प्रश्न 1:

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

(a) टॉमसन मॉडल में परमाणु का साइज, रदरफोर्ड मॉडल में परमाण्वीय 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। (रदरफोर्ड मॉडल, टॉमसन मॉडल)

(c) ....पर आधारित किसी क्लासिकी परमाणु का नष्ट होना निश्चित है। (टॉमसन मॉडल, रदरफोर्ड मॉडल)

(d) किसी परमाणु के द्रव्यमान का........में लगभग संतत वितरण होता है लेकिन........में अत्यन्त असमान द्रव्यमान वितरण होता है। (रदरफोर्ड मॉडल, टॉमसन मॉडल)

(e) ....में परमाणु के धनावेशित भाग का द्रव्यमान सर्वाधिक होता है। (रदरफोर्ड मॉडल, दोनों मॉडलों)

उत्तर:

(a) भिन्न नहीं,

(b) टॉमसन, मॉडल, रदरफोर्ड मॉडल,

(c) रदरफोर्ड मॉडल,

(d) टॉमसन मॉडल, रदरफोर्ड मॉडल,

(e) रदरफोर्ड मॉडल।

प्रश्न 2:

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

उत्तर:

हाइड्रोजन परमाणु का नाभिक एक प्रोटॉन है जिसका द्रव्यमान (1.67×10^{-27} kg) α – कण के द्रव्यमान (6.64×10^{-27} kg) की तुलना में कम है। यह हल्का नाभिक भारी α - कण को प्रतिक्षिप्त नहीं कर पाएगा; अतः α-कण सीधे नाभिक की ओर जाने पर भी

वापस नहीं लौटेगा और इस प्रयोग में α-कण का बड़े कोणों पर विक्षेपण भी नहीं होगा।

प्रश्न 3:

'पाशन श्रेणी में विद्यमान स्पेक्ट्रमी रेखाओं की लघुतम तरंगदैर्ध्य क्या है?

उत्तर:

पाशन श्रेणी के लिए $\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right]$ (जहाँ $n = 4, 5, 6, \ldots$)

लघुतम तरंगदैर्ध्य के लिए $n = \infty$ $\therefore$ $\frac{1}{\lambda_\infty} = R\left[\frac{1}{9} - \frac{1}{\infty}\right] = \frac{R}{9}$

अत: $\lambda_\infty = \frac{9}{R} = \left[\frac{9}{1.097 \times 10^7}\right]$ मीटर

$= 8204.1 \times 10^{-10}$ मीटर $= \mathbf{8204.1\ Å}$

प्रश्न 4:

2.3eV 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:

दिया है, $\Delta E = 2.3$ eV= $2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}$ जूल; $h = 6.62 \times 10^{-34}$ जूल-सेकण्ड विकिरण की आवृत्ति ν = ?

सूत्र $\Delta E = h\nu$ से, $\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.62 \times 10^{-34}} = \mathbf{5.57 \times 10^{14}}$ **हर्ट्ज**

प्रश्न 5:

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

हल:

गतिज ऊर्जा, $E_K = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{2r}$ ...(1)

स्थितिज ऊर्जा, $U = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{r}$ ...(2)

कुल ऊर्जा, $E = E_K + U = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{2r}$ ...(3)

प्रश्न 6:

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

हल:

$$E_n = -\left(\frac{13.6}{n^2}\right) eV$$

निम्नतम अवस्था (n = 1) में ऊर्जा E_1 = - 13.6 eV

n = 4 स्तर में ऊर्जा $E_4 = -\left(\frac{13.6}{4^2}\right) eV$ = - 0.85 eV

∴ अवशोषित फ़ोटॉन की ऊर्जा

$\Delta E = E_4 - E_1$ = [- 0.85 - (- 13.6)] eV = 12.75 eV

$$\therefore \Delta E = \frac{hc}{\Delta E} = \left[\frac{(6.63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{12.75 \times 1.6 \times 10^{-19}}\right] \text{ मीटर}$$

= 0.975×10^{-7} मीटर = 975 Å

फ़ोटॉन की आवृत्ति $v = \frac{c}{\lambda} = \left(\frac{3 \times 10^8}{0.975 \times 10^{-7}}\right) = 3.077 \times 10^{15}$ हर्टज

प्रश्न 7:

(a) बोर 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) दिया है,

e= 1.6 x 10^{-19} कूलॉम, ε = 8.85 x 10^{-12} कूलॉम^2/न्यूटन मीटर^2

$$v_n = \frac{e^2}{2\varepsilon_0\, nh} = \frac{(1.0 \times 10^{-19})^2 \times 10^{34}}{2 \times 8.85 \times 10^{-12} \times n \times 6.62} = \frac{21.871 \times 10^5}{n} \text{ मी/से}$$

यदि $n = 1, 2$ व 3 में इलेक्ट्रॉन की चाल क्रमश: v_1, v_2 व v_3 हों, तो

$$v_1 = \frac{21.871 \times 10^5}{1} = \mathbf{21.871 \times 10^5} \textbf{ मी/से}$$

$$v_2 = \frac{21.871 \times 10^5}{2} = \mathbf{10.935 \times 10^5} \textbf{ मी/से}$$

