BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2022

PHYSICS

PHE-11 : 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 a calculator. The values of physical constants are given at the end.*

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

(a) The total energy of a particle is exactly twice its rest energy. Calculate its speed.

(b) Calculate the speed at which a rod is moving when its length is contracted to one-third of its proper length.

(c) Calculate the minimum uncertainty in the momentum of a proton confined to a nucleus of size 10^{-14} m. Also calculate the minimum kinetic energy.

(d) Write down the electronic configuration for Gallium (Z = 31) and Rubidium (Z = 37).

(e) A ball of mass 100 g moves with a velocity 66 ms^{-1}. Compare its de Broglie wavelength with that of a proton moving with the velocity $1{\cdot}0 \times 10^8$ ms^{-1}.

(f) Draw the binding energy curve and explain nuclear fission on its basis.

(g) State the charge, baryon number and spin of a photon and a proton.

(h) Write the selection rules for X-ray spectra. State giving reasons whether the following transitions are allowed :

(i) $3^2 P_{3/2} \rightarrow 2^2 P_{1/2}$

(ii) $2^2 P_{3/2} \rightarrow 2^2 S_{1/2}$

2. Attempt any ***one*** part : *1×5=5*

(a) Write down Lorentz transformation equation. Hence show that $\Delta t = \gamma \Delta t'$ where Δt is the proper time. *2+3*

(b) Derive the relativistic energy-momentum relation for a free particle. *5*

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

(a) Show that Hermitian operators have real expectation values. *5*

(b) The wave function of a moving particle is given by $\phi = Nx \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$. Determine the normalization constant N. *5*

(c) Prove the Ehrenfest theorem

$$\frac{d < x >}{dt} = \frac{1}{m} < p_x > \qquad 5$$

4. Attempt any ***one*** part (a or b) : *1×10=10*

(a) (i) What is the maximum frequency of X-rays produced in a tube operating at a potential difference of 10 kV ? *2*

(ii) State Hund's rules and using them find the spectral terms for ground state of Si atom. *3+5*

(b) Solve the time independent Schrödinger equation for the one-dimensional potential barrier :

$V(x) = 0 \qquad x < -L$

$V(x) = V_0 \qquad -L < x < L$

$V(x) = 0 \qquad x > L$

Explain the phenomenon of tunnelling through the barrier. *7+3*

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

(a) The half-life of a radioactive element is $2{\cdot}0 \times 10^{10}$ years. Calculate the disintegration constant (in s^{-1}) and the number of disintegrations per second from 1 g of the element. Take Avogadro's number $6{\cdot}03 \times 10^{23}$, given that A = 238. *2+3*

(b) Discuss Liquid Drop model and explain the phenomenon of fission on its basis. *5*

(c) List four applications of radioisotopes as tracers. Describe any one of them. *2+3*

Physical Constants :

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

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

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

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

$R = 2{\cdot}18 \times 10^{-18}$ J

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2022

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-11 : आधुनिक भौतिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : ***सभी*** *प्रश्न कीजिए । प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं । प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं । आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं । भौतिक नियतांकों के मान अंत में दिए गए हैं ।*

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

(क) एक कण की कुल ऊर्जा उसकी विराम ऊर्जा की दुगुनी है । कण की चाल की गणना कीजिए ।

(ख) एक छड़ की चाल के उस मान की गणना कीजिए जिस पर गतिमान होने पर उसकी लंबाई संकुचित होकर उसकी उचित लंबाई की एक-तिहाई हो जाएगी ।

(ग) आमाप 10^{-14} m के एक नाभिक में परिरुद्ध प्रोटॉन के संवेग में न्यूनतम अनिश्चितता परिकलित कीजिए । न्यूनतम गतिज ऊर्जा भी परिकलित कीजिए ।

