

# KATIHAL FİZİĞİ-1

## TESTLER-1

### TEST-1 (KRİSTALOGRAFIYE GİRİŞ)

1) Kristal yapı ile ilgili aşağıdakilerden hangisi **yanlıştır**?

a) Kristal yapıda simetriklik vardır. b) Kristal üç boyutta periyodik bir atomik düzene sahiptir. c) Amorf yapılar farklı doğrultulu fiziksel zorlanmaya karşı farklı direnç gösterir. d) Kristal yapıda periyodikliği bozabilecek az ya da çok sayıda kusur bulunabilir. e) Sıvılar, gazlar ve cam kristal yapı göstermez.

2) Bir Bravais örgüsünde  $a \neq b \neq c$  ve  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  ise bu sistem aşağıdakilerden hangisidir?

a) Monoklinik b) Kübik c) Tetragonal d) Heksagonal e) Ortorombik

3) İdela bir bizmut (Bi) kristalinin birim hücresi  $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$  referans vektörlerine bağlı olup, bu vektörler arasında  $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$  açılar söz konusudur. Buna göre bizmutun kristal yapı sistemi aşağıdakilerden hangisidir?

a) Tetragonal b) Rombohedral c) Triklirik d) Ortorombik e) Monoklinik

4) I-Basit (P), II-Yüz merkezli (F), III-Taban merkezli ©, IV-Hacim merkezli (I)

Bir bakır kristalinin (Cu) uzay örgüsü yukarıdakilerden hangileri olabilir?

a) Yalnız I b) Yalnız II c) II ve III d) I, II ve IV e) I, II, III ve IV

5) Kristaller için kaç çeşit uzay örgüsü bulunmaktadır?

a) 3 b) 7 c) 14 d) 27 e) 49

6) Aşağıdakilerden hangisi simetri elemanlarından biri değildir?

a) Paralel eksenler düzlemi b) Dönme-yansıma eksen c) Simetri merkezi d) 1,2,3,4 ve 6'lı dönme eksenleri e) Simetri düzlemi

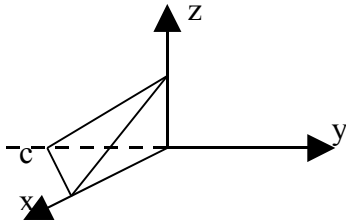
7) Kristallerde toplam kaç tane simetri sınıfı vardır?

a) 7 b) 14 c) 32 d) 48 e) 54

8) Aşağıdaki kristal sistemlerinin hangisinde simetri elemanı yoktur?

a) Monoklinik b) Tetragonal c) Kübik d) Ortorombik e) Triklirik

9)



Yukarıdaki şeklin xzc düzleminin Miller indisleri (h,k,l) aşağıdakilerden hangisi olabilir?

a) (1,1,1) b) (1,-1,1) c) (2,1,-1) d) (-1,0,1) e) (2,-1,1/2)

10) Kristallerdeki yapı kusurlarıyla ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

a) Kristallerde yapı kusurları; noktasal, çizgisel ve hacimsel olmak üzere üç gruptadır. b) Noktasal yapı kusuruna sahip bir metalin boşluk sayısı onun entropisinden bağımsızdır. c) Çizgisel yapı bozuklukları dislokasyon tipi bozukluklardır. d) Kristallerde dislokasyon tipini Burgers vektörünün durumu belirler. e) Dislokasyon enerjisi Burgers vektörünün karesi ile doğru orantılıdır.

11) Bir metalin oda sıcaklığında boşluk enerjisi  $E_f=2,6$  eV dur. N atomlu bu metalin atom başına boşluk sayısı arasında  $N/n=10^{-3}$  oranı olduğuna göre bu metalin entropisi aşağıdakilerden hangisidir?  
a)  $10^3 e^{100}$     b)  $100e^3$     c)  $3e^{10}$     d)  $10^{-2}e^{1000}$     e)  $e^{100}$

### CEVAPLAR-TEST-1

1-c    2-e    3-b    4-b    5-c    6-a    7-c    8-e    9-b    10-b    11-a

### TEST-2 (KRİSTALDE KİRİNİM)

1) Bir kristal yapı 20 keV enerjili x-ışınları ile incelenmektedir. Kristale gelen ışınlarla saçılan ışınlar aynı frekansta olduğuna göre, saçılan ışınların dalga boyu kaç Å dır?

a) 0,36    b) 0,62    c) 1    d) 1,24    e) 2

2) Bir kristal örneği  $6,75 \cdot 10^{-2}$  eV enerjili nötronlarla incelenmektedir. Kristal ideal bir kristaldir. Kristal atomlarından yansıyan nötronların dalga boyu kaç Å dır?

a) 0,6    b) 0,8    c) 1    d) 1,2    e) 1,4

3) Bir kristal örneği bir elektron mikroskopunda incelenmektedir. Kristalden saçılan elektron ışınımı mikroskopun elektromanyetik merceğine 0,1226 Å dalga boyu olarak geliyor. Bu mikroskopun elektron hızlandırma gerilimi kaç kV'dur?

a) 1,226    b) 6    c) 8,26    d) 10    e) 12,26

4) Atomlar arası uzaklık d olan bir kristal örgüde  $\lambda$  dalga boyu ışınlar gönderilmektedir. Gelen ışınlar bir birine paralel olup kristalde Bragg yansıması oluşturmaktadır.  $\lambda=2$  Å için 3.yansıma derecesinde  $\theta=60^\circ$  olduğuna göre, atomlar ya da kristal düzlemleri arasındaki d uzaklığı kaç Å'dır?

a)  $2(3)^{1/2}$     b)  $3^{1/2}$     c)  $(3/4)^{1/2}$     d) 3    e)  $3(3)^{1/2}$

5) Bir kristal örgüde kristal düzlemleri arası uzaklık d dir. komşu iki düzleme paralel gelen  $\lambda$  dalga boyu x-ışınları için 1.yansıma derecesinde ( $n=1$ ) yansıma açısı kaç derecedir? ( $d=\lambda$ )

a) 15    b) 30    c) 45    d) 60    e) 90

6) Atomlar arası uzaklık a olan üç boyutlu bir kristal örgüde, birim hücrenin hacmi V dir. Bu örgünün 1.Brillouin bölgesinin hacmi aşağıdakilerden hangisidir?

