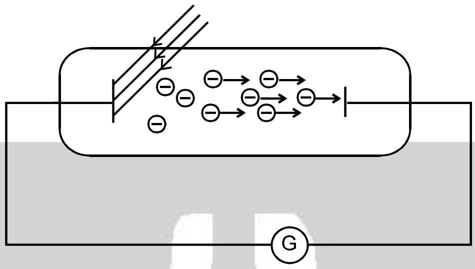
आधुनिक भौतिकी - I (MODERN PHYSICS-I)

1. प्रकाश विद्युत प्रभाव :

जब उचित तरंगदैर्ध्य की विद्युत चुम्बकीय तरंगे धात्विक सतह पर आपतित होती है तो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते है। यह प्रकाश विद्युत प्रभाव कहलाता है।



1.1 फोटो इलेक्ट्रॉन : प्रकाश विद्युत प्रभाव में उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन, फोटो इलेक्ट्रॉन कहलाते है।

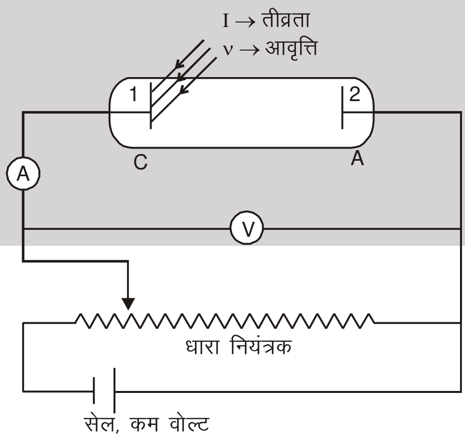
1.2 प्रकाश विद्युत धारा : प्रकाश विद्युत प्रभाव के कारण परिपथ में प्रवाहित धारा को प्रकाश विद्युत धारा कहते है।

1.3 कार्य–फलन : धातु से इलेक्ट्रॉन बाहर निकालने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा कार्य फलन कहलाता है। यह किसी धातु के लिये नियत होता है तथा इसे ϕ या W से दर्शाते है। सिजियम के लिये यह न्यूनतम होता है। क्षारीय धातु के लिये यह अपेक्षाकृत कम होता है।

कुछ प्रकाशिक संवेदनशील धातुओं के कार्यफलन

धातु	कार्य-फलन (ev)	धातु	कार्य-फलन (eV)
सिजियम	1.9	कैल्शियम	3.2
पोटेशियम	2.2	कॉपर	4.5
सोडियम	2.3	सिल्वर	4.7
लिथियम	2.5	प्लेटिनम	5.6

प्रकाश विद्युत प्रभाव उत्पन्न करने के लिये केवल धातु और प्रकाश आवश्यक है परन्तु प्रेक्षण के लिये परिपथ पूर्ण होना चाहिये। प्रकाश विद्युत प्रभाव के अध्यन के लिए प्रयुक्त की जाने वाली व्यवस्था दर्शायी गयी है।



यहां प्लेट 1 को उत्सर्जक या कैथोड़ तथा प्लेट 2 को संग्राहक या एनोड कहते है।

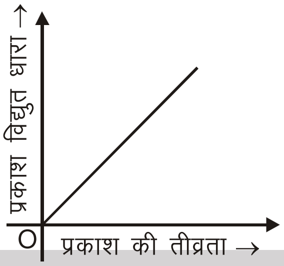
1.4 संतृप्त धारा : जब कैथोड़ से उत्सर्जित सभी फोटो इलेक्ट्रॉन एनोड़ तक पहुचँते है तो इस क्षण परिपथ में धारा को संतृप्त धारा कहते है। यह प्रकाश विद्युत धारा का अधिकतम मान है।

1.5 निरोधी विभव : एनोड़ पर कैथोड़ के सापेक्ष वह ऋणात्मक विभव जिस पर धारा शून्य होती है, निरोधी विभव कहलाता है। इसको अन्तक विभव भी कहते है। यह विभव तीव्रता पर निर्भर नहीं करता है।

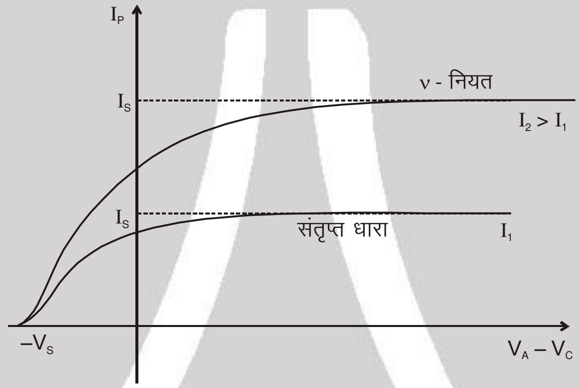
1.6 मंदन विभव : ऐनोड का कैथोड के सापेक्ष ऋणात्मक विभव जो निरोधी विभव से कम है, मंदक विभव कहलाता है।