तथा

$$v_3 = \frac{21.871 \times 10^5}{3} = \mathbf{7.290 \times 10^5} \textbf{ मी/से}$$

$$r_n = \frac{4\pi\, \varepsilon_0 n^2 h^2}{4\pi^2\, me^2}$$

अत: कक्षा में इलेक्ट्रॉन का परिक्रमण काल

$$T_n = \frac{2\pi r_n}{V_n} = 2\pi \times \frac{4\pi\varepsilon_0 n^2 h^2}{4\pi^2 me^2} \times \frac{4\pi\varepsilon_0 nh}{2\pi e^2}$$

$$= \frac{(4\pi\varepsilon_0)^2 n^3 h^3}{4\pi^2 me^2}$$

$$= \frac{(6.62 \times 10^{-34})^3}{(9 \times 10^9) \times 4 \times (3.14)^2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^2} \times n^3$$

$$= 1.538 \times 10^{-10} \times n^3$$

प्रश्न 8:

हाइड्रोजन परमाणु में अन्तरतम इलेक्ट्रॉन-कक्षा की त्रिज्या 5.3 x 10^{-11}m है। कक्षा n= 2 और n = 3 की त्रिज्याएँ क्या हैं?

हल:

बोर की nवीं कक्षा की त्रिज्या

$$\therefore \quad r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2 n^2}{\pi m e^2} \quad \Rightarrow \quad r_n \propto n^2$$

निम्नतम ऊर्जा स्तर (सबसे भीतरी कक्षा) के लिए $n = 1$

$n = 2$ के लिए, $r = r_2$ (माना)

$$\therefore \quad \frac{r_2}{r_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow \quad r_2 = \left(\frac{2}{1}\right)^2 r_1 = 4 \times 5.3 \times 10^{-11} \text{ मीटर} = 2.12 \times 10^{-10} \text{ मीटर}$$

प्रश्न 9:

कमरे के ताप पर गैसीय हाइड्रोजन पर किसी 12.5 eV की इलेक्ट्रॉन पुंज की बमबारी की गई। किन तरंगदैर्घ्यों की श्रेणी उत्सर्जित होगी?

हल:

निम्नतम ऊर्जा स्तर में H_2 परमाणु की ऊर्जा E_1 = -13.6 eV

जब इस पर 12.5eV ऊर्जा के इलेक्ट्रॉन की बमबारी की जाती है तो इस ऊर्जा को अवशोषित करने पर माना यह नावे उत्तेजित ऊर्जा स्तर में चला जाता है।

अत: $E_n = E_1 + 12.75 = -(-13.6 + 12.75)\text{eV} = -0.85 \text{ eV}$

$$\therefore E_n = -\left(\frac{13.6}{n^2}\right) \text{ से,}$$

$$n^2 = \left(\frac{-13.6}{E_n}\right) = \left(\frac{-13.6}{-0.85}\right) = 16$$

$\Rightarrow n = 4$

अत: संभव संक्रमणों की संख्या $= \frac{n(n-1)}{2} = \frac{4 \times (4-1)}{2} = 6$

अत: चित्र में प्रदर्शित रेखाएँ (तरंगदैर्घ्य उत्सर्जित होंगी)।

सूत्र $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$ से, प्रत्येक रेखा के संगत तरंगदैर्घ्य ज्ञात करें। इनके मान क्रमशः होंगे

970.6 Å, 1023.6 Å; 1213.2 Å, 4852.9 Å; 6547.6 Å; 28409 Å.

अत: चित्र 12.1 में प्रदर्शित रेखाएँ (तरंगदैर्घ्य उत्सर्जित होंगी)।

सूत्र $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$ से, प्रत्येक रेखा के संगत तरंगदैर्घ्य ज्ञात करें। इनके मान क्रमशः होंगे 970.6 Å, 1023.6 Å; 1213.2 Å, 4852.9Å; 6547.6 Å; 28409 Å

प्रश्न 10:

बोर 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= 6.0×10^{24} kg)।

हल:

दिया है, पृथ्वी का द्रव्यमान $m = 6.0 \times 10^{24}$ किग्रा; कक्षा की त्रिज्या $r = 1.5 \times 10^{11}$ मीटर तथा पृथ्वी का कक्षीय वेग $v = 3 \times 10^{4}$ मीटर/सेकण्ड

h = 6.62 x 104 जूल-सेकण्ड

बोर मॉडल के अनुसार, $mvr = \frac{nh}{2\pi}$

27 यहाँ n कक्षा की अभिलाक्षणिक क्वाण्टम संख्या है।

$$\therefore \quad n = \frac{2\pi m v r}{h}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 6.0 \times 10^{24} \times 3 \times 10^{4} \times 1.5 \times 10^{11}}{6.62 \times 10^{-34}}$$

$$= 2.5613 \times 10^{74} \approx 10^{74}$$

उपग्रह की गति के लिए यह क्वाण्टम संख्या अत्यन्त विशाल है और इतनी विशाल क्वाण्टम संख्या के लिए क्वाण्टीकृत प्रतिबन्धों के परिणाम चिरसम्मत भौतिकी से मेल खाने लगते हैं।