a)  $4\pi^2 V$     b)  $(2\pi)^3 V$     c)  $\pi^3/V$     d)  $(2\pi)^3/V$     e)  $(4/3)\pi V$

7) İki boyutlu bir kare örgüde atomlar arası uzaklık a dır. Böyle bir örgüde 1.Brillouin bölgesinin alanı  $A_1$ , 2.Brillouin bölgesinin alanı  $A_2$  ise,  $A_1/A_2$  oranı nedir?

a)  $(4\pi^2)/a^2$     b)  $\pi/a$     c) 1    d)  $(2)^{1/2}$     e)  $(3/4)^{1/2}$

8) Atomları arası uzaklık a/2 olan bir ABAB.....AB atomik dizisine dik doğrultuda bir x-ışını demeti gönderiliyor. Işın demeti atomik dizi ile  $\theta$  açısı yaparak kırılıyor. Yapıcı girişim olması için aşağıdaki koşullardan hangisi sağlanmalıdır? ( $n=1,2,3 \dots$  tamsayılar,  $\lambda$  dalga boyu)

a)  $n\lambda = a \cos \theta$     b)  $n\lambda = a \sin \theta$     c)  $n\lambda = 2a \sin \theta$     d)  $n\lambda = 2a \cos \theta$     e)  $n\lambda = a \tan \theta$

9) Atomlar arası uzaklık a olan bir kristal örgüde I.Brillouin bölgesinin merkezinden çeşitli doğrultularda ve büyüklüklerde alınan  $|\vec{k}|$  dalga vektörlerinden hangisi Bragg yansıması vermez?

a)  $(6/5)(\pi/a)$     b)  $(2)^{1/2}(\pi/a)$     c)  $(27/16)^{1/2}(\pi/a)$     d)  $(\pi/a)$     e)  $(3/4)^{1/2}(\pi/a)$

10) Deneysel kırınım metotlarıyla ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

a) Laue metodunda kullanılan kristal tek kristal özelliğine sahip olmalı    b) Döner kristal metodunda kristal düzlemleri dönme eksenine dik olmalı    c) Toz kırınım metodunda kristal örgü düzlemlerine ait koni takımları oluşur    d) Döner kristal metodunda dönme eksenine

paralel olan tüm düzlemler sıfır tabaka çizgisi olarak seçilir e)Laue metodunda kristalden saçılan ışınlar geri yansımali ve geçirimli olmak üzere iki türlü desen oluşturlar.

### CEVAPLAR-TEST-2

1-b 2-d 3-d 4-a 5-b 6-d 7-c 8-a 9-e 10-b

### TEST-3 (KRİSTAL BAĞLANMA)

1)İki helyum atomunun pozitif iyonları arasındaki uzaklık  $10 \text{ \AA}$ , atomların polar dipolma sabiti  $\alpha=2 \cdot 10^{-22} \text{ cm}^3$  ve atomların titreşim frekansı  $10^{15} \text{ Hz}$  dir. Atomlar arasında London etkileşme enerjisi kaç eV'dur? ( $h=6,6 \cdot 10^{-27} \text{ erg.s}$ ,  $1 \text{ \AA}=10^{-8} \text{ cm}$ )  
a)0,5 b)1,6 c)2 d)3 e)4

2)İki özdeş gaz atomu arasındaki uzaklık  $R=50 \text{ \AA}$  ve atomlar arasındaki polar dipol sabiti  $32 \cdot 10^{-21} \text{ cm}^3$  tür. Titreşen bu atomların öz (eigen) frekansları oranı (simetrik/antisimetrik)  $\nu_s/\nu_a$  nedir?  
a)0,6 b)1,7 c)2,4 d)3,2 e)4,9

3) $\text{H}_2^+$  molekülü elektronunun H çekirdeklerinden uzaklığı  $r_a$  ve  $r_b$  dir. Bu durumda elektronun, molekülün enerjisine katkısı  $E_a$  ve  $E_b$  dir. Elektronun her bir durum için dalga fonksiyonu ise  $\psi_a$  ve  $\psi_b$  dir. Rezonans durumunda molekülün  $\beta$  rezonans integralinin değeri;  $\beta=E_a/2$  ve  $S=\int \psi_a \psi_b d\tau=1/2$  olduğuna göre, bu molekülün simetrik durumdaki enerjisinin simetrik olmayan durumdaki enerjisine oranı  $E_s/E_A$  nedir? (çekirdeğin itme enerjisi ihmal edilebilir)  
a)1 b)1/2 c)2 d)3/2 e)3

4)H atomunun yarıçapı, aynı koşullarda, aşağıdaki durumların hangisinde en büyüktür?  
a) $\text{H}_2\text{O}$  (sıvı) b) $\text{H}_2\text{SO}_4$  c) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  d) $\text{H}_2$  e)HF

5)Bir  $\text{H}_2^+$  molekülü simetrik durumda iken aşağıdakilerden hangisine sahip olamaz? ( $a_0$ =Bohr yarıçapı)  
a) $r=2a_0$  iyonun denge durumudur b)İyon denge durumunda minimum enerjiye sahiptir c) $r=a_0$  da iyon en kararlıdır d)Minimum enerji durumunda elektron yoğunluğu eğrisi serbest atomların elektron yoğunluğunun ortalamasıdır e)Molekülün yük dağılımı simetriktir.