2. प्रेक्षण (आइन्सटीन द्वारा किये गये):

2.1 प्रकाश विद्युत धारा तथा प्रकाश की तीव्रता के मध्य ग्राफ दर्शाये चित्रानुसार सीधी रेखा में पाया जाता है। प्रकाश विद्युत धारा आपतित प्रकाश की तीव्रता के सीधे समानुपाती होती है। इस परीक्षण में आवृत्ति तथा मन्दक विभव को नियत रखा गया है।



2.2 प्रकाश विद्युत धारा तथा कैथोड़ और एनोड़ के मध्य विभवान्तर का ग्राफ चित्रानुसार पाया जाता है।



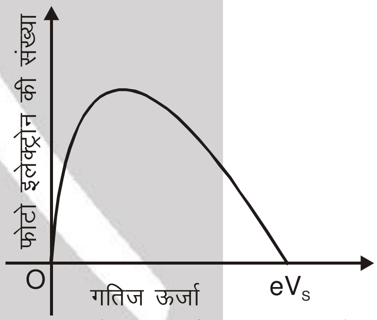
संतृप्त धारा की स्थिति में

फोटो इलेक्ट्रॉन की उत्सर्जन दर = फोटो इलेक्ट्रॉन की बहने की दर

यहाँ, $V_s \rightarrow$ निरोधी विभव तथा यह धनात्मक राशि है। धातु की सतह से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा अलग–अलग होती है। कैथोड़ पर फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा = $eV_s = KE_{max}$

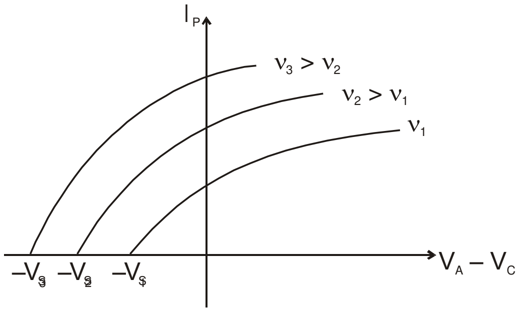
जब प्रकाश विद्युत प्रभाव होता है तो उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा की परास 0 से KE_{max} तक होती है अर्थात् $0 \le KE_e \le eV_s$

फोटोइलेक्ट्रॉन की ऊर्जा वितरण का वक्र दर्शाया गया है।



2.3 यदि तीव्रता को बढ़ाया जाता है (आवृत्ति नियत रखकर) तो संतृप्त धारा भी उसी तरह से बढ़ती है जिस तरह से तीव्रता बढ़ाते है। निरोधी विभव समान रहता है। इसलिए अधिकतम गतिज ऊर्जा का मान प्रभावित नहीं होता है।

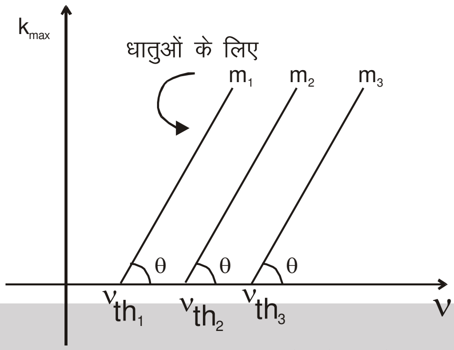
2.4 यदि विभिन्न आवृत्तियों का प्रकाश उपयोग में लाया जाता है तो प्राप्त ग्राफ चित्र में दर्शाया गया है।



ग्राफ से यह प्रदर्शित होता है कि जब आवृत्ति ν बढ़ाते है तो निरोधी विभव बढ़ता है। इसका मतलब अधिकतम गतिज ऊर्जा का मान बढ़ता है।

2.5 उपयोग में लिये गये प्रकाश की आवृत्ति तथा विभिन्न धातु से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा के मध्य ग्राफ समान ढाल वाली सीधी रेखा चित्रानुसार प्राप्त होती है।

υ और K_{max} के मध्य ग्राफ (m_1, m_2, m_3 : तीन विभिन्न धातु)



ग्राफ से प्रदर्शित होता है कि प्रकाश विद्युत प्रभाव उत्पन्न करने के लिये विद्युत चुम्बकीय तरंग की एक निश्चित न्यूनतम आवृत्ति होती है। इसे देहली आवृत्ति कहते है।

