अध्याय
12
परमाणु
Atoms

प्रश्नावली

प्रश्न 1. प्रत्येक कथन के अन्त में दिए गए संकेतों में से सही विकल्प का चयन कीजिए

(a) थॉमसन मॉडल में परमाणु का साइज, रदरफोर्ड मॉडल में परमाणवीय साइज से ......होता है। (अपेक्षाकृत काफी अधिक, भिन्न नहीं, अपेक्षाकृत काफी कम)

(b) ....में निम्नतम अवस्था में इलेक्ट्रॉन स्थायी साम्य में होते हैं जबकि .... में इलेक्ट्रॉन, सदैव नेट बल अनुभव करते हैं।

(c) .... पर आधारित किसी क्लासिकी परमाणु का नष्ट होना निश्चित है।

(थॉमसन मॉडल, रदरफोर्ड मॉडल)

(d) किसी परमाणु के द्रव्यमान का ....में लगभग सतत वितरण होता है लेकिन .... में अत्यन्त असमान द्रव्यमान वितरण होता है।

(थॉमसन मॉडल, रदरफोर्ड मॉडल)

(e) .... में परमाणु के धनावेशित भाग का द्रव्यमान सर्वाधिक होता है।

(रदरफोर्ड मॉडल, दोनों मॉडलों)

हल

(a) इनमें से कोई नहीं

(b) थॉमसन मॉडल, रदरफोर्ड मॉडल

(c) रदरफोर्ड मॉडल

(d) थॉमसन मॉडल, रदरफोर्ड मॉडल

(e) दोनों मॉडल

प्रश्न 2. मान लीजिए कि स्वर्ण पन्नी के स्थान पर ठोस हाइड्रोजन की पतली शीट का उपयोग करके आपको α-कण प्रकीर्णन प्रयोग दोहराने का अवसर प्राप्त होता है। (हाइड्रोजन 14 K से नीचे ताप पर ठोस हो जाती है।) आप किस परिणाम की अपेक्षा करते हैं?

हल प्रकीर्णन प्रयोग का मूल उद्देश्य पूरा नहीं होता है क्योंकि ठोस H_2, α कण की अपेक्षा अधिक हल्की होती है। प्रत्यास्थ संघट्ट की शर्त के अनुसार, H_2 α कण की तुलना में अधिक गति से गतिमान होता है हम H_2 से नाभिक के आकार का परिकलन नहीं कर सकते हैं।

प्रश्न 3. पाश्चन श्रेणी में विद्यमान स्पेक्ट्रमी रेखाओं की लघुत्तम तरंगदैर्घ्य क्या है?

हल पाश्चन श्रेणी हेतु, $n_1 = 3$ तथा $n_2 = \infty$ छोटी तरंगदैर्घ्य हेतु

सूत्र का प्रयोग करने पर,

$$\frac{hc}{\lambda} = R\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]$$ [जहाँ, R रिडबर्ग नियतांक है]

$$\frac{hc}{\lambda} = 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}\left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2}\right]$$

अथवा $$\frac{hc}{\lambda} = \frac{21.76 \times 10^{-19}}{9}$$

अथवा $$\lambda = \frac{9 \times 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{21.76 \times 10^{-19}} = 8.2265 \times 10^{-7}\text{ m}$$

$$= 822.65\text{ nm}$$

अतः वर्तमान में छोटी तरंगदैर्घ्य 822.65 nm है।

प्रश्न 4. 2.3 eV ऊर्जा अन्तर किसी परमाणु में दो ऊर्जा स्तरों को पृथक कर देता है। उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति क्या होगी यदि परमाणु में इलेक्ट्रॉन उच्च स्तर से निम्न स्तर में संक्रमण करता है?

हल ऊर्जा स्तर में अन्तर, $E = 2.3$ eV

$$= 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$$

प्लांक नियतांक, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J-s

माना ν आवृत्ति है तब $E = h\nu$

अथवा $$\nu = \frac{E}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$= 5.6 \times 10^{14}\text{ Hz}$$

प्रश्न 5. हाइड्रोजन परमाणु की निम्नतम अवस्था में ऊर्जा –13.6 eV है। इस अवस्था में इलेक्ट्रॉन की गतिज और स्थितिज ऊर्जाएँ क्या होंगी?