### CEVAPLAR-TEST-3

1-e 2-b 3-a 4-d 5-c

### TEST-4 (ÖRGÜ DİNAMİĞİ)

1)Birim hücrede bir tek atom bulunan bir kristalde atomlar arası uzaklık  $1 \text{ \AA}$ , bir atomun kütlesi  $5 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  dir. kristal atomları kristal düzlemine dik ve enine titreşim yaptıklarında kuvvet sabiti kuvvet sabiti  $10^{-1} \text{ N/m}$ , kristalin dalga vektörü  $10^7 \text{ m}^{-1}$  oluyor.  $0 < m < 5$  durumu için frekans kaç Hz'dir? ( $1 \text{ \AA}=10^{-10} \text{ m}$ ,  $\pi=3$ )  
a) $(1/6)^{1/2} 10^{12}$  b) $(1/5) 10^{12}$  c) $(20/25)^{1/2} 10^{-26}$  d) $(1/3)^{1/2} 10^{-28}$  e) $(3/25)^{1/2} 10^{14}$

2)Birim hücrede tek atom bulunan bir kristalin enine titreşimi için dispersiyon bağıntısı  $w^2 = \frac{2}{M} \sum_{m>0} C(1 - \cos mKa)$  dir. Bu kristalin I.Brillouin bölge sınırında  $w/K$  eğimi nedir? (M:atomun kütlesi, C:enine titreşim kuvvet sabiti, m:tamsayı, K:dalga vektörü, a:atomlar veya düzlemler arası uzaklık)  
a) $(2Ca^2)/M$  b) $(4C^2a^2)/M^2$  c)0 d) $(2C/M)^{1/2}a$  e)1

3) Birim hücrede tek atom bulunan bir Lityum kristalde, atom düzlemleri arası uzaklık  $1 \text{ \AA}$ , atomların kütlesi  $6.10^{-27} \text{ kg}$  ve atomların enine titreşim kuvvet sabiti  $10^3 \text{ N/m}$  dir. Bu kristalde  $mKa < 1$  koşulunda ve  $0 < m < 5$  durumunda grup hızı nedir? (m:tamsayı, K:dalga vektörü)

- a)  $(2)^{1/2} 10^{14}$       b)  $(3/4)^{1/2} 10^4$       c)  $(1/3) 10^4$       d)  $(2)^{1/2} 10^2$       e)  $(5)^{1/2} 10^2$

4) Birim hücrede iki atom bulunan bir kristal örgüde, enine titreşimler için dispersiyon bağıntısı

$$w^2 = C \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right) \pm C \sqrt{\left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)^2 - \frac{4 \sin^2(Ka/2)}{M_1 M_2}}$$

dir. Ka'nın küçük olduğu durumlarda  $w^2$

- aşağıdakilerden hangisi olabilir?
- a)  $C \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)$       b)  $\frac{CK^2 a^2}{2(M_1 + M_2)}$       c)  $\frac{CKa}{(M_1 + M_2)}$       d)  $C \left( \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right) - \frac{2CK^2 a^2}{M_1 M_2}$       e)

$$\frac{M_1 M_2 K^2 C^2}{(M_1 + M_2)^2}$$

5) Birim hücrede eşit kütleli iki atom bulunan bir kristal örgüde, atomlar enine titreşim yapmaktadır. Bu tür titreşimlerin dağılım bağıntısı  $M^2 w^4 - 4Cw^2 + 2C^2(1 - \cos Ka) = 0$  olduğuna göre, Ka'nın küçük değerleri için I.Brillouin bölge sınırında  $w_1/w_2$  oranı nedir? ( $\pi=3$ )

- a) 4/3      b) 25/9      c) 5/3      d) 16/9      e) 9/4

6) Birim hücrede iki atom bulunan bir çizgisel örgüde, Ka'nın küçük değerleri için I.Brillouin bölgesi sınırında optik dalga frekansının akustik dalga frekansına oranı nedir? ( $M_1 > M_2$ )

- a)  $[(M_1 + M_2)/(M_1 - M_2)]^{1/2}$       b)  $(M_2/M_1)^{1/2}$       c)  $(M_1 + M_2)^2/(M_1 M_2)$       d)  $(M_1/M_2)$       e)  $[(M_1 + M_2)/(M_1 M_2)]^{1/2}$

7) Bir kristalde uzun dalga boyları için sesin yayılma denklemi  $\frac{d^2 U}{dt^2} = v^2 \frac{d^2 U}{dx^2}$  dir. Bu kristalde

yayılan ses dalgasının genliği  $a/2 \text{ m}$  ve dalga vektörü (sayısı)  $\pi/a$  iken, dalganın maksimum hızı kaç  $\text{m/s}$ 'dir? ( $v=330 \text{ m/s}$ ,  $\pi=3$ )

- a) 330      b) 450      c) 495      d) 515      e) 530

8) Tek atomlu çizgisel bir kristal örgüde, atomlardan birinin M ve komşu iki atom arasındaki uzaklık a dır. n atomlu bu sistemde yayılan boyuna bir dalganın toplam enerjisi

$$E = \frac{1}{2} M \sum_n \left( \frac{dU_n}{dt} \right)^2 + \frac{1}{2} C \sum_n (U_n - U_{n+1})^2$$

şeklindedir. Dalganın fonksiyonu  $U_n = U \cos(\omega t - nKa)$  olduğuna göre, her bir atom için zaman ortalamasında, I.Brillouin bölgesinin açılma frekansı ( $\omega$ ) nedir? (C: kuvvet sabiti)

- a)  $MC/a$       b)  $2Ca^2/M$       c)  $4C/M$       d)  $(C/M)^{1/2}$       e)  $2(C/M)^{1/2}$

9) Bir kristalde bir U hacim elemanı,  $U = U_0 \cos Kx \cdot \cos \omega t$  dalga fonksiyonuyla hareket etmektedir.

Bu kristaldeki fononların toplam enerjisi  $E = \left( n + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega$  ve fononların ortalama kinetik enerjisi

$(1/8) \rho V \omega^2 U_0^2$  olduğuna göre,  $n=2$  durumundaki fonon genliğinin  $n=1$  deki fonon genliğine oranı nedir? (V:kristalin hacmi,  $\rho$ :yoğunluk)

- a)  $(1/2)^{1/2}$       b)  $(5/3)^{1/2}$       c)  $2^{1/2}$       d)  $(3/2)^{1/2}$       e)  $(5/8)^{1/2}$

10) Bir kristal örgüye  $12.10^{-27} \text{ kgm/s}$  momentumlu fotonlar gönderiliyor. Gelen fotonlar momentumunun %25 ini atomlara geri tepme olarak aktarıp,  $8.10^{-27} \text{ kgm/s}$  momentumla inelastik saçılıyorlar. Kristalde açığa çıkan fonon momentumu nedir? ( $\hbar/2\pi = 10^{-34} \text{ J.s}$ )

