No. of Printed Pages : 16 **BPHET–141**

BACHELOR OF SCIENCE

(GENERAL)

(BSCG)

Term-End Examination

June, 2026

BPHET-141 : ELEMENTS OF MODERN PHYSICS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

Note : *(i) Attempt* ***all*** *questions. The marks of 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 :

   (a) What do you understand by relativity of simultaneity ? 2

   (b) Calculate the Lorentz factor for an object travelling at a speed of 0.6 c with respect to an inertial frame of reference. 2

   (c) The position of an electron in an atom is measured to within an accuracy of 0.4Å. Calculate the uncertainty in its velocity. 2

   (d) Write the potential function and time independent Schrödinger equations for a free particle of energy E confined in a length L. 2

(e) State any *two* properties of an acceptable wave function. 2

(f) Define and draw a one-dimensional finite potential well of width 2L and depth V_0. 2

(g) Write the equation that represent :

(i) alpha decay of an unstable nucleus

(ii) beta decay of a free neutron. 2

(h) Define multiplication factor. For what value of the multiplication factor is a nuclear reactor said to be critical ? 2

2. Answer any ***two*** parts :

(a) Describe *one* experimental evidence in support of length contraction. 5

(b) Light takes 7.2 years to travel from a galaxy to the earth. How long would it take an astronaut to reach the galaxy according to her clock if she travelled from the Earth to this galaxy at the speed of 0.80 c ? 5

(c) Calculate the rest mass energy of a proton, its total energy and kinetic energy if it travels at a speed of 0.99 c. Answer in units of MeV. 5

3. Answer any ***two*** parts :

(a) Determine the normalization constant N for the wave function :

$\psi(x) = N(x - a)\, e^{-i\omega t}$, for $0 \leq x \leq a$.

$\psi(x) = 0$ elsewhere. 5

(b) What is a matter wave ? Determine the dispersion relation, phase velocity and group velocity for matter waves, starting from the expressions for linear momentum and energy of matter waves. 2+3

(c) Define linear momentum operator $\hat{p}_x$. Show that it is Hermitian. 1+4

4. Answer any ***one*** parts :

(a) Write down the time independent Schrödinger equation for a particle of mass m in a one-dimensional potential barrier of height V_0 and width a. Obtain

the general solutions of the equation when the energy of the particle $E < V_0$. Write down the boundary conditions for the problem. 10

(b) A particle of mass m is moving in a step potential defined by :

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

Obtain the general solution of the time independent Schrödinger equation for this system when the energy of the particle $E > V_0$. Write down the boundary conditions for the system and apply them to the general solution to obtain the final solution. 10

5. Answer any ***two*** parts :

(a) What is secular equilibrium ? A sample of uranium in which secular equilibrium has been obtained contains one atom of radium for every 2.8×10^6 atoms of uranium. If the half life of uranium is 4.5×10^9 years, calculate the half-life of radium (in years). 2+3

(b) Explain why electrons cannot reside in an atomic nucleus. 5

(c) Calculate the number of fissions of ^{235}U required per second to produce 1 MW

power given that 1 fission produces 200 MeV of energy. 5

Physical Constants :

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

$m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg

$\hbar = 1.05 \times 10^{-34}$ Js

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

BPHET–141

विज्ञान स्नातक (सामान्य)

(बी. एस.-सी. जी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2026

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 हैं।

(iii) आप कैलकुलेटर का उपयोग कर सकते हैं।

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

---

1. किन्हीं **पाँच** भागों के उत्तर दीजिए :

(क) समकालिकता की आपेक्षिकता से आप क्या समझते हैं ? 2

(ख) एक जड़त्वीय निर्देश तंत्र के सापेक्ष $0.6\ c$ की चाल से गतिमान पिण्ड के लिए लोरेन्ट्ज गुणक की गणना कीजिए। 2

(ग) एक परमाणु में इलेक्ट्रॉन की स्थिति 0.4Å की परिशुद्धता सीमा में मापी जाती है। उसके वेग में अनिश्चितता की गणना कीजिए। 2

(घ) लम्बाई L में परिरुद्ध ऊर्जा E वाले एक मुक्त कण के लिए विभव फलन एवं काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण लिखिए। 2