ν_{th} = देहली आवृत्ति

प्रकाश विद्युत प्रभाव के लिए $\nu \geq \nu_{th}$

प्रकाश विद्युत प्रभाव के न होने के लिए $\nu < \nu_{th}$

प्रकाश विद्युत प्रभाव के लिए न्यूनतम आवृत्ति $= \nu_{th}$

$\nu_{min} = \nu_{th}$

देहली तरंग दैर्ध्य (λ_{th}) $\rightarrow$ वह अधिकतम तंरगदैर्ध्य जो प्रकाश विद्युत प्रभाव उत्पन्न कर सके।

$\lambda \leq \lambda_{th}$ प्रकाश विद्युत प्रभाव के लिए

प्रकाश विद्युत प्रभाव के लिए अधिकतम तरंग दैर्ध्य $\lambda_{max} = \lambda_{th}$.

ग्राफ से सीधी रेखा के लिए समीकरण लिखने पर

हमें मिलता हैं $K_{max} = A\nu + B$

जब $\nu = \nu_{th}$, $K_{max} = 0$

और $B = -A\nu_{th}$

इसलिए **$[K_{max} = A(\nu - \nu_{th})]$**

और $A = \tan\theta = 6.63 \times 10^{-34}$ J-s (परिक्षण के मान से)

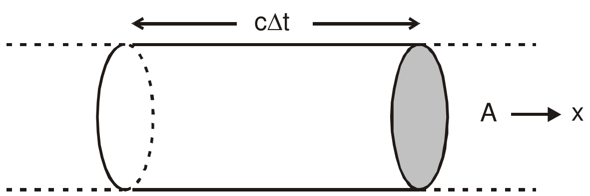
बाद में 'A' को 'h' के बराबर पाया गया।

2.6 यह पाया जाता है कि प्रकाश विद्युत प्रभाव एक तात्क्षणिक प्रक्रिया है। जब सतह पर प्रकाश गिरता है तो तुरन्त इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन होता है।

3. प्रकाश विद्युत प्रभाव की तीन मुख्य विशेषताऐं प्रकाश के तरंग सिद्धान्त से स्पष्ट नहीं की जा सकती।

तीव्रता : इकाई समय में इकाई क्षेत्रफल से संचरण की दिशा के लम्बवत् गुजरने वाली ऊर्जा को तीव्रता कहते है।

मानिए एक बेलनाकार आयतन जिसका काट क्षेत्रफल A तथा X–अक्ष के अनुदिश लम्बाई c Δt है। इस बेलनाकार क्षेत्र में ऊर्जा जो क्षेत्रफल A से Δt समय में गुजरती है तथा c चाल से तरंग संचरित होती है।



$U = u_{av}(c.\ \Delta t)A$

तीव्रता $I = \dfrac{U}{A\Delta t} = u_{av}\ c.$

अधिकतम विद्युत क्षेत्र के पदों में

$I = \dfrac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2\ c.$

यदि हम प्रकाश को तरंग मानते है, तो तीव्रता विद्युत क्षैत्र पर निर्भर करती है।

यदि हम कार्य फलन ले तो $W = I . A . t$,

तब $t = \dfrac{W}{IA}$

इसलिये प्रकाश विद्युत प्रभाव में कुछ समय लगना चाहिए क्योंकि धातु का कार्य–फलन होता है। परन्तु यह देखा गया है प्रकाश विद्युत प्रभाव तात्क्षणिक प्रक्रिया है, इसलिये प्रकाश की तरंग प्रकृति नहीं है।

3.1 तीव्रता की समस्या : तरंग सिद्धान्त के अनुसार यदि प्रकाश पुंज की तीव्रता बढ़ाते है तो प्रकाश तरंग को दोलित्र विद्युत क्षेत्र सदिश **E** का आयाम बढ़ता है। अतः यदि प्रकाश पुंज की तीव्रता को बढ़ाया जाता है तो इलेक्ट्रॉन पर आरोपित बल **eE** होता है। अतः यदि प्रकाश पुंज की तीव्रता को बढ़ाया जाता है तो फोटो इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा भी बढ़नी चाहिये। यद्यपि प्रेक्षण अनुसार यह प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर नहीं करती है।

