No. of Printed Pages : 9 **PHE-13**

BACHELOR OF SCIENCE
(B. Sc.)
Term-End Examination
June, 2023
PHYSICS
PHE-13 : PHYSICS OF SOLIDS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : *All questions are compulsory, however internal choices are given. You may use a calculator. Symbols have their usual meanings. The values of physical constants are given at the end.*

1. Attempt any ***five*** parts : 5×3=15

   (a) List all the symmetry elements of a benzene molecule.

   (b) Write the conditions governing the geometric structure factor of an fcc lattice and list any *two* missing planes.

   (c) Explain the *three* types of interactions that give rise to van der Waals bonding.

   (d) The Debye temperature of nickel is 345 K. Calculate the highest possible frequency of lattice vibration.

(e) The energy E of an electron in a crystalline solid is related to the wave number k by the relation $E = \frac{15\hbar^2 k^2}{m}$. Calculate the velocity and effective mass of the electron.

(f) With the help of a labelled diagram, explain the formation of the depletion region in a *p*-*n* junction.

(g) Describe, in one sentence each, the three classes of polymers on the basis of their structure.

(h) Describe any *three* point defects in a crystal.

2. Attempt any ***two*** parts : 5×2=10

(a) Prove that the reciprocal lattice of a face centred cubic structure is a body centred cubic structure.

(b) A metallic element has a density of 2.70 gm/cm^3, a lattice constant of 4.05 Å and an atomic weight of 4.48×10^{-26} kg. Determine the number of atoms per unit cell of this element and predict its crystal structure.

(c) Describe the rotating crystal method of X-ray diffraction.

3. Attempt any ***one*** part : 5

(a) Determine the value of the Madelung constant for a one-dimensional NaCl lattice.

(b) Derive the dispersion relation for a linear chain of identical atoms.

4. Answer any ***two*** parts : 5×2=10

(a) The expressions for the electron and hole concentrations in an intrinsic semiconductor are :

$$n_e = N_C \exp\left[-\frac{(E_C - E_F)}{k_B T}\right]$$

$$n_h = N_V \exp\left[-\frac{(E_F - E_V)}{k_B T}\right]$$

Derive the expression for the intrinsic Fermi level E_{Fi}, where is the Fermi level located at T = 0K. 4+1

(b) (i) Describe Meissner effect in brief. 2

(ii) Determine the critical magnetic field required to destroy superconductivity in Pb at 5 K, given that the critical

temperature T_C = 7.19 K and $B_{ac}(0) = 0.0803$ T. 3

(c) Define Fermi energy. The number of electrons in an energy interval E to E + dE at a temperature T, in the Sommerfeld model is given by :

$$N(E)dE = \frac{\pi}{2}\left(\frac{8mL^2}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} (E)^{\frac{1}{2}} e^{\frac{1}{\frac{E-E_F}{k_B T}}+1} .$$

using this derive an expression for the Fermi energy. 1+4

5. Answer any ***two*** parts : 5×2=10

(a) Calculate the magnetic moment of Nickel ferrite ($Ni^{2+} Fe_2^{3+} O_4$) in units of Bohr magneton, given that Ni^{2+} has the electronic configuration $4s^\circ 3d^8$.

(b) Explain how the method of photo-lithography is used to manufacture microelectronic circuits.

(c) Explain the process of photocopying based on the principle of Xerography.

Physical constants :

$h = 6.62 \times 10^{-34}$ Js

$N_A = 6.02 \times 10^{23}$ mol^{-1}

$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C

$k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}

$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg

PHE-13

विज्ञान स्नातक (बी. एस-सी.)
सत्रांत परीक्षा

जून, 2023

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-13 : घन अवस्था भौतिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *सभी प्रश्न अनिवार्य हैं, आन्तरिक विकल्प दिए गए हैं। आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं। भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।*

1. कोई ***पाँच*** भाग हल कीजिए : 5×3=15

(क) बेंजीन अणु के सभी सममिति अवयवों की सूची बनाइए।

(ख) किसी fcc जालक के लिए ज्यामितीय संरचना गुणक निर्धारित करने वाले प्रतिबंध लिखिये और किन्हीं **दो** लुप्त समतलों को सूचीबद्ध कीजिए।

(ग) वह **तीन** तरह की अन्योन्यक्रियाएँ समझाइए जिनसे वान्डर वाल्स आबंधन उत्पन्न होता है।

(घ) निकल के लिए डिबाई तापमान 345 K है। संभव जालक कंपन की आवृत्ति का उच्चतम मान परिकलित कीजिए।

