2. What are possible states of two nucleon system and out of these, which is stable state ? Write experimentally measured physical properties of that system and describe the stable two nucleon system in its ground system considering square well nuclear potential. Hence, prove that the Nuclear Potential is inversely proportional to the square of the range of Nuclear Potential, in a case, when Nuclear Potential is much greater than the binding energy of stable two nucleon system. **1+2+9+2=14**

दो न्यूक्लियॉन प्रणाली की संभावित अवस्थाएँ क्या हैं और इनमें से स्थिर अवस्था कौनसी है ? उस प्रणाली के प्रयोगात्मक रूप से मापे गए भौतिक गुणों को लिखिए और वर्गाकार परमाणु क्षमता पर विचार करते हुए इसकी जमीनी प्रणाली में स्थिर दो न्यूक्लियॉन प्रणाली का वर्णन कीजिए । इसलिए, सिद्ध

No. of Printed Pages : 11 Roll No. .....

55201

M.Sc. (NEP-2020)

EXAMINATION, 2026

(Second Semester)

PHYSICS

Nuclear and Particle Physics

Time : 3 *Hours*] [*Maximum Marks :* 70

Before answering the question-paper, candidates must ensure that they have been supplied with correct and complete question-paper. No complaint, in this regard will be entertained after the examination.

Note : Attempt *Five* questions in all, selecting *one* question from each Unit. Q. No. **1** is compulsory. All questions carry equal marks.

प्रत्येक इकाई से **एक** प्रश्न चुनते हुए, कुल **पाँच** प्रश्नों के उत्तर दीजिए । प्रश्न क्र. **1** अनिवार्य है । सभी प्रश्नों के अंक समान हैं ।

Compulsory Question (अनिवार्य प्रश्न)

1. (i) In case of low energy $n-p$ scattering, define Effective Range and explain it with the help of graph. Also, write the physical significance of sign of Effective Range.

कम ऊर्जा $n-p$ प्रकीर्णन के मामले में, प्रभावी रेंज को परिभाषित कीजिए और इसे ग्राफ की सहायता से समझाइए । साथ ही, प्रभावी सीमा के चिन्ह का भौतिक महत्व भी लिखिए ।

(ii) Using Single particle shell model predict the ground state spin, parity and magnetic moment of :

(a) $^{17}_{8}\mathrm{O}$

(b) $^{41}_{18}\mathrm{A}r$

एकल कण शेल मॉडल का उपयोग करके जमीनी स्थिति स्पिन, समता और चुंबकीय क्षण की भविष्यवाणी की जाती है :

(अ) $^{17}_{8}\mathrm{O}$

(ब) $^{41}_{18}\mathrm{A}r$

(iii) What are expected types of multipole/ gamma ray transitions between following states of odd A nuclei :

(a) $h_{11/2}$ to $d_{5/2}$

(b) $i_{11/2}$ to $d_{3/2}$

विषम A नाभिक की निम्नलिखित अवस्थाओं के बीच बहुध्रुव/गामा किरण संक्रमण के अपेक्षित प्रकार क्या हैं :

(अ) $h_{11/2}$ से $d_{5/2}$

(ब) $i_{11/2}$ से $d_{3/2}$

(iv) Are following interactions allowed ? If allowed then write the type of interactions.

(a) $\pi^{+} + n \rightarrow \mathrm{K}^{\circ} + \mathrm{K}^{+}$

(b) $p + p \rightarrow p + p + n + \bar{n}$

4×3.5=14

क्या निम्नलिखित इंटरैक्शन की अनुमति है ? यदि अनुमति हो तो अंत:क्रियाओं के प्रकार लिखिए ।

(अ) $\pi^{+} + n \rightarrow \mathrm{K}^{\circ} + \mathrm{K}^{+}$

(ब) $p + p \rightarrow p + p + n + \bar{n}$

α-क्षय पर चर्चा कीजिए, α-क्षय के लिए सामान्य अभिव्यक्ति लिखिए और α-स्पेक्ट्रम बनाइए ।

(b) Derive an expression for α-disintegration energy. **4**

α-विघटन ऊर्जा के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त कीजिए ।

(c) Discuss the Range of α-particles and prove that the Range of intermediate energy α-particles is directly proportional to 3/2 power of Kinetic Energy of α-particles. **5**

α-कणों की सीमा पर चर्चा कीजिए और सिद्ध कीजिए कि मध्यवर्ती ऊर्जा α-कणों की सीमा α-कणों की गतिज ऊर्जा की 3/2 शक्ति के सीधे आनुपातिक है ।

(d) Discuss Geiger-Nuttall law. **2**

गीजर-न्यूटॉल कानून पर चर्चा कीजिए ।

कीजिए कि परमाणु क्षमता परमाणु क्षमता की सीमा के वर्ग के व्युत्क्रमानुपाती होती है, उस स्थिति में, जब परमाणु क्षमता स्थिर दो न्यूक्लियॉन प्रणाली की बंधन ऊर्जा से बहुत अधिक होती है

3. (a) Define Q-value and derive an expression for Q-equation in case of a direct nuclear reaction. **5**

Q-मान को परिभाषित कीजिए और प्रत्यक्ष परमाणु प्रतिक्रिया के मामले में Q-समीकरण के लिए एक अभिव्यक्ति प्राप्त कीजिए ।

(b) If the outgoing part of a partial spherical wave with angular momentum l is changed by η_l and $\eta_l = -1$, then prove that scattering cross-section attains its maximum value. **9**

यदि कोणीय गति l के साथ आंशिक गोलाकार तरंग का आउटगोइंग भाग η_l और $\eta_l = -1$ द्वारा बदल दिया जाता है, तो साबित कीजिए कि बिखरने वाला क्रॉस-सेक्शन अपने अधिकतम मूल्य को प्राप्त करता है ।

Unit II (इकाई II)

4. Deduce the expression for Semi-empirical Mass Formula. Prove that mass of the nuclei of an Isobaric family with odd and even Mass Numbers can be represented by single and double parabolas, respectively on Mass *versus* Atomic number graph. **9+5=14**

अर्ध-अनुभवजन्य द्रव्यमान सूत्र के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए । साबित कीजिए कि विषम और सम द्रव्यमान संख्याओं वाले आइसोबैरिक परिवार के नाभिक के द्रव्यमान को द्रव्यमान **बनाम** परमाणु संख्या ग्राफ पर क्रमशः एकल और दोहरे परवलय द्वारा दर्शाया जा सकता है ।

5. (a) What are magic numbers ? Write the experimental evidences for magic numbers. **4**

जादुई संख्याएँ क्या हैं ? जादुई संख्याओं के लिए प्रायोगिक साक्ष्य लिखिए ।

(b) Write the assumptions of the Single Particle Shell model and ordering of energy states according to Shell Model. **8**

एकल कण शैल मॉडल की धारणाएँ और शैल मॉडल के अनुसार ऊर्जा अवस्थाओं का क्रम लिखिए ।

(c) Explain the estimation of spin, parties and magnetic moments of a nuclei by Single Particle Shell Model. **2**

एकल कण शैल मॉडल द्वारा नाभिक के स्पिन, समता और चुंबकीय क्षणों का अनुमान समझाइए ।

Unit III (इकाई III)

6. (a) Discuss α-decay, write the general expression for α-decay and draw α-spectrum. **3**

7. (a) Discuss the evidence of existence of neutrino and write its properties. **3**

न्यूट्रिनो के अस्तित्व के साक्ष्य पर चर्चा कीजिए और इसके गुण लिखिए ।

(b) Write the method of detection of neutrino and proof of existence of both neutrino and anti-neutrino. **6**

न्यूट्रिनो का पता लगाने की विधि तथा न्यूट्रिनो और एंटी-न्यूट्रिनो दोनों के अस्तित्व का प्रमाण लिखिए ।

(c) Explain the process of γ-decay, it's selection rules and multipolarity in γ-transitions. **5**

γ-क्षय की प्रक्रिया, इसके चयन नियम और γ-संक्रमण में बहुध्रुवीयता की व्याख्या कीजिए ।

Unit IV (इकाई IV)

8. (a) Explain classical and quantum origin conservation laws obeyed in particle physics with examples. **8**

कण भौतिकी में पालन किए जाने वाले शास्त्रीय और क्वाण्टम मूल संरक्षण कानूनों को उदाहरण सहित समझाइए ।

(b) Write Gell-Mann-Okubo mass formula for Baryons and prove that there is a linear relationship between mass of Baryons and hyper charge in case of decuplet symmetry. **6**

बैरियन के लिए गेल-मैन-ओकुबो द्रव्यमान सूत्र लिखिए और साबित कीजिए कि डिक्यूपलेट समरूपता के मामले में बैरियन के द्रव्यमान और हाइपर चार्ज के बीच एक रैखिक संबंध है ।

9. (a) Write the Quark Model. Write any *eight* Baryons and four Mesons in combination of Quarks. **4**

क्वार्क मॉडल लिखिए । क्वार्क के संयोजन में कोई **आठ** बैरियन और चार मेसॉन लिखिए ।

(b) Draw Baryon Octet. **4**

बैरियन ऑक्टेट बनाइए ।

(c) Explain the necessity of introduction of colour quantum number. **2**

रंग क्वांटम संख्या के परिचय की आवश्यकता को स्पष्ट कीजिए ।

(d) Write a short note on SU(2) and SU(3) symmetries. **4**

SU(2) और SU(3) समरूपता पर एक संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए ।

❖❖❖❖❖❖❖