- a)  $5.10^{-27}$       b)  $6.10^{-27}$       c)  $8.10^{-27}$       d)  $1.10^{-27}$       e)  $4.10^{-27}$

## CEVAPLAR-TEST-4

1-a 2-c 3-e 4-b 5-a 6-d 7-c 8-e 9-b 10-a

## TEST-5 (ISISAL ÖZELLİKLER)

1)  $N_0$  atomlu bir kristal örgüde  $R_m$  genliğiyle ve  $w$  açılal frekansıyla harmonik hareket yapan bir atom için hız  $v=(dr/dt)$  ve geri çağırıcı kuvvet sabiti  $K$  dir. klasik Boltzman dağılımına göre, bu sistemin  $T$  sıcaklığındaki toplam örgü enerjisi nedir? ( $k$ :Boltzman sabiti)

a) $\langle E \rangle = 3N_0kT$  b) $\langle E \rangle = 2N_0kT$  c) $\langle E \rangle = N_0kT$  d) $\langle E \rangle = (1/2)N_0kT$  e) $(3/2)N_0kT$

2) Bir mol ( $6.10^{23}$  atom) atomdan oluşmuş bir kristalde titreşim yapan atomların toplam enerjisi

$E = \frac{3N\hbar w_E}{e^{\hbar w_E / kT} - 1}$  dir. Bu kristalin  $\hbar w_E / kT$  kritik durumu için ısı sığası kaç  $J/K$ 'dir? ( $w_E$  bütün

atomlar için aynı, hacim sabit,  $k=1,4.10^{-23}J/molK$ ,  $e=2,7$  )

a)15,64 b)23,52 c)32,67 d)37,8 e)54,85

3)  $N$  atomlu bir kristal için Einstein ısı sığası  $C_v = \frac{3Nk(\hbar w_E / kT)^2 e^{\hbar w_E / kT}}{(e^{\hbar w_E / kT} - 1)^2}$  şeklindedir.  $\hbar w_E / k = T_E$

Einstein sıcaklığıdır.  $T \ll T_E$  durumu için; bu kristalin  $T_1=10$  K'deki ısı sığasının  $T_2=20$  K'deki ısı sığasına oranı nedir? ( $T_E=1000$  K)

a) $2.e^{12}$  b) $3.e^{-25}$  c) $4.e^{-50}$  d) $5.e^{-100}$  e) $6.e^{120}$

4)  $N$  atomlu bir kristalin alçak sıcaklıklarda toplam Debye titreşim enerjisi  $E = \int_0^{w_m} \frac{(\hbar w) \cdot g(w) \cdot dw}{(e^{\hbar w / kT} - 1)}$  dir.

$g(w)=w/K$  ise  $m=3$ , yani üç boyutlu katı için ısı sığası aşağıdakilerden hangisine en uygundur? ( $K$ :dalga sayısı,  $A$ :Debye sabiti)

a)AT b)AT<sup>2</sup> c)AT<sup>3</sup> d)AT<sup>4</sup> e)AT<sup>5</sup>

5)  $N$  atomlu ve  $T$  sıcaklığındaki bir kristalin birim hacmi için örgü titreşim enerjisi

$E = \left[ \frac{9NkT^4}{v\theta_D^3} \right] \int_0^{(\theta_D/T)} \frac{x^3 dx}{(e^x - 1)}$  şeklindedir. Burada  $x = \hbar w_E / kT$  dir. Bu kristalin  $\theta_D \gg T$  alçak

sıcaklıkta ısı sığasının en büyük teriminin en küçük terimine oranı nedir? ( $\theta_D$ :Debye sıcaklığı,  $\theta_D/T=y$  )

a) $4.y^5$  b) $(1/6).y^2$  c) $(1/4).y^3$  d) $(1/12).y^6$  e) $(1/24).y^4$

6) Hacmi  $10^{-6} m^3$  olan bir kristalde  $108.10^{24}$  tane atom vardır. Bu kristal için  $g(w)$  Debye fonksiyonu

$(3w^2)/(2\pi^2V_0^3)$  ve birim hacim kip yoğunluğu  $\frac{3N}{V} = \int_0^{w_D} g(w) \cdot dw$  olduğuna göre, karakteristik Debye

sıcaklığı  $\theta_D$  kaç K'dir? ( $V_0=3,9.10^2 m^3$ ,  $\hbar=10^{-34} J.s$ ,  $k=1,3.10^{-23} J/molK$ ,  $\pi=3$ )

a)620 b)865 c)1250 d)760 e)540

7) Yüksek sıcaklıklar mertebesinde bir katının sıcaklığını 2 kat artırırsak, ısı iletim katsayısı kaç kat artar? (hacim değişmiyor)

a)1 b)1/4 c)4 d)1/2 e)2

8) Bir deneysel düzenekte oluşturulan 7,32 GHz frekanslı fononlar, bir X kristali içindeki 7,28 GHz frekanslı fononlar ile etkileştiriliyor. Her iki fonon ışını paralel be boyunadır. Bu etkileşimde ortaya çıkacak 3.fononun frekansı en fazla kaç GHz olur?

a)0,04 b)14,60 c)10,32 d)7,30 e)42,60

9) Bir kristalde atomlar denge konumundan mutlak sıcaklıkta (civarında)  $x$  kadar uzakta iken potansiyel enerji fonksiyonu  $U(x)=Ax^2-Bx^3-Cx^4$  şeklindedir.  $A=10^{-17}J/m^2$ ,  $B=10^{-18}J/m^3$ ,  $C=10^{-19}J/m^4$  olmak üzere, bu kristalin sıcaklığı  $400K$ 'e çıkarılırsa, ortalama ısıl genişleme  $\langle x \rangle$  kaç m olur? ( $k=1,3 \cdot 10^{-23}J/molK$ , etkileşme klasik)

- a)  $4,2 \cdot 10^{-3}$     b)  $4,2 \cdot 10^{-2}$     c)  $3,9 \cdot 10^{-5}$     d)  $3,9 \cdot 10^{-6}$     e)  $3,25 \cdot 10^{-4}$

10) Alçak sıcaklıklarda  $R$  yarıçaplı bir kristalin ısı sığası  $A \cdot T^3$  ve örgü ısıl direnci  $H$ 'dir. Bu kristalin yarıçapı üç katına çıkarılıp sıcaklığı yarıya indirilirse ısıl örgü direnci kaç  $H$  olur? ( $A$ :sabit, diğer parametreler sabit)

- a)  $3/8$     b)  $3/2$     c)  $6$     d)  $2/3$     e)  $8/3$

## CEVAPLAR-TEST-5

- 1-a    2-b    3-c    4-c    5-a    6-e    7-d    8-b    9-c    10-e

## TEST-6 (METALLERDE ELEKTRONLAR)

1) Aşağıdakilerden hangisi metallerin özelliklerinden biri değildir?