हल H_2 परमाणु की मूल अवस्था की ऊर्जा

$$E = -13.6\text{ eV}$$

हम जानते हैं कि

गतिज ऊर्जा (KE) $= -E = 3.6$ eV

स्थितिज ऊर्जा (PE) $= -2\text{KE} = -2 \times 13.6 = -27.2$ eV

प्रश्न 6. निम्नतम् अवस्था में विद्यमान एक हाइड्रोजन परमाणु फोटॉन को अवशोषित करता है जो इसे $n = 4$ स्तर तक उत्तेजित कर देता है। फोटॉन की तरंगदैर्घ्य तथा आवृत्ति ज्ञात कीजिए।

फोटॉन की आवृत्ति तथा तरंगदैर्ध्य ज्ञात करने हेतु ऊर्जा सूत्र $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ eV का प्रयोग करते हैं।

हल मूल अवस्था हेतु $n_1 = 1$ से $n_2 = 4$

फोटॉन द्वारा ग्रहित ऊर्जा $E = E_2 - E_1$

$$= +13.6\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 13.6\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4^2}\right) \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}\left(\frac{15}{16}\right)$$

$$= 20.4 \times 10^{-19}$$

अथवा $$E = h\nu = 20.4 \times 10^{-19}$$

$$\text{आवृत्ति, } \nu = \frac{20.4 \times 10^{-19}}{h}$$

$$= \frac{20.4 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$= 3.076 \times 10^{15}$$

$$= 3.1 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

फोटॉन का तरंगदैर्ध्य $\lambda = \frac{c}{\nu}$

$$= \frac{3 \times 10^8}{3.076 \times 10^{15}}$$

$$= 9.74 \times 10^{-8} \text{ m}$$

अतः आवृत्ति 3.1×10^{15} Hz तथा तरंगदैर्ध्य 9.7×10^{-8} m है।

प्रश्न 7. (a) **बोहर मॉडल का उपयोग करके किसी हाइड्रोजन परमाणु में $n = 1, 2,$ तथा 3 स्तरों पर इलेक्ट्रॉन की चाल परिकलित कीजिए।**

(b) **इनमें से प्रत्येक स्तर के लिए कक्षीय अवधि परिकलित कीजिए।**

हल (a) बोहर के nवें कक्षक में इलेक्ट्रॉन की चाल, $v = \frac{c}{n}\alpha$

जहाँ, $\alpha = \frac{2\pi Ke^2}{ch}$.

$$\alpha = 0.0073$$

$\therefore$ $$v = \frac{c}{n} \times 0.0073$$

$n = 1$, हेतु $$v_1 = \frac{c}{1} \times 0.0073 = 3 \times 10^8 \times 0.0073$$

$$= 2.19 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$n = 2$, हेतु $$v_2 = \frac{c}{2} \times 0.0073 = \frac{3 \times 10^8 \times 0.0073}{2}$$

$$= 1.095 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$n = 3$, हेतु $$v_3 = \frac{c}{3} \times 0.0073 = \frac{3 \times 10^8 \times 0.0073}{3}$$

$$= 7.3 \times 10^5 \text{ m/s}$$

(b) इलेक्ट्रॉन की कक्षा का आवर्तकाल

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

nवी कक्षा की त्रिज्या $$r_n = \frac{n^2h^2}{4\pi^2 Kme^2}$$

$$\therefore \quad r_1 = \frac{(1)^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2}{4 \times 9.87 \times (9 \times 10^9) \times 9 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})}$$

$$= 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$n = 1$, हेतु $$T_1 = \frac{2\pi r_1}{v_1}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 0.53 \times 10^{-10}}{2.19 \times 10^6} = 1.52 \times 10^{-16} \text{ s}$$

$n = 2$, त्रिज्या, $r_n = n^2 r_1$

$$\therefore \quad r_2 = 2^2.r_1 = 4 \times 0.53 \times 10^{-10}$$

तथा वेग, $v_n = \frac{v_1}{n}$

$$\therefore \quad v_2 = \frac{v_1}{2} = \frac{2.19 \times 10^6}{2}$$

आवर्तकाल, $$T_2 = \frac{2 \times 3.14 \times 4 \times 0.53 \times 10^{-10} \times 2}{2.19 \times 10^6}$$

$$= 1.216 \times 10^{-15} \text{ s}$$

$n = 3$, त्रिज्या $r_3 = 3^2 r_1 = 9r_1 = 9 \times 0.53 \times 10^{-10}$ m

तथा वेग $v_3 = \frac{v_1}{3} = \frac{2.19 \times 10^6}{3}$ m/s

आवर्तकाल, $$T_3 = \frac{2\pi r_3}{v_3} = \frac{2 \times 3.14 \times 9 \times 0.53 \times 10^{-10} \times 3}{2.19 \times 10^6}$$

$$= 4.1 \times 10^{-15} \text{ s}$$

प्रश्न 8. **हाइड्रोजन परमाणु में अन्तरतम इलेक्ट्रॉन-कक्षा की त्रिज्या 5.3×10^{-11} m है। कक्षा $n = 2$ और $n = 3$ की त्रिज्याएँ क्या हैं?**