(घ) गैलियम (Z = 31) और रूबिडियम (Z = 37) के लिए इलेक्ट्रॉनिक विन्यास लिखिए ।

(ङ) द्रव्यमान 100 g की एक गेंद $66\ ms^{-1}$ के वेग से गतिमान है । वेग $1{\cdot}0 \times 10^8\ ms^{-1}$ से गतिमान एक प्रोटॉन के दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य से उसके दे ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य की तुलना कीजिए ।

(च) बंधन ऊर्जा वक्र बनाइए और उसके आधार पर नाभिकीय विखंडन समझाइए ।

(छ) एक फोटॉन और एक प्रोटॉन के लिए विद्युत आवेश, बेरिऑन संख्या और स्पिन लिखिए ।

(ज) X-किरण स्पेक्ट्रम के लिए वरण नियम लिखिए । कारण सहित बताइए कि निम्नलिखित संक्रमण अनुमत हैं अथवा नहीं :

(i) $3^2 P_{3/2} \rightarrow 2^2 P_{1/2}$

(ii) $2^2 P_{3/2} \rightarrow 2^2 S_{1/2}$

2. कोई ***एक*** भाग कीजिए : *1×5=5*

(क) लॉरेंज़ रूपांतरण समीकरण लिखिए । इससे सिद्ध कीजिए कि $\Delta t = \gamma \Delta t'$, जहाँ Δt उचित समयांतराल है । *2+3*

(ख) एक मुक्त कण के लिए आपेक्षिकीय ऊर्जा-संवेग संबंध व्युत्पन्न कीजिए । *5*

3. कोई ***दो*** भाग कीजिए : *2×5=10*

(क) सिद्ध कीजिए कि हर्मिटी संकारकों के वास्तविक प्रत्याशा मान होते हैं । *5*

(ख) एक गतिमान कण का तरंग फलन $\phi = Nx \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$ है । प्रसामान्यीकरण नियतांक N परिकलित कीजिए । *5*

(ग) ऐहरनफेस्ट प्रमेय

$$\frac{d < x >}{dt} = \frac{1}{m} < p_x >$$

सिद्ध कीजिए । *5*

4. कोई ***एक*** भाग (क या ख) कीजिए : *1×10=10*

(क) (i) विभवांतर 10 kV पर क्रियान्वित एक X-किरण नलिका से उत्पन्न X-किरणों की अधिकतम आवृत्ति क्या होगी ? *2*

(ii) हुण्ड के नियम लिखिए और इन नियमों का प्रयोग करके Si परमाणु की मूल अवस्था के लिए स्पेक्ट्रमी पद ज्ञात कीजिए । *3+5*

(ख) निम्नलिखित एकविम विभव रोधिका के लिए काल स्वतंत्र श्रोडिन्गर समीकरण हल कीजिए :

$V(x) = 0 \qquad x < -L$

$V(x) = V_0 \qquad -L < x < L$

$V(x) = 0 \qquad x > L$

रोधिका के आर-पार सुरंगन की परिघटना को समझाइए । *7+3*

5. कोई ***दो*** भाग कीजिए : *2×5=10*

(क) एक रेडियोएक्टिव तत्त्व की अर्ध-आयु $2{\cdot}0 \times 10^{10}$ वर्ष है । इसके विघटन स्थिरांक की गणना (s^{-1} में) कीजिए । 1 g तत्त्व के लिए प्रति सेकंड विघटनों की संख्या की गणना कीजिए । आवोगाद्रो संख्या $6{\cdot}03 \times 10^{23}$ लीजिए, दिया गया है कि A = 238. *2+3*

(ख) द्रव बूँद मॉडल का विवरण दीजिए और उसके आधार पर विखंडन की परिघटना समझाइए । *5*

(ग) ट्रेसर के रूप में रेडियोआइसोटोप के चार अनुप्रयोग सूचीबद्ध कीजिए । किसी एक अनुप्रयोग का वर्णन कीजिए । *2+3*

भौतिक नियतांक :

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

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

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

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

$R = 2{\cdot}18 \times 10^{-18}$ J