- a) İzotermal şartlar altında Ohm kanununa uyarlar    b) elektriği çok iyi iletirler    c) Serbest elektron gazının manyetik alınganlık katsayısı oldukça büyük ve sıcaklığa bağlıdır    d) Sıcaklık gradyenti vardır, bu gradyent elektrik akımı ve potansiyel farkının doğuşuna yol açar    e) Serbest elektron gazı çok düşük bir elektronik ısı sığasına sahiptir.

2) Metallerin klasik elektron gazı teorisinde, ısıl iletim  $K=(1/3)\lambda \cdot V_m \cdot n \cdot C$ , elektriksel iletim ise  $\sigma=(n \cdot e^2 \cdot \lambda)/(2 \cdot m \cdot V_m)$  dir.  $T$  sıcaklığında  $K/\sigma$  oranı aşağıdakilerden hangisidir? ( $\lambda$ : ortalama serbest yol,  $V_m$ : elektronların ortalama hızı,  $n$ : elektron yoğunluğu,  $c$ : ısı sığası,  $e$ : elektron yükü,  $m$ : elektron kütlesi,  $k$ : Boltzman sabiti)

- a)  $(1/2)ke^2T^2$     b)  $3(k/e)^2T$     c)  $(1/3)(e/k)^2T$     d)  $2(k/e)T^{1/2}$     e)  $(\pi^2/3)(k/e)^2T$

3)  $10^{-6}m^3$  hacimli ve  $10^{24}$  atomlu bir metalde  $300K$ 'de serbest elektronların ortalama çarpışma zamanı  $5 \cdot 10^{-11}s$  dir. Bu durumda Drude modeline göre bu metalin ısıl iletkenliği kaç  $N \cdot s/molK$  dir? (Metal +1 değerlikli,  $k=1,4 \cdot 10^{-23}J/molK$ ,  $m=9 \cdot 10^{-31}kg$ )

- a)  $3,2 \cdot 10^8$     b)  $7,4 \cdot 10^7$     c)  $8,82 \cdot 10^7$     d)  $1,6 \cdot 10^6$     e)  $9,8 \cdot 10^6$

4) Lorentz modeline göre bir metalin sıcaklığı 4 kat azaltılırsa elektrik iletkenliği kaç kat artar? (Bu süreçte ortalama yol ve elektron yoğunluğu sabit)

- a) 2    b) 4    c) 8    d) 16    e) 1

5) Klasik elektron gazı teorisi içerisinde metallerin elektriksel iletkenliği Drude ve Lorentz tarafından incelenmiştir. İletkenlikler;  $\sigma_D = \frac{ne^2\lambda}{\sqrt{3mkT}}$  ve  $\sigma_L = \left( \frac{4\pi e^2}{m} \right) \int_0^\infty \lambda v \left( -\frac{df_0}{dv} \right) dv$  olduğuna

göre  $\sigma_D/\sigma_L$  oranı nedir? ( $f_0=n(m/2\pi kT)^{3/2}e^{-E/kT}$  şeklinde Boltzman dağılımı)

- a)  $\pi/4$     b)  $(2\pi/3)^{1/2}$     c)  $(9/4)\pi^2$     d)  $(3\pi/8)^{1/2}$     e)  $(4/3)\pi^2$

6)  $N$  tane serbest elektronu bulunan bir sistemin,  $k$  uzayında, taban durumunda doldurulmuş

yörüngelerin oluşturduğu Fermi küresinin yüzey enerjisi  $E_f = \frac{\hbar^2}{2m} k_f^2$  dir. Bu küre  $L$  boyutlu

(kenarlı) bir küp içinde yer almaktadır. Buna göre kürenin  $k$  uzayındaki yarıçapı  $k_f$  nedir? ( $k$ : dalga vektörü,  $V$ : küpün hacmi)

- a)  $(3V/4\pi)$     b)  $(3NV/4\pi)$     c)  $(4\pi N/V)^{3/2}$     d)  $(2\pi^2 N/V)^{1/2}$     e)  $(3\pi^2 N/V)^{1/3}$

7) Taban durumunda doldurulmuş serbest elektron yörünge sayısı  $27 \cdot 10^{21}$  olan bir Fermi küresi 1 cm kenarlı bir küp içerisinde. Kürenin yüzeyindeki Fermi enerjisi kaç eV'tur? ( $\hbar = 10^{-34}$  J.s,  $m = 9 \cdot 10^{-31}$  kg,  $\pi = 3$ ,  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J)

- a) 1,6250      b) 2,8125      c) 3,4275      d) 4,7175      e) 5,1250

8) V hacminde N serbest elektronu bulunan bir sitemin Fermi enerjisi  $E_f = \frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{3\pi^2 N}{V} \right)^{2/3}$  dır.

Bu sitemin  $E \leq E_f$  enerji durumunda "durum yoğunluğu"  $D(E)$  nedir?

- a)  $N/2E$       b)  $N/E$       c)  $3N/2E$       d)  $2N/E$       e)  $2N/3E$

9) N tane serbest elektronu bulunan üç boyutlu bir Fermi gazının 0 K'deki kinetik enerjisi  $U_0$  aşağıdakilerden hangisidir? ( $E_f$ : T sıcaklığında Fermi enerjisi)

- a)  $(3/2)NE_f$       b)  $(1/2)NE_f$       c)  $(4/3)NE_f$       d)  $(5/7)NE_f$       e)  $(3/5)NE_f$

10) Birim hacimde n elektron bulunan iki boyutlu Fermi gazının kimyasal potansiyel enerjisi  $\mu(T) = kT \cdot \ln(e^{xn/kT} - 1)$  dir. Bu sistemde elektronların iki boyutlu yörünge yoğunluğu  $D(E) = x^1$  şeklinde enerjiden bağımsızdır. Buna göre sistemin kimyasal potansiyeli hangi sıcaklıkta sıfırdır?