(ङ) स्वीकार्य तरंग फलन के कोई **दो** गुणधर्म लिखिए। 2

(च) चौड़ाई $2L$ और गहराई V_0 वाले एकविम परिमित विभव कूप की परिभाषा दीजिए और उसका चित्र खींचिए। 2

(छ) (i) एक अस्थायी नाभिक के अल्फा क्षय, और

(ii) मुक्त न्यूट्रॉन के बीटा क्षय को निरूपित करने वाले समीकरण लिखिए। 2

(ज) गुणन कारक की परिभाषा दीजिए। गुणन कारक के किस मान के लिए नाभिकीय रिएक्टर क्रांतिक होता है ? 2

2. किन्हीं **दो** भागों के उत्तर दीजिए :

(क) दैर्घ्य संकोच के लिए एक प्रायोगिक प्रमाण का वर्णन कीजिए। 5

(ख) एक मंदाकिनी से पृथ्वी तक आने में प्रकाश को 7.2 वर्ष लगते हैं। यदि एक अंतरिक्षयात्री पृथ्वी से इस मंदाकिनी तक $0.80c$ की चाल से यात्रा करे तो उसकी अपनी घड़ी के अनुसार उसे उस मंदाकिनी तक पहुँचने में कितना समय लगेगा ? 5

(ग) यदि एक प्रोटॉन $0.99c$ की चाल से गति करता है तो उसकी विराम द्रव्यमान ऊर्जा, कुल ऊर्जा और गतिज ऊर्जा की गणना कीजिए। अपने उत्तर MeV की इकाई में दीजिए। 5

3. किन्हीं **दो** भागों के उत्तर दीजिए :

(क) तरंग फलन

$\psi(x) = \mathrm{N}(x - a)\, e^{-i\omega t}$, $0 \le x \le a$ के लिए

$\psi(x) = 0$ अन्यत्र

के लिए प्रसामान्यीकरण नियतांक N की गणना कीजिए। 5

(ख) द्रव्य तरंग क्या होती है ? द्रव्य तरंगों के रैखिक संवेग और ऊर्जा के व्यंजकों से शुरू करके, इन तरंगों के लिए परिक्षेपण सम्बन्ध, प्रावस्था वेग और समूह वेग के व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 2+3

(ग) रैखिक संवेग संकारक $\hat{p_x}$ की परिभाषा दीजिए। सिद्ध कीजिए कि यह हर्मिटी है। 1+4

4. किसी **एक** भाग का उत्तर दीजिए :

(क) ऊँचाई V_0 और चौड़ाई a वाली एक-विम विभव रोधिका में द्रव्यमान m वाले एक कण के लिए काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण लिखिए। जब कण की ऊर्जा $E < V_0$ हो, तब इस समीकरण के व्यापक हल

प्राप्त कीजिए। इस समस्या के लिए परिसीमा प्रतिबन्ध लिखिए। 10

(ख) द्रव्यमान m का कण निम्नवत् परिभाषित सोपान विभव में गतिमान है :

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

जब कण की ऊर्जा $E > V_0$ हो, तो इस निकाय के लिए काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण के व्यापक हल प्राप्त कीजिए। इस निकाय के लिए परिसीमा प्रतिबन्ध लिखिए और उन्हें व्यापक हल पर लागू करके अन्तिम हल प्राप्त कीजिए। 10

5. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

(क) सेक्यूलर साम्यावस्था क्या होती है ? सेक्यूलर साम्यावस्था प्राप्त किए हुए यूरेनियम खनिज में, 2.8×10^6 यूरेनियम परमाणुओं में एक रेडियम परमाणु मिलता है। यदि यूरेनियम की अर्ध-आयु $4{\cdot}5 \times 10^9$ वर्ष हो तो रेडियम की अर्ध-आयु की गणना कीजिए (वर्षों में)। 2+3

(ख) समझाइए कि परमाण्वीय नाभिक में इलेक्ट्रॉन क्यों नहीं रह सकते। 5

(ग) 1 MW शक्ति उत्पन्न करने के लिए आवश्यक प्रति सेकंड ^{235}U के विखण्डनों की संख्या परिकलित कीजिए। जबकि दिया है कि एक विखण्डन में 200 MeV ऊर्जा उत्पन्न होती है। 5

भौतिक नियतांक :

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

$m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg

$\hbar = 1.05 \times 10^{-34}$ Js

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

× × × × ×