हल H_2 के अन्तः कोश में इलेक्ट्रॉन की त्रिज्या, $r_1 = 5.3 \times 10^{-11}$ m

हम जानते हैं कि $$r_n = n^2 r_1$$

$n = 2$, त्रिज्या, $r_2 = 2^2\, r_1 = 4 \times 5.3 \times 10^{-11} = 2.12 \times 10^{-10}$ m

$n = 3$, त्रिज्या, $r_3 = 3^2\, r_1 = 9 \times 5.3 \times 10^{-11} = 4.77 \times 10^{-10}$ m

प्रश्न 9. **कमरे के ताप पर गैसीय हाइड्रोजन पर किसी 12.5 eV की इलेक्ट्रॉन पुंज की बमबारी की गई। किन तरंगदैर्ध्यों की श्रेणी उत्सर्जित होगी?**

हल इलेक्ट्रॉन पुंज की ऊर्जा, $E = 12.5$ eV $= 12.5 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J

प्लांक नियतांक, $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J-s

प्रकाश का वेग, $c = 3 \times 10^8$ m/s

सम्बन्ध का प्रयोग करने पर, $E = \dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{6.62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{12.5 \times 1.6 \times 10^{-19}}$

$$= 0.993 \times 10^{-7} \text{ m} = 993 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$= 993 \text{ Å}$$

अतः लाइमन श्रेणी में तरंग परास 912 Å से 1216 Å है। अतः लाइमन श्रेणी 933 Å की तरंगदैर्ध्य का प्रकाश उत्सर्जित करेगा।

प्रश्न 10. **बोहर मॉडल के अनुसार सूर्य के चारों ओर 1.5×10^{11} m त्रिज्या की कक्षा में, 3×10^4 m/s के कक्षीय वेग से परिक्रमा करती पृथ्वी की अभिलाक्षणिक क्वांटम संख्या ज्ञात कीजिए (पृथ्वी का द्रव्यमान $= 6.0 \times 10^{24}$ kg)।**

हल कक्षा की त्रिज्या, $r = 1.5 \times 10^{11}$ m

कक्षीय चाल, $v = 3 \times 10^4$ m/s;

पृथ्वी का द्रव्यमान, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

कोणीय संवेग, $mvr = \dfrac{nh}{2\pi}$

अथवा $$n = \frac{2\pi vrm}{h}$$ [जहाँ, n कक्षा की क्वांटम संख्या है]

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 3 \times 10^4 \times 1.5 \times 10^{11} \times 6 \times 10^{24}}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$= 2.57 \times 10^{74}$$

अथवा $$n = 2.6 \times 10^{74}$$

अतः क्वांटम संख्या 2.6×10^{74} बहुत अधिक है।

अतः इलेक्ट्रॉन $n = 1$ से $n = 3$ में उदेलित होगा।

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2} = -1.5\,\text{eV}$$

अतः यह लाइमन श्रेणी से सम्बन्धित है।

विविध प्रश्नावली

प्रश्न 11. निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए जो आपको थॉमसन मॉडल और रदरफोर्ड मॉडल में अन्तर समझने हेतु अच्छी तरह से सहायक हैं

(a) क्या थॉमसन मॉडल में पतले स्वर्ण पन्नी से प्रकीर्णित α-कणों का पूर्वानुमानित औसत विक्षेपण कोण, रदरफोर्ड मॉडल द्वारा पूर्वानुमानित मान से अत्यन्त कम, लगभग समान अथवा अत्यधिक बड़ा है?

(b) थॉमसन मॉडल द्वारा पूर्वानुमानित पश्च प्रकीर्णन की प्रायिकता (अर्थात् α-कणों का 90° से बड़े कोणों पर प्रकीर्णन) रदरफोर्ड मॉडल द्वारा पूर्वानुमानित मान से अत्यन्त कम, लगभग समान अथवा अत्यधिक है?