- a) 0      b)  $xn/k$       c)  $xn/(k \cdot \ln 2)$       d)  $(2k \cdot \ln 2)/(xn)$       e)  $\infty$

11) Bir metalde aşağıdakilerden hangisinin artması metalin öz direncini artırmaz?

- a) sıcaklık      b) değerlik elektron sayısı      c) erime hacmi      d) optik fonon yoğunluğu      e) örgü kusurları sayısı (plastik deformasyon)

12) Klasik elektron gazının elektronik ısı sığası  $C_{el} = (3/2)nk$ , Fermi gazının elektronik ısı sığası ise  $C_f = (1/3)\pi^2 \cdot D(E) \cdot k^2 T$  dir. Fermi gazının elektriksel iletkenliği ise  $\sigma = (ne^2\tau)/m$  dir. Fermi gazının T sıcaklığında ısıl iletkenliği K olduğuna göre,  $K/\sigma$  oranı nedir? ( $\tau$ : elektronların ortalama çarpışma süresi)

- a)  $(1/2)\pi^2(k/e)^2 T^2$       b)  $(\pi^2/3)(k/e)^2 T$       c)  $(\pi^2/3)(k/e)T$       d)  $(\pi^2/2)(k/e)T$       e)  $(\pi^2/3)(e/k)^2 T^2$

13) Bir metalde bir elektronun sürüklenme hızı denklemi  $m[(dv/dt) + (v/\tau)] = -eE$  şeklindedir. Bu metalin  $\omega = 0$  açısız frekansında iletkenliği  $\sigma(0) = (ne^2\tau)/m$  olduğuna göre,  $\sigma(\omega)$  herhangi bir  $\omega$  açısız frekansındaki iletkenliğinin  $\sigma(0)$ 'a oranı nedir? ( $\tau$  ve E zamana göre sabit)

- a)  $(1 + \omega^2\tau^2)/(1 - \omega^2\tau^2)$       b)  $(1 + i\omega\tau)/(1 - i\omega\tau)$       c)  $(1 - i\omega\tau)/(1 + i\omega\tau)$       d)  $(1 + i\omega\tau)/(1 + \omega^2\tau^2)$       e)  $(i + i\omega\tau)/(1 + \omega^2\tau^2)$

14) Birim hacmindeki elektron yoğunluğu n, elektronların çarpışma süresi  $\tau$  olan bir iletken enine  $E_x$  elektrik alanı ile boyuna  $B_x$  manyetik alanının etkisi altında kalıyor. Bu durumda x eksenine doğrultusunda oluşan elektron akım yoğunluğu cgs'de  $J_x = (ne^2 E_x \tau)/m$ , y yönünde oluşan elektrik alan ise  $E_y = (eB_x \tau)/m$  olduğuna göre iletkenin Hall direnci nedir?

- a)  $(e/m)$       b)  $(ne/m)$       c)  $1/(ne)$       d)  $ne$       e)  $1/(ne^2)$

## CEVAPLAR-TEST-6

- 1-c    2-b    3-e    4-a    5-d    6-e    7-b    8-c    9-e    10-c    11-d    12-b    13-e    14-c

## TEST-7 (KATILARIN BAND TEORİSİ)

1) Örgü sabiti  $a$  olan tek atomlu çizgisel bir kristal örgüde elektronun enerjisi  $E_k = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$  dir. Elektronun I.izinli bölgedeki maksimum enerjisi  $E_I$ , II. İzinli bölgedeki maksimum enerji  $E_{II}$  ise,  $E_I/E_{II}$  oranı nedir? (k:dalga vektörü)

- a)2      b)1      c)1/2      d)4      e)1/4

2) Bir kristalin yasaklanmamış enerji bantlarından sadece birisi boş ise bu kristal ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğru olur?

- a) Yalıtıcıdır      b) İyi metaldir      c) Yarı iletkenidir      d) Süper iletkenidir      e) Alkali metaldir.

3) İki boyutlu bir kare örgüde I.Brillouin bölgesinin köşesindeki serbest elektronun kinetik enerjisi  $E_1$ , bölgenin yan yüzünün orta noktasındaki bir serbest elektronun kinetik enerjisi de  $E_2$  dir. Buna göre  $E_1/E_2$  oranı nedir?

- a)1/2      b)1      c)3/2      d)2      e)4

4) Tek atomlu çizgisel bir örgüde hareket eden bir elektronun I.yasaklı bölgenin alt sınırında dalga fonksiyonu  $\psi(+)=\frac{1}{\sqrt{2a}}\cos(\pi x/a)$ , üst sınırında ise,  $\psi(-)=\frac{1}{\sqrt{2a}}\sin(\pi x/a)$  dir. Kristalin örgü potansiyeli  $U(x)=U\cos(2\pi x/a)$  olduğuna göre, bu iki durum arasındaki enerji farkı nedir? (a: iki atom arası uzaklık)

- a)U/2      b)U      c)3U/2      d)2U      e)5U/2

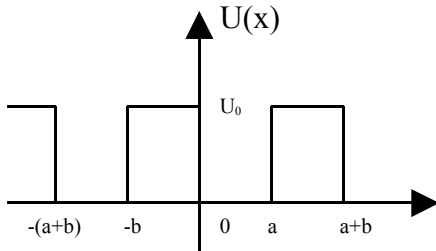
5) Kronning-Penney modelinde çok dar potansiyel engeli aralıkları için  $(P/Ka)\sin Ka + \cos Ka = \cos ka$  bağıntısı mevcuttur.  $P \ll 1$  için  $k=0$ 'da en küçük enerji  $E_1$ dir.  $k=(\pi/a)$  daki en küçük enerji kaç  $E_1$ dir? [ $P=(q^2ba)/2$ ,  $q = \sqrt{2m(U_0 - E) / \hbar}$ ,  $K = \sqrt{2mE / \hbar}$ ]

- a)4      b)2      c)1      d)1/2      e)1/4

6) İki boyutlu bir kare örgüde potansiyel enerji fonksiyonu  $U(x,y)=-4U\cos(2\pi x/a)\sin(2\pi y/a)$  dir. Brillouin bölgesinin  $(\pi/a, \pi/a)$  köşe noktasında toplam enerji (E) nedir?