(ङ) किसी क्रिस्टलीय ठोस में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा E और तरंग संख्या k एक–दूसरे से निम्नलिखित सम्बन्ध द्वारा जुड़े हैं : $E = \frac{15\hbar^2 k^2}{m}$। इलेक्ट्रॉन का प्रभावी द्रव्यमान और वेग परिकलित कीजिए।

(च) लेबलित आरेख की सहायता से समझाइए कि एक *p-n* संधि में अवक्षय क्षेत्र कैसे बनता है।

(छ) संरचना के आधार पर बहुलकों के तीन वर्ग होते हैं। प्रत्येक वर्ग को एक वाक्य में समझाइए।

(ज) क्रिस्टल के किन्हीं **तीन** बिन्दु दोषों का विवरण दोजिए।

2. कोई **दो** भाग हल कीजिए : 5×2=10

(क) सिद्ध कीजिए कि किसी फलक केन्द्रित घनीय संरचना का व्युत्क्रम जालक एक अंतःकेन्द्रित घनीय संरचना है।

(ख) एक धाात्विक तत्व का घनत्व 2.70 gm/cm^3, जालक स्थिरांक 4.05 Å और परमाण्वीय भार 4.48×10^{-26} kg है। इस तत्व की एकक कोष्ठिका में परमाणुओं की संख्या परिकलित कीजिए और इस क्रिस्टल की संरचना की पहचान कीजिए।

(ग) एक्स-किरण विवर्तन की घूर्णीय क्रिस्टल विधि का विवरण कीजिए।

3. कोई ***एक*** भाग हल कीजिए : 5

(क) एकविमोय NaCl जालक के लिए मेडलंग नियतांक का मान निर्धारित कीजिए।

(ख) एक ही प्रकार के परमाणुओं के रेखीय शृंखला के लिए परिक्षेपण सम्बन्ध व्युत्पन्न कीजिए।

4. कोई ***दो*** भाग हल कीजिए : 5×2=10

(क) नैज अर्धचालक में इलेक्ट्रॉन और होल की सान्द्रता के व्यंजक निम्नलिखित हैं :

$$n_e = N_C \exp\left[-\frac{(E_C - E_F}{k_B T}\right]$$

$$n_h = N_V \exp\left[-\frac{(E_F - E_V}{k_B T}\right]$$

नैज फर्मी स्तर E_{Fi} का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। T = 0K पर फर्मी स्तर वहा स्थित होगा। 4+1

(ख) (i) संक्षेप में मीसनर प्रभाव का विवरण दीजिए। 2

(ii) तापमान 5 K पर Pb में अतिचालकता को नष्ट करने के लिए आवश्यक क्रान्तिक चुम्बकीय क्षेत्र का मान परिकलित कीजिए, यदि दिया गया हो कि क्रान्तिक तापमान $T_C = 7.19$ K और $B_{ac}(0) = 0.0803$ T है। 3

(ग) फर्मी ऊर्जा की परिभाषा दीजिए। सोमरफैल्ड मॉडल में तापमान T पर ऊर्जा अन्तराल T से E + dE में इलेक्ट्रॉनों की संख्या निम्नलिखित है :

$$N(E)dE = \frac{\pi}{2}\left(\frac{8mL^2}{h^2}\right)^{\frac{3}{2}} (E)^{\frac{1}{2}} e^{\frac{1}{\frac{E-E_F}{k_B T}}+1}$$

इसका प्रयोग करके फर्मी ऊर्जा का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 1+4

5. कोई **दो** भाग हल कीजिए : 5×2=10

(क) बोह्र मैग्नेटॉन की इकाइयों में निकल फेराइट $(Ni^{2+}\, Fe_2^{3+}\, O_4)$ का चुंबकीय आघूर्ण परिकलित कीजिए, यदि दिया गया हो कि Ni^{2+} का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $4s^{\circ}3d^8$ है।

(ख) समझाइए कि भा–अश्म लेखन विधि का अनुप्रयोग माइक्रो–इलेक्ट्रॉनिक परिपथों के निर्माण में कैसे किया जाता है।

(ग) जीरोग्राफी सिद्धान्त पर आधारित फोटोप्रतिलिपियन का प्रक्रम समझाइए।

भौतिक नियतांक :

$h = 6.62 \times 10^{-34}$ Js

$N_A = 6.02 \times 10^{23}$ mol^{-1}

e = 1.6×10^{-19} C

$k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}

$m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg