अध्याय 12

परमाणु

बहुविकल्पी प्रश्न I (MCQ I)

12.1 बोर त्रिज्या को a_0 = 53pm लेते हुए, बोर मॉडल के आधार पर Li^{++} आयन की, इसके निम्नतम अवस्था में, त्रिज्या होगी लगभग–

(a) 53 pm
(b) 27 pm
(c) 18 pm
(d) 13 pm

12.2 एक इलेक्ट्रॉन को, एक स्थिर नाभिक (प्रोटॉन) के चारों ओर परिक्रमण करता हुआ मानते हुए, एक हाइड्रोजन-परमाणु की बन्धन ऊर्जा है–

$$B = -\frac{me^4}{8n^2\varepsilon_0^2h^2}$$ (m = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान)

यदि कोई व्यक्ति एक ऐसे निर्देश फ्रेम को उपयोग में लाए जिसमें इलेक्ट्रॉन विराम में हो तो प्रोटॉन इसके चारों ओर परिक्रमण करेगा। समतुल्य तर्कों से अब बन्धन ऊर्जा होगी–

© NCERT not to be republished

$$B = -\frac{Me^4}{8n^2\varepsilon_0^2h^2} \quad (M = \text{प्रोटॉन द्रव्यमान})$$

यह अन्तिम व्यंजक सही नहीं है क्योंकि

(a) n पूर्णांक नहीं होगा।
(b) बोर क्वाण्टमीकरण केवल इलेक्ट्रॉनों के लिए प्रयुक्त होता है।
(c) वह निर्देश फ्रेम जिसमें इलेक्ट्रॉन विराम में रहता है जड़त्वीय नहीं है।
(d) प्रोटॉन की गति सन्निकट रूप से भी वृत्तीय कक्षा में नहीं होगी।

12.3 एक सामान्य बोर मॉडल को कई इलेक्ट्रॉनों वाले एक परमाणु के ऊर्जा स्तरों की गणना के लिए प्रत्यक्षत: प्रयुक्त नहीं किया जा सकता। ऐसा इसलिए है क्योंकि–

(a) इलेक्ट्रॉन केंद्रीय बल के आधीन नहीं हैं।
(b) इलेक्ट्रॉन एक दूसरे से टकराते रहते हैं।
(c) स्क्रीन प्रभाव बीच मे आते हैं।
(d) नाभिक तथा इलेक्ट्रॉन के बीच बल, अब कूलॉम के नियम से निर्धारित नही होते।

12.4 सामान्य बोर मॉडल के अनुसार, निम्नतम अवस्था में, हाइड्रोजन परमाणु के इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग $\hbar$ के तुल्य है। कोणीय संवेग एक सदिश है अत: कक्षाओं की संख्या अनन्त होगी, जिनमें कोणीय संवेग सदिश प्रत्येक सम्भव दिशा की ओर इंगित कर रहा होगा। वास्तव में यह सही नहीं है–

(a) क्योंकि बोर मॉडल कोणीय संवेग का गलत मान देता है।
(b) क्योंकि इनमें से केवल एक की ऊर्जा न्यूनतम होगी।
(c) कोणीय संवेग इलेक्ट्रॉन के चक्रण की दिशा में होना चाहिए।
(d) क्योंकि इलेक्ट्रॉन केवल क्षैतिज कक्षाओं में चक्कर लगाते हैं।

12.5 O_2 अणु में ऑक्सीजन के दो परमाणु होते हैं। अणु में, दो परमाणु–नाभिकों के मध्य नाभिकीय बल–

(a) महत्त्वपूर्ण नहीं है क्योंकि नाभिकीय बलों का परिसर न्यून होता है।
(b) दो परमाणुओं को बाँधने के लिए आवश्यक स्थिर वैद्युत बलों जितने ही महत्त्वपूर्ण हैं।
(c) नाभिकों के मध्य प्रतिकर्षणात्मक स्थिर वैद्युत बलों को निरस्त कर देते हैं।
(d) महत्त्वपूर्ण नहीं है क्योंकि आक्सीजन नाभिक में न्यूट्रॉनों और प्रोटॉनों की संख्या बराबर होती है।

12.6 दो H – परमाणुओं का इनके निम्नतम अवस्था में अप्रत्यास्थ संघट्ट होता है। दोनों की संयुक्त गतिज ऊर्जा में होने वाली अधिकतम कमी है–

