BACHELOR OF SCIENCE (BSCG)

Term-End Examination

June, 2022

BPHET-141 : ELEMENTS OF MODERN PHYSICS

Time : 2 hours *Maximum Marks : 50*

Note : *Attempt **all** questions. The marks for each question are indicated against it. Symbols have their usual meanings. You may use calculator or log tables. The values of physical constants are given at the end.*

1. Answer any ***five*** parts : *5×2=10*

(a) An inertial observer moves towards a star at a constant speed V_0. Another inertial observer moves away from the star at the same speed. Which of the following quantities would the observers measure to be the same and which would be different : (i) speed of starlight, and (ii) wavelength of starlight ? Explain.

(b) An inertial frame S′ is moving at a constant speed of 0·8 c with respect to an inertial frame S. The time interval measured between two events at the same position in S′ is 3·0 s. What is the time interval measured by a clock in S ?

(c) A quantum oscillator in the wall of a black body cavity has a frequency of $5{\cdot}0 \times 10^{14}$ Hz. Calculate the energy of the first two quantum states.

(d) Calculate the minimum uncertainty in the position of a proton if its measured velocity has an uncertainty of $0{\cdot}2 \times 10^{-3}$ ms^{-1}.

(e) Define the Parity Operator. What are its eigen values ?

(f) A particle in a one-dimensional box has an energy of 18 eV in its first excited state. Calculate its ground state energy.

(g) What do you understand by prompt and delayed neutrons ?

(h) With the help of a typical energy level diagram, show the γ-decay of ^{27}Mg to ^{27}Al.

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

(a) The inertial frame of reference S' is moving with velocity $V_0 \hat{i}$ with respect to another inertial frame S. Write down the Lorentz transformation equations relating (x', y', z', t') to (x, y, z, t). From these, derive the inverse Lorentz transformation equations. *5*

(b) A star emits a blue line of wavelength 450 nm. Suppose the same line has a wavelength of 650 nm on the Earth. What is the "receding" speed of the star ? *5*

(c) Show that the relativistic force required to give an acceleration $\vec{f}$ to a particle in the direction of its motion is :

$$\vec{F} = r^3 m_0 \vec{f}$$

where m_0 is the rest mass of the particle. *5*

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

(a) Write the time-dependent Schrödinger equation. Deduce the time-independent Schrödinger equation from it. *1+4*

(b) The wave function of a particle is given by :

$$\psi(x) = N x e^{-x^2/a^2}, \quad -\infty < x < \infty$$

Calculate the normalization constant N. *5*

(c) Show that $[\hat{L}_z, \hat{L}_x] = i\hbar\,\hat{L}_y$. *5*

4. Answer any ***one*** part : *1×10=10*

(a) A free particle is confined in a length segment lying between x = 0 and x = a. Solve the time-independent Schrödinger equation and obtain the eigen functions and eigen energies of the particle. Determine the normalization constant for the eigen function. *7+3*

(b) Write down the potential function for a one-dimensional potential barrier of width a. Write down the time-independent Schrödinger equation for a particle of mass m for this potential and obtain the general solution, when the energy of the particle is less than the barrier height. State the boundary conditions on the wave function. *2+5+3*

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

(a) The half-life of Zn-71 is 2·4 minutes. If 100 g of Zn was present at the beginning of decay, then how much Zn would be left after 9·6 minutes ? *5*

(b) What is meant by secular equilibrium ? Uranium mineral, in which secular equilibrium is obtained, contains one atom of radium for every $2{\cdot}5 \times 10^6$ atoms of uranium. If the half-life of radium is 1620 years, then calculate the half-life of uranium. *5*

(c) Draw a schematic diagram of a nuclear reactor showing its general features. What is the function of a moderator and a reflector in a nuclear reactor ? *3+2*

Physical Constants :

$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ Js

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}6725 \times 10^{-27}$ kg

$m_n = 1{\cdot}6747 \times 10^{-27}$ kg

$1 \text{ eV} = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ J

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

$\hbar = 1{\cdot}054 \times 10^{-34}$ Js

विज्ञान स्नातक (बी.एस.सी.जी.)
सत्रांत परीक्षा
जून, 2022

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

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : ***सभी*** *प्रश्नों के उत्तर दीजिए । प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं । आप कैल्कुलेटर या लॉग सारणियों का उपयोग कर सकते हैं । भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।*

---

1. किन्हीं ***पाँच*** भागों के उत्तर दीजिए : *5×2=10*

(क) एक जड़त्वीय प्रेक्षक एक तारे की ओर अचर चाल V_0 से चलता है और दूसरा जड़त्वीय प्रेक्षक उतनी ही चाल से तारे से दूर जाता है । ये प्रेक्षक निम्नलिखित में से किस राशि का एक ही मान मापेंगे और किसका अलग-अलग मापेंगे : (i) तारे के प्रकाश की चाल, और (ii) तारे के प्रकाश की तरंगदैर्घ्य ? समझाइए ।

(ख) एक जड़त्वीय तंत्र S′, जड़त्वीय तंत्र S के सापेक्ष अचर चाल 0·8 c से गतिमान है । तंत्र S′ में, एक ही स्थिति पर घटने वाली दो घटनाओं के बीच का समयांतराल 3·0 s मापा जाता है । तंत्र S में रखी घड़ी द्वारा मापा गया समयांतराल क्या होगा ?

