

No. of Printed Pages : 12

**BPHET-141**

**BACHELOR OF SCIENCE (GENERAL)  
(BSCG)**

**Term-End Examination**

**December, 2023**

**BPHET-141 : ELEMENTS OF MODERN PHYSICS**

*Time : 2 Hours*

*Maximum Marks : 50*

---

**Note :** (i) *Attempt all questions. The marks for each question are indicated against it.*

(ii) *Symbols have their usual meanings.*

(iii) *You may use a calculator.*

(iv) *The values of physical constants are given at the end.*

---

---

1. Answer any **five** parts : 2×5=10

- (a) What is the difference between the Galilean principle of relativity and the principle of relativity stated by Einstein ?

**P. T. O.**

- (b) A rod of proper length 2.0 m measures 1.0 m in an inertial frame that is moving with respect to the rod. What is the speed of the moving frame ?
- (c) Calculate the energy of a photon which has a wavelength of 500 nm.
- (d) What is the minimum energy that a particle of mass  $m$  confined to a one-dimensional region of size  $a$  may have ?
- (e) What is the principle on which a scanning tunneling microscope (STM) works ? What is it used for ?
- (f) Show that  $\psi(x) = e^{ikx}$  is an eigen function of the momentum operator with an eigen value  $\hbar k$  .
- (g) Explain, what is an alpha decay process.
- (h) What are the characteristics of a nuclear force ?

2. Answer any *two* parts : 5×2=10

- (a) Two events are simultaneous and separated by the distance  $\Delta x$  in an inertial frame S. Show that in an inertial frame S' the events will be separated in both space and time.
- (b) Derive the relativistic energy-momentum relationship for a free particle.
- (c) A charged particle is moving perpendicular to a uniform magnetic field at relativistic speed in a circular orbit. Obtain the radius of the orbit.

3. Answer any *two* parts :

- (a) State the key observations of the experiment on photoelectric effect. How does the quantum theory of photoelectric effect explain these observations ? 3+2

- (b) Write down the one-dimensional time dependent Schrödinger equation. From this derive the time independent Schrödinger equation for the stationary state wave function. 1+4
- (c) (i) Calculate the de Broglie wavelength for an electron accelerated from rest through a potential difference of 200 V. 3
- (ii) Calculate  $[\hat{x}, \hat{p}_x^2]$ . 2

4. Answer any **one** part :

- (a) A particle is confined within a length segment lying between  $x=0$  and  $x=L$  and the potential function is : 1+1+4+4

$$V(x) = \begin{cases} 0, & \text{for } 0 \leq x \leq L \\ \infty, & \text{for } x < 0 \text{ and } x > L \end{cases}$$

Write down the time independent Schrödinger equation for the particle. State the boundary conditions. Obtain the normalized eigen functions. For the ground state show that  $\langle \hat{p}_x \rangle = 0$ .

- (b) The potential energy function for a one-dimensional potential barrier of width  $L$  is :

3+2+5

$$V(x) = \begin{cases} 0, & \text{for } x < 0 \\ V_0, & \text{for } 0 \leq x \leq L \\ 0, & \text{for } x > L \end{cases}$$

Write down the time independent Schrödinger equation for a particle in all three regions of this potential. State the boundary conditions on the wave function. Obtain the general solution of the Schrödinger equation in all three regions for  $E < V_0$ .

5. Answer any *two* parts : 5×2=10

- (a) What is secular equilibrium ? Uranium minerals in which secular equilibrium has been obtained contain one atom of radium for every  $2.8 \times 10^6$  atoms of Uranium. If the half life of radium is 1620 years, calculate the half life of uranium. 1+4

- (b) What is the binding energy of a nucleus ?  
Calculate the binding energy of the nitrogen ( ${}^{14}_7\text{N}$ ) nucleus, in MeV, given that :

1+4

$$m_n = 1.00867u, m_H = 1.00783u$$

and  $m({}^{14}_7\text{N}) = 14.00307u$  .

Take  $u = 931.5$  MeV.

- (c) Draw a labelled schematic diagram of a nuclear reactor. Write the function of the blanket and the reflector.

3+2

*Physical constants :*

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

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

$$m_p = 1.6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.6747 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\hbar = 1.054 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

**BPHE T-141**

विज्ञान स्नातक ( सामान्य ) ( बी.एस.सी.जी. )

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2023

बी.पी.एच.ई.टी.-141 : आधुनिक भौतिकी के तत्व

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

---

नोट : (i) सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिए। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं।

(ii) प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ ह।

(iii) आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं।

(iv) भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं।

---

1. किन्हीं पाँच भागों का उत्तर दीजिए :  $2 \times 5 = 10$

(अ) गैलीलीय आपेक्षिकता नियम और आइंस्टोन द्वारा दिए गए आपेक्षिकता नियम में क्या अंतर है ?