(c) अन्य कारकों को नियत रखते हुए, प्रयोग द्वारा यह पाया गया है कि कम मोटाई t के लिए, मध्यम कोणों पर प्रकीर्णित α-कणों की संख्या t के अनुक्रमानुपातिक है। t पर यह रैखिक निर्भरता क्या संकेत देती है?

(d) किस मॉडल में α-कणों के पतली पन्नी से प्रकीर्णन के पश्चात् औसत प्रकीर्णन कोण के परिकलन हेतु बहुप्रकीर्णन की उपेक्षा करना पूर्णतया गलत है?

हल

(a) औसत विक्षेपण कोण लगभग समान है क्योंकि हम लगभग औसत मान ही निर्धारित करते हैं।

(b) पश्च प्रकीर्णन की प्रायिकता अत्यधिक कम होती है क्योंकि थॉमसन मॉडल में सघन द्रव्यात्मक क्रोड़ नहीं होता है जिसे नाभिक कहते हैं। (रदरफोर्ड मॉडल के अनुसार)

(c) क्योंकि एकक संघट्ट की प्रायिकता लक्ष्य परमाणुओं की संख्या के साथ बढ़ती है तथा यह प्रायिकता रैखिक रूप से मोटाई के साथ बढ़ती है।

(d) थॉमसन मॉडल में धनात्मक आवेश गोलीय कोश में एकसमान रूप से वितरित हो जाता है अतः एकक संघट्ट से अति अल्प प्रकीर्णन होता है। अतः औसत प्रकीर्णन कोण बहुल प्रकीर्णन द्वारा व्याख्यित किया जा सकता है। अतः यह गलत है कि हम बहुप्रकीर्णन सिद्धान्त की उपेक्षा कर दें।

रदरफोर्ड मॉडल में अधिकता प्रकीर्णन एकल संघट्ट द्वारा होता है तथा बहुप्रकीर्णन प्रभरन उपेक्षणीय माना जा सकता है।

प्रश्न 12. हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन एवं प्रोटॉन के मध्य गुरुत्वाकर्षण, कूलॉम–आकर्षण से लगभग 10^{-40} के गुणक से कम है। इस तथ्य को देखने का एक वैकल्पिक उपाय यह है कि यदि इलेक्ट्रॉन एवं प्रोटॉन गुरुत्वाकर्षण द्वारा आबद्ध हों तो किसी हाइड्रोजन परमाणु में प्रथम बोर कक्षा की त्रिज्या का अनुमान लगाइए। आप मनोरंजक उत्तर पाएँगे।

हल हम जानते हैं कि H_2 के बोहर कक्षा की त्रिज्या

$$r_0 = \frac{4\pi\varepsilon_0\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}{m_e e^2}$$

यह मानते हुए कि परमाणु गुरुत्व बल द्वारा बाधित है

$$= \frac{Gm_p m_e}{r^2}$$

$$r_0 = \frac{\left(\frac{6.6 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14}\right)^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 1.67 \times 10^{-27} \times (9.1 \times 10^{-31})^2}$$

$$= 1.2 \times 10^{29} \text{ m}$$

यह ब्रह्माण्ड के सम्पूर्ण आकार से बहुत अधिक है।

प्रश्न 13. जब कोई हाइड्रोजन परमाणु स्तर n से स्तर $(n-1)$ पर व्युत्तेजित होता है तो उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति हेतु व्यंजक प्राप्त कीजिए। n के अधिक मान हेतु, दर्शाइए कि यह आवृत्ति, इलेक्ट्रॉन की कक्षा में परिक्रमण की क्लासिकी आवृत्ति के बराबर है।

हल माना जब परमाणु n कक्षा से $(n-1)$ वीं कक्षा में कूदता है तब आवृत्ति

i.e., $$n_1 = (n-1), n_2 = n$$

ऊर्जा, $E = h\nu = E_2 - E_1$

अथवा $$\nu = \frac{1}{2}\frac{mc^2\alpha^2}{h} \times \left[\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2}\right] = \frac{mc^2\alpha^2}{2h}\left[\frac{n^2-(n-1)^2}{n^2(n-1)^2}\right]$$