3.2 आवृत्ति की समस्या : तरंग सिद्धान्त के अनुसार प्रकाश विद्युत प्रभाव किसी भी आवृत्ति पर होना चाहिए, जब तक कि वह फोटो इलेक्ट्रॉन के उत्सर्जन के लिये आवश्यक ऊर्जा दे सके। जबकि प्रेक्षण के अनुसार प्रत्येक सतह की एक निश्चित अन्तक आवृत्ति ν_{th} होती है, ν_{th} से कम आवृत्ति पर प्रकाश विद्युत प्रभाव नहीं होता चाहे तीव्रता कुछ भी हो।

3.3 इलेक्ट्रॉनों को निकलने में समय लगने की समस्या : यदि फोटो इलेक्ट्रॉन सतह पर आपतित तरंग से सीधा ऊर्जा अवशोषित करता है तो धातु में एक इलेक्ट्रॉन के लिये प्रभावित लक्ष्य क्षेत्रफल सीमित होता है और सम्भवत यह वृत्त से ज्यादा नहीं होता जिसका व्यास लगभग एक परमाणु के बराबर होता है। चिरसम्मत सिद्धान्त के अनुसार प्रकाश ऊर्जा पूरे तरंग्राग पर समान रूप से वितरित होती है। अतः यदि प्रकाश कम ऊर्जा का है तो प्रकाश के आपतित होने तथा इलेक्ट्रॉन के बाहर निकलने में कुछ समय लगना चाहिए। इस समय में इलेक्ट्रॉन प्रकाश पुंज से आवश्यक ऊष्मा अवशोषित कर सकता है जो बाहर निकलने के लिये पर्याप्त है। जबकि कोई समय अन्तराल नहीं देखा जाता। अब क्वान्टम सिद्धान्त प्रकाश विद्युत प्रभाव की इन समस्याओं को हल करता है।
अब क्वान्टम सिद्धान्त प्रकाश विद्युत प्रभाव की इन समस्याओं को हल करता है।

4 प्लांक का क्वान्टम सिद्धान्त :

किसी भी प्रकाश स्रोत से उत्पन्न ऊर्जा हमेशा किसी न्यूनतम ऊर्जा के पूर्णांक गुणांक के रूप में होती है तथा न्यूनतम ऊर्जा को प्रकाश का क्वान्टम कहते है।

$$Q = NE$$

जहाँ $E = h\nu$ तथा N (फोटोन की संख्या) = 1, 2, 3,....
यहाँ ऊर्जा का क्वाटिंकृत है। $h\nu$ ऊर्जा का क्वांटम है। ऊर्जा का यह पैकेट फोटोन कहलाता है।

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ और } hc = 12400 \text{ eV Å}$$

5. आइन्सटीन का फोटॉन सिद्धान्त

1905 में आइन्सटीन ने प्रकाश के व्यवहार के बारे में माना कि कुछ परिस्थितयों में यह ऊर्जा के पैकिटो के रूप में व्यवहार करता है जिन्हें बाद में फोटॉन कहा गया। एक अकेले फोटॉन की ऊर्जा E निम्न से दी जाती है।

$$E = h\nu$$

यदि हम प्रकाश विद्युत प्रभाव पर आइन्सटीन का सिद्धान्त लागू करे तो हम लिख सकते है

$$h\nu = W + K_{max} \text{ (ऊर्जा संरक्षण)}$$

समीकरण के अनुसार एक फोटॉन $h\nu$ के बराबर ऊर्जा से धातु सतह में जाता है जहां यह ऊर्जा एक इलेक्ट्रॉन अवशोषित करती है। इस ऊर्जा का एक भाग W (उत्सर्जन सतह का कार्य फलन कहलाता है) धातु सतह से इलेक्ट्रॉन बाहर निकालने के काम आता है। शेष अधिक ऊर्जा $(h\nu - W)$ इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा होती है। यदि इलेक्ट्रॉन बाहर निकलते समय आन्तरिक टक्करों में ऊर्जा ह्रास नहीं करता तो इसकी बाहर निकलने के बाद भी गतिज ऊर्जा K_{max} होगी। अतः K_{max} फोटो इलेक्ट्रॉन की सतह के बाहर अधिकतम ऊर्जा को प्रदर्शित करता है।

अब $IA = Nh\nu \Rightarrow N = \frac{IA}{h\nu}$ = 'A' क्षेत्रफल पर इकाई समय में आपतित फोटॉन की संख्या जब 'I' तीव्रता का प्रकाश लम्बवत् आपतित होता है।

यदि हम तीव्रता को दुगुना करते है, तो फोटोन की संख्या दुगुनी होगी और प्रकाश विद्युत धारा दुगुनी होगी। हम किसी फोटोन की ऊर्जा बदल नहीं सकते या प्रकाश विद्युत प्रक्रिया का व्यवहार नहीं बदल सकते है।
दूसरी समस्या (आवृत्ति समस्या) पूरी होती है यदि $K_{max} = 0$ तो $h\nu_{th} = W$