- (ब) उचित लम्बाई 2.0 m वाली छड़ के सापेक्ष गतिमान निर्देश तंत्र में उसकी लम्बाई 1.0 m मापी जाती है। गतिमान निर्देश तंत्र की चाल क्या है ?
- (स) तरंगदैर्घ्य 500 nm वाले एक फोटॉन की ऊर्जा परिकलित कीजिए।
- (द) आमाप  $a$  के एकविम क्षेत्र में परिरुद्ध द्रव्यमान  $m$  के एक कण की न्यूनतम ऊर्जा क्या होगी ?
- (य) क्रमवीक्षण सुरंगन सूक्ष्मदर्शी (STM) किस सिद्धांत के आधार पर कार्य करता है ? इसका क्या उपयोग है ?
- (र) सिद्ध कीजिए कि  $\psi(x) = e^{ikx}$  संवेग संकारक का आइगेन फलन है और इसका आइगेन मान  $\hbar k$  है।
- (ल) अल्फा क्षय प्रक्रम क्या होती है, समझाइए।
- (व) नाभिकीय बल के अभिलक्षण बताइए।
2. कोई दा भाग कीजिए : 5×2=10
- (अ) जड़त्वीय तंत्र S में दो घटनाएँ दूरी  $\Delta x$  पर घट रही हैं और समकालिक हैं। सिद्ध कीजिए कि जड़त्वीय तंत्र S' में ये घटनाएँ समकालिक नहीं होंगी और अलग-अलग बिंदुओं पर घटेंगी।



(ब) मुक्त कण के लिए आपेक्षिकीय ऊर्जा-संवेग संबंध व्युत्पन्न कीजिए।

(स) एक आवेशित कण आपेक्षिकीय चाल से वृत्ताकार कक्षा में एकसमान चुंबकीय क्षेत्र के लंबवत् गतिमान है। इस कण की कक्षा की त्रिज्या प्राप्त कीजिए।

3. कोई दो भाग कीजिए :

(अ) प्रकाश-विद्युत प्रभाव प्रयोग के प्रमुख प्रेक्षण बताइए। प्रकाश-विद्युत प्रभाव का क्वांटम सिद्धांत इन प्रेक्षणों को कैसे समझाता है ? 3+2

(ब) एकविम कालाश्रित श्रोडिंगर समीकरण लिखिए। इससे एक स्थायी अवस्था तरंग फलन के लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण व्युत्पन्न कीजिए।

1+4

(स) (i) विरामावस्था से 200 V के विभवान्तर द्वारा त्वरित एक इलेक्ट्रॉन का डी ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य परिकलित कीजिए। 3

(ii)  $[\hat{x}, \hat{p}_x^2]$  परिकलित कीजिए। 2

4. कोई एक भाग कीजिए :

(अ)  $x=0$  और  $x=L$  के बीच अवस्थित एकविमोय लम्बाई के अवयव में एक कण परिरुद्ध है और विभव फलन निम्नलिखित है :  $1+1+4+4$

$$V(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq L \text{ के लिए} \\ \infty, & x < 0 \text{ और } x > L \text{ के लिए} \end{cases}$$

कण के लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण लिखिए और परिसीमा प्रतिबंध बताइए। प्रसामान्यीकृत आइगेन फलन प्राप्त कीजिए। मूल अवस्था के लिए सिद्ध कीजिए कि  $\langle \hat{p}_x \rangle = 0$  ।

(ब) चौड़ाई  $L$  के एकविम विभव रोधिका के लिए विभव ऊर्जा फलन निम्नलिखित है :  $3+2+5$

$$V(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \text{ के लिए} \\ V_0, & 0 \leq x \leq L \text{ के लिए} \\ 0, & x > L \text{ के लिए} \end{cases}$$

इस विभव के तीनों क्षेत्रों में एक कण के लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण लिखिए। तरंग फलन के लिए परिसीमा प्रतिबंध बताइए। तीनों क्षेत्रों के लिए,  $E < V_0$  के लिए श्रोडिंगर समीकरण का व्यापक हल प्राप्त कीजिए।

5. कोई दो भाग कीजिए :

5×2=10

(अ) सेक्यूलर साम्यावस्था क्या होती है ? ऐसे यूरेनियम खनिज जिनमें सेक्यूलर साम्यावस्था प्राप्त हो चुकी है, प्रत्येक  $2.8 \times 10^6$  यूरेनियम परमाणुओं में एक रेडियम परमाणु मिलता है। यदि रेडियम की अर्ध-आयु 1620 वर्ष हो, तो यूरेनियम की अर्ध-आयु परिकलित कीजिए।

1+4

(ब) एक नाभिक की बंधन-ऊर्जा क्या होती है ? नाइट्रोजन ( ${}^{14}_7\text{N}$ ) की बंधन ऊर्जा MeV में परिकलित कीजिए यदि दिया गया हो कि :

1+4

$$m_n = 1.00867u, m_H = 1.00783u$$

$$\text{और } m({}^{14}_7\text{N}) = 14.00307u$$

$$u = 931.5 \text{ MeV लें।}$$

(स) एक नाभिकीय रिएक्टर का लेबलित व्यवस्था आरेख बनाइए। परावर्तक और समाच्छद का प्रकार्य लिखिए : 3+2

**भौतिक नियतांक :**

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

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

$$m_p = 1.6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1.6747 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

$$\hbar = 1.054 \times 10^{-34} \text{ Js}$$