(ग) कृष्णिका गुहिका की दीवार में एक क्वांटम दोलित्र की आवृत्ति $5{\cdot}0 \times 10^{14}$ Hz है । इसकी पहली दो क्वांटम अवस्थाओं की ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

(घ) एक प्रोटॉन की स्थिति में न्यूनतम अनिश्चितता परिकलित कीजिए, यदि दिया गया हो कि उसके मापे गए वेग में $0{\cdot}2 \times 10^{-3}$ ms^{-1} की अनिश्चितता है ।

(ङ) पैरिटी संकारक की परिभाषा दीजिए । उसके आइगेन मान क्या होते हैं ?

(च) एकविम बॉक्स में एक कण की प्रथम उत्तेजित अवस्था की ऊर्जा 18 eV है । उसकी मूल अवस्था की ऊर्जा परिकलित कीजिए ।

(छ) तात्कालिक और विलंबित न्यूट्रॉनों से आप क्या समझते हैं ?

(ज) प्रारूपिक ऊर्जा स्तर चित्र की सहायता से ^{27}Mg का ^{27}Al में γ-क्षय दिखाइए ।

2. किन्हीं ***दो*** भागों के उत्तर दीजिए : *2×5=10*

(क) एक जड़त्वीय निर्देश तंत्र S′, दूसरे जड़त्वीय तंत्र S के सापेक्ष वेग $V_0 \hat{i}$ से गतिमान है । (x′, y′, z′, t′) और (x, y, z, t) के लॉरेन्ट्स रूपांतरण समीकरण लिखिए । इनसे व्युत्क्रम लॉरेन्ट्स रूपांतरण समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । *5*

(ख) एक तारा तरंगदैर्घ्य 450 nm वाली नीली रेखा उत्सर्जित करता है । मान लीजिए कि इस रेखा की पृथ्वी पर मापी गई तरंगदैर्घ्य का मान 650 nm है । "दूर जा रहे" (पश्चगामी) तारे की चाल क्या है ? *5*

(ग) सिद्ध कीजिए कि एक कण को उसकी गति की दिशा में त्वरण $\vec{f}$ प्रदान करने के लिए आवश्यक आपेक्षिकीय बल निम्नलिखित है :

$$\vec{F} = r^3 m_o \vec{f}$$

जहाँ m_o कण का विराम द्रव्यमान है । *5*

3. किन्हीं ***दो*** भागों के उत्तर दीजिए : *2×5=10*

(क) कालाश्रित श्रोडिंगर समीकरण लिखिए । उससे काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण व्युत्पन्न कीजिए । *1+4*

(ख) किसी कण का तरंग फलन निम्नलिखित है :

$$\psi(x) = Nxe^{-x^2/a^2}, \quad -\infty < x < \infty$$

प्रसामान्यीकरण नियतांक N परिकलित कीजिए । *5*

(ग) सिद्ध कीजिए कि $[\hat{L}_z, \hat{L}_x] = i\hbar\,\hat{L}_y$. *5*

4. कोई ***एक*** भाग का उत्तर दीजिए : *1×10=10*

(क) एक मुक्त कण, $x = 0$ और $x = a$ के बीच अवस्थित लंबाई के अवयव में परिरुद्ध है । इस कण के लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण को हल कीजिए और उसके आइगेन फलन और आइगेन ऊर्जाओं के मान प्राप्त कीजिए । आइगेन फलन के लिए प्रसामान्यीकरण नियतांक भी निर्धारित कीजिए । *7+3*

(ख) चौड़ाई a वाली एक एकविम विभव रोधिका के लिए विभव फलन लिखिए । इस विभव में द्रव्यमान m के एक कण के लिए काल-स्वतंत्र श्रोडिंगर समीकरण लिखिए और उसका व्यापक हल प्राप्त कीजिए, जब कण की ऊर्जा विभव रोधिका की ऊँचाई से कम हो । तरंग फलन पर लगने वाले परिसीमा प्रतिबंध लिखिए । *2+5+3*

5. किन्हीं ***दो*** भागों के उत्तर दीजिए : *2×5=10*

(क) Zn-71 की अर्ध-आयु 2·4 मिनट है । यदि क्षय प्रारम्भ होने के समय Zn की मात्रा 100 g हो, तो ज्ञात कीजिए कि 9·6 मिनट के बाद Zn की मात्रा कितनी होगी । *5*

(ख) दीर्घकालिक साम्यावस्था का क्या अर्थ है ? ऐसे यूरेनियम खनिज जिनमें दीर्घकालिक साम्यावस्था प्राप्त हो चुकी है, में प्रत्येक $2{\cdot}5 \times 10^6$ यूरेनियम परमाणुओं में एक रेडियम परमाणु मिलता है । यदि रेडियम की अर्ध-आयु 1620 वर्ष हो, तो यूरेनियम की अर्ध-आयु की गणना कीजिए । *5*

(ग) सामान्य लक्षण निरूपित करते हुए नाभिकीय रिएक्टर का व्यवस्थित आरेख खींचिए । नाभिकीय रिएक्टर में विमंदक (moderator) और परावर्तक का किस लिए उपयोग किया जाता है ? *3+2*

भौतिक नियतांक :

$h = 6{\cdot}626 \times 10^{-34}$ Js

$m_e = 9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg

$m_p = 1{\cdot}6725 \times 10^{-27}$ kg

$m_n = 1{\cdot}6747 \times 10^{-27}$ kg

1 eV $= 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ J

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

$\hbar = 1{\cdot}054 \times 10^{-34}$ Js