(a) 10.20 eV
(b) 20.40 eV
(c) 13.6 eV
(d) 27.2 eV

© NCERT not to be republished

12.7 उत्तेजित अवस्था में परमाणुओं का एक समूह विघटित होता है–

(a) सामान्यत: निम्नतर ऊर्जा की किसी भी अवस्था तक

(b) एक निम्नतर अवस्था तक केवल तभी जब एक बाह्य विद्युत क्षेत्र द्वारा उत्तेजित किया गया हो।

(c) जिनमें सभी एक साथ एक निम्नतर अवस्था में आते हैं।

(d) तो इनसे फोटॉन केवल तभी उत्सर्जित होते हैं जब उनमें संघट्ट होता है।

बहुविकल्पी प्रश्न II (MCQ II)

12.8 एक आयनित H-अणु में एक इलेक्ट्रॉन तथा दो प्रोटॉन होते हैं। प्रोटॉनों के मध्य दूरी ऑग्स्ट्रॉम की कोटि की होती है। निम्नतम अवस्था में–

(a) इलेक्ट्रॉन वृत्तीय कक्षाओं में गति नहीं करेंगे।

(b) ऊर्जा, हाइड्रोजन-परमाणु की $(2)^4$ गुना होगी।

(c) इलेक्ट्रॉन की कक्षा प्रोटॉनों के चारों ओर होगी।

(d) अणु शीघ्र ही एक प्रोटॉन और एक हाइड्रोजन परमाणु में विघटित हो जाएगा।

12.9 मुक्त इलेक्ट्रॉनों के एक किरण पुंज को मुक्त प्रोटॉनों की ओर दिष्ट मानें। जब वे प्रकीर्णित होते हैं तो, एक इलेक्ट्रॉन व एक प्रोटॉन मिलकर एक हाइड्रोजन-परमाणु नहीं बना सकते–

(a) ऊर्जा-संरक्षण के कारण

(b) विकिरण के रूप में समक्षणिक ऊर्जा-मोचन के बिना

(c) संवेग संरक्षण के कारण

(d) कोणीय-संवेग संरक्षण के कारण

12.10 हाइड्रोजन परमाणु के स्पेक्ट्रम के लिए बोर मॉडल–

(a) हाइड्रोजन की आण्विक अवस्था में लागू नहीं होगा।

(b) He- परमाणु की भाँति लागू नही होगा।

(c) केवल कमरे के ताप पर वैध है।

(d) अविरत तथा विविक्त दोनों प्रकार की स्पेक्ट्रमी रेखाओं की प्रागुक्ति करता है।

12.11 H- परमाणु के लिए बॉमर श्रेणी प्रेक्षित की जा सकती है–

(a) यदि हम उत्सर्जित प्रकाश की आवृत्ति उस क्षण मापें जब परमाणु उत्तेजित अवस्था से निम्नतम अवस्था में आता है।

(b) यदि हम उत्सर्जित प्रकाश की आवृत्ति, उत्तेजित अवस्थाओं से प्रथम उत्तेजित अवस्था तक संक्रमण में मापें।

© NCERT not to be republished

(c) हाइड्रोजन–परमाणु के किसी भी संक्रमण में।

(d) आवृत्तियों के अनुक्रम की भाँति, जिसमें उच्चतर आवृत्तियाँ सुसंकुलित हो रही हों।

12.12 माना कि $E_n = \dfrac{-1}{8\varepsilon_0^2}\dfrac{me^4}{n^2h^2}$ हाइड्रोजन परमाणु के n वें स्तर की ऊर्जा है। यदि सभी हाइड्रोजन परमाणु निम्नतम अवस्था मे हों तथा $(E_2-E_1)/h$ आवृत्ति का विकिरण इस पर आपतित हो तो–

(a) यह बिलकुल भी अवशोषित नहीं होगा।

(b) कुछ परमाणु प्रथम उत्तेजित अवस्था की ओर गति करेंगे।

(c) सभी परमाणु $n = 2$ अवस्था तक उत्तेजित होंगे।

(d) कोई भी परमाणु $n = 3$ अवस्था तक संक्रमण नहीं करेगा।

12.13 सामान्य बोर मॉडल ^{4}He परमाणु पर लागू नहीं होता है–

(a) क्योंकि ^{4}He एक अक्रिय–गैस है।

(b) क्योंकि ^{4}He के नाभिक में न्यूट्रॉन हैं।

(c) क्योंकि ^{4}He के पास एक इलेक्ट्रॉन अधिक है।

(d) क्योंकि इलेक्ट्रॉन केन्द्रीय बलों के अधीन नहीं हैं।

अति लघुउत्तरीय (VSA)

12.14 एक हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान, एक प्रोटान व इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमानों के योग से कम है। ऐसा क्यों है?

12.15 ^{4}He तथा ^{3}He से एक इलेक्ट्रॉन के निष्कासन की कल्पना करें। बोर मॉडल के आधार पर परिकलित, इनके ऊर्जा स्तर बहुत अधिक निकट होंगे। ऐसा क्यों; व्याख्या करें।

12.16 जब एक इलेक्ट्रॉन उच्चतर ऊर्जा से निम्न ऊर्जा स्तर में आता है तो ऊर्जा का अन्तर विद्युत चुम्बकीय विकिरण के रूप में प्रकट होता है। यह ऊर्जा के अन्य रूपों में उत्सर्जित क्यों नहीं हो सकता?

12.17 यदि प्रोटॉन पर आवेश $(+4/3)e$ और इलेक्ट्रॉन पर आवेश $(-3/4)e$ हो तो क्या H-परमाणु का बोर सूत्र अपरिवर्तित रहेगा। यहाँ $e = 1.6 \times 10^{-19}$C है। अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दें।

12.18 दो भिन्न हाइड्रोजन परमाणु लें। प्रत्येक परमाणु में इलेक्ट्रॉन उत्तेजित अवस्था में है। बोर मॉडल के अनुसार क्या यह सम्भव है कि इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा तो भिन्न हो परन्तु कक्षीय कोणीय संवेग समान हो?

© NCERT not to be republished

लघुउत्तरीय (SA)

12.19 पॉजिट्रोनियम, H-परमाणु की भाँति ही है जिसमें प्रोटॉन, इलेक्ट्रॉन के धनावेशित प्रति कण (इसे पॉजिट्रॉन कहते हैं, जो इलेक्ट्रॉन के बराबर ही भारी है) द्वारा प्रतिस्थापित होता है। पोजिट्रोनियम की निम्नतम अवस्था में ऊर्जा क्या होगी?

12.20 कल्पना करें कि एक परमाणु के इलेक्ट्रॉनों के मध्य कोई प्रतिकर्षण बल नहीं है लेकिन धनावेश तथा ऋणावेश के मध्य बल पूर्वानुसार कूलॉम के नियम से दिया जाता है। इन परिस्थितियों में He-परमाणु की निम्नतम अवस्था में ऊर्जा परिकलित कीजिए।

12.21 बोर मॉडल का उपयोग करके, हाइड्रोजन परमाणु की निम्नतम अवस्था में इलेक्ट्रॉन द्वारा निर्मित विद्युत-धारा का परिकलन कीजिए।

12.22 दर्शाइए कि जब इलेक्ट्रॉन किसी उच्चतर स्तर से n वें स्तर में आता है (n >>1), तो उत्सर्जित प्रकाश की पहली कुछ आवृत्तियाँ लगभग संनादी (अर्थात् 1 : 2: 3... के अनुपात में) होती हैं।

12.23 बॉमर श्रेणी की H_γ रेखा को उत्सर्जित कर सकने हेतु, हाइड्रोजन परमाणु को निम्नतम अवस्था में दी जाने वाली न्यूनतम ऊर्जा कितनी होगी? यदि निकाय का कोणीय संवेग संरक्षित रहता हो, तो इस H_γ फोटॉन का कोणीय संवेग क्या होगा?

दीर्घउत्तरीय (LA)

12.24 हाइड्रोजन परमाणु की लाइमन श्रेणी की प्रथम चार स्पेक्ट्रमी रेखाएँ हैं–
λ = 1218 Å, 1028Å, 974.3 Å और 951.4Å। यदि हाइड्रोजन के स्थान पर ड्यूटीरियम को लें तो इन रेखाओं के तरंगदैर्घ्य में विचलन की गणना करें।

12.25 ड्यूटीरियम की खोज, 1932 में हारोल्ड उरे द्वारा, ^{1}H तथा ^{2}H में एक विशेष संक्रमण के लिए तरंगदैर्घ्य के अल्प परिवर्तन को नाप कर की गई। ऐसा इसलिए हुआ, क्योंकि किसी संक्रमण के संगत तरंगदैर्घ्य किसी सीमा तक नाभिक के द्रव्यमान पर निर्भर करती है। यदि नाभिकीय गति को ध्यान में रखा जाए तो इलेक्ट्रॉन व नाभिक अपने उभयनिष्ठ द्रव्यमान केंद्र की परिक्रमा करते हैं। यह निकाय एक ऐसे कण के समतुल्य है जिसका समानीत द्रव्यमान μ है, और जो नाभिक के चारों ओर इलेक्ट्रॉन-नाभिक के बीच की दूरी के बराबर दूरी पर परिक्रमण करता है। यहाँ $\mu = m_e M/(m_e + M)$ जहाँ M नाभिक का द्रव्यमान तथा m_e इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान है। ^{1}H तथा ^{2}H में लाइमन श्रेणी की प्रथम रेखा की तरंगदैर्घ्य मे होने वाले अन्तर के प्रतिशत का परिकलन करें। (^{1}H नाभिक का द्रव्यमान =1.6725×10^{-27} kg, ^{2}H नाभिक का द्रव्यमान =3.3374×10^{-27} kg, इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान = 9.109×10^{-31} kg)

© NCERT not to be republished

12.26 यदि प्रोटॉन की त्रिज्या *'R'* तथा आवेश एकसमान रूप से वितरित हों, तो बोर सिद्धान्त का उपयोग करके हाइड्रोजन परमाणु की निम्नतम स्तर की ऊर्जा की गणना करें जब (i) $R = 0.1$Å, (ii) $R = 10$ Å।

12.27 ओज़े प्रकम में एक परमाणु बिना फोटॉन उत्सर्जित किए, निम्न अवस्था में संक्रमण करता है। अतिरिक्त ऊर्जा एक बाह्य इलेक्ट्रॉन को स्थानान्तरित की जाती है जिसके परमाणु से उत्सर्जित हो जाने की संभावना है। (इसे ओज़े इलेक्ट्रॉन कहते हैं)। नाभिक को भारी मानते हुए क्रोमियम में $n = 2$ से $n = 1$ में संक्रमण के फलस्वरूप उत्सर्जित फोटॉन के संगत ऑगर इलेक्ट्रान की गतिज ऊर्जा का परिकलन कीजिए।

12.28 इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन के मध्य बल हेतु स्थिर वैद्युतिकी का व्युत्क्रम वर्ग नियम है- $|\mathbf{F}| = \dfrac{e^2}{(4\pi\varepsilon_0).r^2}$ $|\mathbf{F}|$ की $\left(\dfrac{1}{r}\right)$ निर्भरता को क्वाण्टम सिद्धान्त में इस प्रकार समझा जा सकता है- कि प्रकाश का 'कण' (फोटान) द्रव्यमान रहित है। यदि प्रोटान का द्रव्यमान m_p हो तो बल का संशोधित रूप होगा।

$$|\mathbf{F}| = \frac{e^2}{(4\pi\varepsilon_0)r^2}\left[\frac{1}{r^2} + \frac{\lambda}{r}\right].exp(-\lambda r) \quad \text{जहाँ } \lambda = m_p c/\hbar \text{ तथा } \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

हाइड्रोजन परमाणु की न्यूनतम अवस्था की ऊर्जा में परिवर्तन का आकलन करें यदि m_p इलेक्ट्रॉन के द्रव्यमान का 10^{-6} गुना है।

12.29 हाइड्रोजन परमाणु का बोर मॉडल स्थिर विद्युत के कूलॉम-नियम पर निर्भर करता है। कूलॉम का नियम प्रत्यक्षत: बहुत अल्प दूरियों (Å के समकक्ष) के लिए परीक्षित नहीं है। माना कूलॉम का नियम दो विपरीत आवेशों $+q_1, -q_2$ के लिए परिष्कृत किया गया है-

$$|\mathbf{F}| = \frac{q_1 q_2}{(4\pi\varepsilon_0)}\frac{1}{r^2}, \quad r \geq R_0$$

$$= \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{R_0^2}\left(\frac{R_0}{r}\right)^{\varepsilon}, \; r \leq R_0$$

इस स्थिति में H-परमाणु की न्यूनतम ऊर्जा अवस्था का परिकलन कीजिए, यदि $\varepsilon = 0.1$, $R_0 = 1$Å।

© NCERT not to be republished