अथवा $$\nu = \frac{mc^2\alpha^2\,[(n+n-1)(n-n+1)]}{2hn^2(n-1)^2} = \frac{mc^2\alpha^2\,(2n-1)}{2hn^2(n-1)^2}$$

n के उच्च मान हेतु, $(2n-1 \approx 2n)$, $(n-1 \approx n)$

$$\left(\because \alpha = \frac{2\pi Ke^2}{ch}\right)$$

अथवा $$\nu = \frac{mc^2}{hn^3}\frac{4\pi^2K^2e^4}{c^2n^2}$$

अथवा $$\nu = \frac{4\pi^2K^2me^4}{h^3n^3} \qquad ...(i)$$

बोहर परमाणु मॉडल में n वीं कक्षा का वेग $v = \frac{hn}{2\pi mr}$ है तथा त्रिज्या $r = \frac{n^2h^2}{4\pi^2mKe^2}$ है।

दोलन की आवृत्ति, $$\nu = \frac{v}{2\pi r} = \frac{nh}{2\pi mr}\left(\frac{4\pi^2mKe^2}{2\pi n^2h^2}\right)$$

$$= \frac{Ke^2}{nhr} = \frac{Ke^2}{nh}\left(\frac{4\pi^2mKe^2}{n^2h^2}\right) = \frac{4\pi^2mK^2e^4}{n^3h^3}$$

यह समी (i) के समान है।

अत: हम कह सकते हैं कि n के उच्चतम मान के लिए इलेक्ट्रॉन के घूर्णन की आवृत्ति (nवीं कक्षा में) nवीं कक्षा से $(n-1)$ वीं कक्षा में जाने पर उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति के समान है।

प्रश्न 14. क्लासिकी रूप में, किसी परमाणु में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर किसी भी कक्षा में हो सकता है। तब प्रारूपी परमाणवीय साइज किससे निर्धारित होता है? परमाणु अपने प्रारूपी साइज की अपेक्षा दस हजार गुना बड़ा क्यों नहीं है? इस प्रश्न ने बोहर को अपने प्रसिद्ध परमाणु मॉडल, जो आपने पाठ्यपुस्तक में पढ़ा है, तक पहुँचने से पहले बहुत उलझन में डाला था। अपनी खोज से पूर्व उन्होंने क्या किया होगा, इसका अनुकरण करने के लिए हम मूल नियतांकों की प्रकृति के साथ निम्न गतिविधि करके देखें कि क्या हमें लम्बाई की विमा वाली कोई राशि प्राप्त होती है, जिसका साइज, लगभग परमाणु के ज्ञात साइज ($\sim 10^{-10}$ m) के बराबर है?

(a) मूल नियतांकों e, m_e, और c से लम्बाई की विमा वाली राशि की रचना कीजिए। उसका संख्यात्मक मान भी निर्धारित कीजिए।

(b) आप पाएँगे कि (a) में प्राप्त लम्बाई परमापवीय विमाओं के परिमाण की कोटि से काफी छोटी है। इसके अतिरिक्त इसमें C सम्मिलित है। परन्तु परमाणुओं की ऊर्जा अधिकतर अनापेक्षिकीय क्षेत्र (non-relativistic domain) में है जहाँ, c की कोई अपेक्षित भूमिका नहीं है। इसी तर्क ने बोहर को c का परित्याग कर सही परमाणवीय साइज को प्राप्त करने के लिए 'कुछ अन्य' देखने के लिए प्रेरित किया। इस समय प्लांक नियतांक h का कहीं और पहले ही आविर्भाव हो चुका था। बोहर की सूक्ष्मदृष्टि ने पहचाना कि h, m_e और e के प्रयोग से ही सही परमाणु साइज प्राप्त होगा। अतः h, m_e और e से ही लम्बाई की विमा वाली किसी राशि की रचना कीजिए और पुष्टि कीजिए कि इसका संख्यात्मक मान, वास्तव में सही परिमाण की कोटि का है।

हल

(a) नियतांक, e, m_e, c के द्वारा एक ऐसी राशि निर्मित होती है जिसकी विमा लम्बाई के समान है।

अर्थात्, $$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e c^2}$$

अथवा $$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e c^2} = \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{4 \times 3.14 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}$$

$$= 2.82 \times 10^{-15} \text{ m}$$

यह परमाणु के आकार की तुलना में छोटा है।

(b) h, m_e, e राशियों का प्रयोग करते हुए

$$\frac{4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}{m_e \cdot e^2}$$

अब $$\frac{4\pi\varepsilon_0 \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}{m_e e^2} = \frac{\left(\frac{6.6 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14}\right)^2}{9 \times 10^9 \times 9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2}$$

$$= 0.53 \times 10^{-10} \text{ m}$$

यह परमाणु के आकार का क्रम है।

प्रश्न 15. हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम उत्तेजित अवस्था में इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा लगभग −3.4 eV है।

(a) इस अवस्था में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा क्या है?