- a)  $\frac{\hbar^2 k^2}{2m} \pm \frac{U}{2}$       b)  $\frac{\hbar^2 k^2}{2m} \pm U$       c)  $\frac{\hbar^2 k^2}{2m} \pm 2U$       d)  $\frac{\hbar^2 k^2}{2m} \pm 4U$       e)  $\frac{\hbar^2 k^2}{2m} \pm 8U$

7)



Bir boyutta bir çizgisel örgünün periyodik potansiyelinin konuma karşı grafiği şekildeki gibidir. Bu örgüde hareket eden E enerjili bir elektrona  $0 < x < a$  aralığında  $\psi(x)=A.e^{ikx}+B.e^{-ikx}$  dalga fonksiyonu,  $a < x < (a+b)$  aralığında  $\psi(x)=C.e^{+qx}+D.e^{-qx}$  dalga fonksiyonu eşlik etmektedir. Örgü potansiyeli  $U_0=2E$  ise  $q/K$  oranı nedir?

- a)  $1/(2)^{1/2}$       b)1/4      c)2      d)1/2      e)1

8) Bir boyutlu periyodik bir kristal örgüde I.Brillouin bölge sınırı yakınında  $(1/2G)$  ki  $k$  dalga vektörlü yörüngelerin dalga fonksiyonları  $\psi(x)=C(k).e^{ikx}+C(k-G).e^{i(k-G)x}$  şeklindedir. Bu örgüde

$\lambda_k = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = 2eV$ ,  $\lambda_{k-G} = 3/2 eV$  ve örgü potansiyel enerjisi  $U=3/4 eV$  ise I.band enerjisi kaç eV'tur?

- a)2      b)1/4      c)5      d)13/4      e) $(7)^{1/2}/4$



9) Bir kristalde enerji düzeyinde (spektrumda) süreksizlikler görülür. Bu, k dalga vektörünün belirli değerlerine karşılık gelir. K'nın kritik değeri yakınında komşu örgü dizilerinden dalgaların saçılımı k'nın değerini değiştirir. Kristalde bir atoma 50 komşu atom sırası etkirse k değeri % kaç değişir?

- a)100      b)50      c)2      d)1      e)25

10) Aşağıdaki kristallerin hangisi normal şartlarda elektriği en az iletir?

- a)<sub>20</sub>Ca      b)<sub>22</sub>Ti      c)<sub>33</sub>As      d)<sub>37</sub>Rb      e)<sub>48</sub>Cd

## CEVAPLAR-TEST-7

- 1-e    2-c    3-d    4-b    5-a    6-c    7-e    8-b    9-d    10-c

## TEST-8 (YARI İLETKEN KRİSTALLER)

1) Bir germanyum (Ge) kristalinde fosfor(P) safsızlık atomları mevcuttur. Germanyumda değerlilik v iletim bandları arasındaki enerji aralığı  $E_g=0,65$  eV dir. Kristalde her  $P^+$  atomu etrafında Bohr yörüngesinde bir elektron dönmektedir. Elektronun etkin kütlesi  $0,17 m_e$  ve Ge'nin dielektrik sabiti 16 olduğuna göre, elektronun iyonizasyon enerjisi kaç eV'dir? ( $e=4,8.10^{-10}$  statcoul,  $\hbar=10^{-27}$  erg.s,  $m_e=9.10^{-28}$  g)

- a)1,6      b)0,65      c)0,01      d)0,003      e)0,00016

2) Silisyum (Si) kristali içinde  $P^+$  atomları etrafında birer elektron Bohr yörüngesinde dönmektedir. Si'nin dielektrik sabiti  $\epsilon=12$  ve elektronun etkin kütlesi  $m^*=0,6m_e$  olduğuna göre, bu elektronun Bohr yörünge yarıçapı kaç  $A^0$ 'dur? ( $e=4,8.10^{-10}$  statcoul,  $\hbar=10^{-27}$  erg.s,  $m_e=9.10^{-28}$  g)

- a)9,6      b)12,8      c)54      d)20,4      e)18

3) Bir yarı iletken 120 V gerilim verilerek değerlilik bandından iletim bandına elektronlar uyarılıyor. Elektronlar aynı yönlü  $F_E=19,2.10^{-5}$  dyn ve  $F_B=20,8.10^{-5}$  dyn'lik elektrik ve manyetik kuvvetlerin etkisine maruz kalıyorlar. Hareket başladıktan  $10^{22}$  saniye sonra Hall sayısı kaç  $cm^{-1}$  dir? ( $e=4,8.10^{-10}$  statcoul,  $\hbar=10^{-27}$  erg.s,  $x_b=10^{-6}$  cm)

- a)10      b) $2,6.10^5$       c) $3,2.10^4$       d) $33,3.10^{-6}$       e)40

4) Band enerjisi  $U=1,5$  eV olan bir yarı iletken, bir elektronun II.bandın alt sınırına yakın olduğu durumdaki etkin kütlesi, serbest haldeki ( $E=0,6$  eV enerjili) etkin kütlesinin kaç katıdır?

