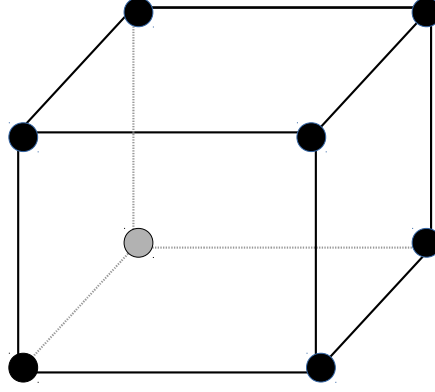
Beyaz ışık kaynağının yaydığı düzlem dalga üzerinde çok ince iki yarık bulunan ekrana düşüyor. Ekranın hemen arkasında odak uzaklığı  $f=100\text{ cm}$  olan merceğin odak düzleminde girişim deseni inceleniyor ( Şekil 5). Bu durumda merkezi  $O$  noktasında bulunan beyaz saçak gözlemleniyor. Ekrandaki yarıklardan birinin önüne yüzeyleri ekrana paralel olacak şekilde kalınlığı  $h=0.009\text{ mm}$  olan saydam bir levha yerleştiriliyor. Levhanın kırılma indisi ışığın

$\lambda$  dalga boyuna bağlı olarak  $n=A-B\lambda$  şeklinde değişmektedir. Burada  $B=10^{-4}\frac{1}{\text{nm}}$  ve

$A$  ise sabit bir sayıdır. Ekrandaki yarıklardan birinin önüne levha yerleştirildikten sonra merceğin odak düzlemindeki perdede gözlemlenen beyaz saçığın merkezi  $O$  noktasından  $O_1$  noktasına kayıyor.  $L=|OO_1|=2\text{ mm}$  'dir. Yarıklar arasındaki mesafe  $d=4.5\text{ mm}$  'dir.

**A)**  $A$  sabitini bulunuz. (10 puan)

**B)**  $O_1$  noktasında gözlemlenen beyaz saçaktaki ışık şiddetinin, yarıklardan birinin önüne saydam levha yerleştirilmeden önce  $O$  noktasında gözlemlenen beyaz saçaktaki ışık şiddetine oranını bulunuz. (5 puan)

**SORU 5****KÜBİK KRİSTALLER (25 puan)**

Şekil 6

Köşe noktalarında özdeş  $m$  kütleli atomlar bulunan basit kübik örgü yapısına (Şekil 6) sahip kristalin özelliklerini ele alalım. Kristalin her hangi bir atomunun yalnız en yakın komşu atomları ile etkileştiğini ve iki komşu atomunun etkileşme potansiyel enerjisinin  $U = \frac{a}{r^{12}} - \frac{b}{r^6}$  şeklinde ifade edildiğini kabul edelim. Burada  $r$  komşu atomlar arası mesafe,  $a$  ve  $b$  pozitif sabit sayılardır. İki atom arasındaki etkileşim kuvveti potansiyel enerji cinsinden  $F = -\frac{dU}{dr}$  şeklinde ifade edilir.

**A)** Kristaldeki atomların denge konumunda hareketsiz olduğu yaklaşımda kristalin  $\rho$  özkütlesini ve süblimleşme ısısını ( $M=1\text{ kg}$  kütleli katı cisim, katı halden gaz haline geçirmek için gereken ısıyı)  $a$ ,  $b$  ve  $m$  cinsinden bulunuz. (8 puan)

**B)**



Şekil 7

Bu kristalden yapılmış ve sürtünmesiz yatay düzlemde bulunan  $L_0$  uzunluklu ve  $S_0$  kesit alanına sahip bir çubuk ele alalım. Bir ucu sabitlenmiş bu çubuğa, çubuk doğrultusunda  $\vec{F}$  kuvveti uygulanırsa, çubuğun boyu  $L$  oluyor (Şekil 7). Bu durumda  $\sigma = \frac{F}{S_0}$  niceliği çubuktaki



gerilmeyi,  $\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0}$  ise çubuğun bağıl uzamasını ifade eder. Deneyler gösterir ki,  $\epsilon$  'nun belirli değerlerinde  $\sigma = E\epsilon$  olur. Buradaki  $E$  her bir malzeme için sabit olup, Young modülünü gösterir.

Bu kristalin Young modülünü  $a$  ,  $b$  ve  $m$  cinsinden bulunuz. Bu kristalden yapılmış  $L_0$  uzunluklu bir çubuğun kopmadan dayanabileceği maksimum bağıl uzama  $\epsilon = \frac{L_{max}-L_0}{L_0}$  değerini hesaplayınız. Burada  $L_{max}$  çubuğun kopmadan uzayabileceği maksimum uzunluktur. (8 puan)

**C)**  $T$  sıcaklığındaki bir kristalde her hangi bir atomun ortalama enerjisi  $E=U(r_0)+3kT$  olarak yazılabilir. Burada  $r_0$  denge durumunda en yakın komşu atomlar arası mesafe,  $k$  Boltzman sabiti,  $kT$  ise bir boyutlu salınım hareketine uygun enerjidir. Bu kristalin boyca termal genleşme katsayısını  $a$  ,  $b$  ve  $m$  cinsinden bulunuz. (9 puan)