(b) इस अवस्था में इलेक्ट्रॉन की स्थितिज ऊर्जा क्या है?

(c) यदि स्थितिज ऊर्जा के शून्य स्तर के चयन में परिवर्तन कर दिया जाए तो ऊपर दिए गए उत्तरों में से कौन-सा उत्तर परिवर्तित होगा?

हल इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा (KE) $= \frac{KZe^2}{2r}$

इलेक्ट्रॉन की स्थितिज ऊर्जा (PE) $= \frac{-KZe^2}{r} \Rightarrow$ PE = −2 KE

इस गणना में अनन्त पर वैद्युत स्थितिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा शून्य है।

कुल ऊर्जा = PE + KE = − 2KE + KE = −KE

(a) प्रथम उत्तेजित अवस्था में कुल ऊर्जा = − 3.4 eV

KE = − (−3.4) = 3.4 eV

(b) प्रथम उत्तेजित अवस्था में स्थितिज ऊर्जा

= − 2KE = −2(3.4) = − 6.8eV

(c) यदि शून्य स्थितिज ऊर्जा परिवर्तित होता है तब गतिज ऊर्जा नहीं बदलती है तथा यह +3.4 eV बनी रहती है अतः स्थितिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा उसी अवस्था में बदल जायेगी।

प्रश्न 16. यदि बोहर का क्वाण्टमीकरण अभिगृहीत (कोणीय संवेग = $nh/2\pi$) प्रकृति का मूल नियम है तो यह ग्रहीय गति की दशा में भी लागू होना चाहिए। तब हम सूर्य के चारों ओर ग्रहों की कक्षाओं के क्वाण्टमीकरण के विषय में कभी चर्चा क्यों नहीं करते?

हल बोहर क्वाण्टम अभिधारणा से,

$$mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$n = mv \times \frac{2\pi r}{h}$$

$$n = \frac{6 \times 10^{24} \times 3000 \times 1.49 \times 10^{11} \times 2 \times 3.14}{6.626 \times 10^{-14}}$$

$$= 0.10^{72}$$

हम देखते हैं कि बोहर की क्वाण्टम अभिग्रहित प्लांक नियतांक h के पदों में है किन्तु पृथ्वी के ग्रहीय गति के संगत कोणीय संवेग $10^{72}\, h$ होता है तथा बोहर क्वाण्टमीकरण अभिग्रहीत में $n = 10^{72}$। n के इस उच्चतम मान के लिए इन क्रमागत ऊर्जा का अन्तर तथा कोणीय संवेग अति अल्प होता है अतः ये ऊर्जा स्तर सतत् है।

प्रश्न 17. प्रथम बोहर त्रिज्या और म्यूओनिक हाइड्रोजन परमाणु (अर्थात् कोई परमाणु जिसमें लगभग 207 m_e द्रव्यमान का ऋणावेशित म्यूऑन (μ) प्रोटॉन के चारों ओर घूमता है) की निम्नतम अवस्था ऊर्जा को प्राप्त करने का परिकलन कीजिए।

हल (म्युओनिक हाइड्रोजन परमाणु में ऋणात्मक आवेश तथा $207 m_e$ के बराबर भार होता है इसमें ऋणात्मक म्युऑन प्रोटॉन के चारों ओर घूमता है।)

बोहर मॉडल में $\quad r \propto \dfrac{1}{m}$

$\because$
$$\frac{r_{\text{म्युऑन}}}{r_{\text{इलेक्ट्रॉन}}} = \frac{m_e}{m_\mu} = \frac{m_e}{207\, m_e} = \frac{1}{207} \qquad (\because m_\mu = 207\, m_e)$$

हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन की त्रिज्या, $r_e = 0.53$ Å

$$r_\mu = \frac{r_e}{207} = \frac{0.53 \times 10^{-10}}{207} = 2.56 \times 10^{-13} \text{ m}$$

पुनः बोहर परमाणु मॉडल में

$\because$
$$E \propto m$$

$\therefore$
$$\frac{E_\mu}{E_e} = \frac{m_\mu}{m_e} = \frac{207\, m_e}{m_e}$$

$\Rightarrow$
$$E_\mu = 207\, E_e$$

He परमाणु की मूल अवस्था में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा

$$E_e = -13.6 \text{ eV}$$

$\therefore$
$$E_\mu = 207\,(-13.6) = -2815.2 \text{ eV}$$

$$= -2.8152 \text{ keV}$$