- a)2/5      b)5/2      c)9      d)5      e)5/9

5) Band potansiyel enerjisi  $U$  olan bir yarı iletken  $\lambda$  serbest enerjili elektronlar bulunmaktadır. Elektronun I.bandın üst sınırına yakın etkin kütlesi  $m_1$ , II.bandın alt sınırına yakın etkin kütlesi de  $m_2$  dir. Buna göre  $m_1/m_2$  oranı nedir? ( $\lambda \cong U$ )

- a)3      b)1/3      c)1      d)2      e)1/2

6) Yasaklı band enerjisi  $E_g$ , kimyasal potansiyel enerjisi  $\mu$  olan bir yarı iletken  $kT \ll E_g$  durumunda iletim bandındaki elektron sayısı  $n = 2 \left( \frac{m^* kT}{2\pi^2 \hbar^2} \right)^{3/2} e^{(\mu - E_g)/kT}$ , değerlilik bandında boşluk sayısı da

$p = 2 \left( \frac{m_b kT}{2\pi^2 \hbar^2} \right)^{3/2} e^{-\mu/kT}$  dir. Bu kristalde  $m^*=m_b$  iken  $\mu/E_g$  oranı nedir? ( $m^*$ :elektronun etkin kütlesi,

$m_b$ =boşluğun kütlesi, T:sıcaklık)

- a)1/4      b)1/2      c)1      d)3/2      e)2

7) Bir yarı iletken 4 K alçak sıcaklık limitinde ve alıcıların olmadığı bir durumda başlangıç verici yoğunluğu  $10^{20} cm^{-3}$  tür. İyonizasyon enerjisi  $72.10^3$  eV ve elektronun etkin kütlesi  $0,01m_e$  olduğuna göre, bu sıcaklıkta (4K) iletim bandındaki elektron sayısı nedir? ( $k:9.10^5$  eV/K,  $m_e:9.10^{-31}$  kg,  $\pi=3,2$  ( $2\pi m_e kT/\hbar^2 \cong 10^{20}$ ))

- a)10<sup>8</sup>      b)10<sup>4</sup>.e<sup>-50</sup>      c)10<sup>6</sup>.e<sup>200</sup>      d)72.e<sup>72</sup>      e)10<sup>5</sup>.ln18

8) Bir Ge yarı iletkeninde elektronların fononlarla ortalama çarpışma süresi  $\tau_e$ , boşluklarınki ise  $\tau_b$  olup, aralarında  $\tau_e=(3/7)\tau_b$  bağıntısı vardır. boşluğun kütlesi elektronun kütlesinin üç katıdır. Boşluğun hareketliliği 3500 cm<sup>3</sup>/V.s olduğuna göre, elektronun hareketliliği (mobilitesi) kaç cm<sup>3</sup>/V.s'dir?

- a)4500      b)4000      c)3500      d)2000      e)500

9) Özden bir yarı iletkende iletim bandındaki elektron sayısı değerlilik bandındaki boşluk sayısına eşittir. Yasaklı band aralığı 2kT ve bir boşluğun kütlesi bir elektronun kütlesinin iki katı olduğuna göre,  $\mu$  kimyasal potansiyeli kaç kT'dir? (ln2=0,7 )

- a)2      b)1,4      c)0,625      d)2,857      e)1,525

10) Bir yarı iletkende termoelektrik olaylar (uyarmalar) sonucu, yarı iletkende oluşacak yük akışı, enerji akısıyla orantılıdır. Bu orantı katsayısına Peltier katsayısı denir. Elektronların iletim bandı kenarındaki enerjisi, boşlukların değerlilik bandı kenarındaki enerjisine eşittir ( $E_c=E_v=kT$ ). Kristalin  $\mu=3kT$  Fermi düzeyinde, boşluğun Peltier katsayısı ( $\Omega_b$ ), elektronun Peltier katsayısının ( $\Omega_e$ ) kaç katıdır?

- a)3      b)5      c)4/3      d)7      e)9/2

11) Bir amorf kristal örgüye x-ışınları gönderilerek Bragg yansıması oluşturuluyor. Kristalin karşıt örgü vektörü G ve kristal atomlarının gelişigüzel ısısal yer değiştirme vektörü (titreşim) U'dur. Kristalden saçılan ışınım şiddeti  $I=I_0.D(U,G)$  şeklinde bir fonksiyondur. Kristalin sıcaklığı 2 katına çıkarılırsa saçılan ışınım şiddeti I aşağıdakilerden hangisi olur? (G sabit,  $U\sim T^{1/2}$ , ergime yok)

- a)2I      b)(2I<sup>2</sup>)/I<sub>0</sub>      c)(2)<sup>1/2</sup>I      d) $I=e^{-1/I_0}$       e)I<sup>2</sup>/I<sub>0</sub>

12) Bir Si yarı iletkeninde, 300K de, elektronların konsantrasyonları hollerin konsantrasyonun iki katı olduğuna göre, silisyuma eklenen vericilerin konsantrasyonu kaç cm<sup>3</sup> tür? ( $n_{ie}=1,38.10^{10}$  cm<sup>-3</sup>)

- a)9,8.10<sup>9</sup>      b)5,6.10<sup>9</sup>      c)2,76.10<sup>10</sup>      d)1,38.10<sup>10</sup>      e)1,93.10<sup>10</sup>

13) Bir yarı iletkenin yasaklı band enerjisi  $E_g=1$  eV dur. Bu yarı iletkenin sıcaklığı 0 C<sup>0</sup>'den 20 C<sup>0</sup>'ye çıkarılırsa iletkenliği kaç kat artar? ( $k=1,4.10^{-23}$  J/K)

- a)4,8      b)0,25      c)1,4      d)2,6      e)3,2

14) 0 C<sup>0</sup>'de bir P-N eklemine 95,55.10<sup>-3</sup> V'luk ileri voltaj uygulandığında eklemnin direnci 10 ohm oluyor. Ekleme aynı voltaj ters olarak uygulansaydı direnç kaç ohm olurdu? ( $k=1,4.10^{-23}$  J/K,  $1eV=1,6.10^{-19}$  J,  $e=2,7$ )

- a)692      b)532      c)412      d)321      e)120

15) bir metal bir yarı iletkenle değme durumuna getiriliyor. Yarı iletkenin dielektrik sabiti 12, arada engel içinde potansiyel enerji 0,5 eV ve ortamdaki verici yoğunluğu  $N=10^{16}$  cm<sup>-3</sup> tür. Bu durumda Schottky engelinin kalınlığı kaç  $\mu$ cm'dir? ( $\pi=3$ ,  $e=4,8.10^{-10}$  esb,  $1\mu=10^{-6}$ )

- a)4,8      b)2,4      c)1,4      d)0,2      e)0,1

## CEVAPLAR-TEST-8

- 1-c    2-a    3-e    4-d    5-b    6-b    7-c    8-a    9-e    10-d  
11-e    12-a    13-c    14-b    15-d

**Mehmet TAŞKAN**