जो यह बताता है कि फोटॉन के पास केवल फोटो इलेक्ट्रॉन बाहर निकालने के लिये पर्याप्त ऊर्जा है तथा गतिज ऊर्जा के लिये अतिरिक्त ऊर्जा नहीं है। यदि ν को ν_{th}, से कम करते है तो $h\nu$, W से कम होगा तथा प्रत्येक फोटॉन, चाहे संख्या में कितने हो, के पास इलेक्ट्रॉन निकालने के लिये पर्याप्त ऊर्जा नहीं होगी।

तीसरी समस्या समय पश्चता की फोटॉन सिद्धान्त के कारण है क्योंकि आवश्यक ऊर्जा पैकिट में मिलती है। यह तरंग सिद्धान्त के अनुसार क्षेत्रफल में समान रूप से वितरित नहीं होती।

इसलिए प्रकाश विद्युत प्रभाव के लिए आइन्सटीन समीकरण निम्न दी जाती है।

$$h\nu = h\nu_{th} + K_{max} \qquad K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{th}}$$

Solved Example

Example 1. एक प्रकाश विद्युत परीक्षण में निम्न प्रेक्षण किये जाते है ;

(i) आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य = 1.98×10^{-7} m ;

(ii) निरोधी विभव = 2.5 volt.

ज्ञात करो :

(a) अधिकतम चाल वाले फोटो–इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा

(b) कार्य–फलन तथा

(c) देहली आवृत्ति ;

Solution : (a) चूंकि $v_s = 2.5$ V, $K_{max} = eV_s$ इसलिए, $K_{max} = 2.5$ eV

(b) आपतित फोटोन की ऊर्जा $E = \frac{12400}{1980}$ eV = 6.26 eV $W = E - K_{max} = 3.76$ eV

(c) $h\nu_{th} = W = 3.76 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J $\therefore \nu_{th} = \frac{3.76 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.6 \times 10^{-34}} \approx 9.1 \times 10^{14}$ Hz

Example 2. एक प्रकाश पुंज में चार तरंगदैर्ध्य 4000 Å, 4800 Å, 6000 Å तथा 7000 Å तथा प्रत्येक की तीव्रता 1.5×10^{-3} Wm^{-2} है। प्रकाश पुंज 1.9 eV कार्य फलन वाली तथा 10^{-4} m^2 क्षेत्रफल वाली धात्विक सतह के लम्बवत् आपतित होती है। यह मानिए कि प्रकाश ऊर्जा का ह्रास नहीं होता (प्रत्येक फोटॉन एक इलेक्ट्रॉन निकालता है) प्रति सैकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की संख्या ज्ञात करो।

Solution : $E_1 = \frac{12400}{4000} = 3.1$ eV, $E_2 = \frac{12400}{4800} = 2.58$ eV $E_3 = \frac{12400}{6000} = 2.06$ eV

तथा $E_4 = \frac{12400}{7000} = 1.77$ eV

केवल 4000 Å, 4800 Å तथा 6000 Å तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश ही फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित कर सकता है।

$\therefore$ प्रति सैकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की संख्या = प्रति सैकण्ड आपतित फोटॉन की संख्या)

$$= \frac{I_1A_1}{E_1} + \frac{I_2A_2}{E_2} + \frac{I_3A_3}{E_3} = IA\left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} + \frac{1}{E_3}\right)$$

$$= \frac{(1.5 \times 10^{-3})(10^{-4})}{1.6 \times 10^{-19}}\left(\frac{1}{3.1} + \frac{1}{2.58} + \frac{1}{2.06}\right) = 1.12 \times 10^{12}$$ **Ans.**

Example 3. एक पोटेशियम का एक छोटा पत्र 1.0 W शक्ति वाले बिन्दु स्रोत से r (= 0.5 m) दूरी पर (आपतित प्रकाश की दिशा के लम्बवत्) रखा है। प्रकाश का तरंग व्यवहार मानिए तथा ज्ञात कीजिए कि पत्र को पुंज से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करने के लिए पर्याप्त ऊर्जा (= 1.8 eV) अवशोषित करने में कितना समय लगेगा। यह मानिए कि उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन इसकी ऊर्जा पत्र के वृत्तीय क्षेत्रफल से एकत्र करता है जिसकी त्रिज्या पोटेशियम परमाणु के बराबर है। (1.3×10^{-10} m).

Solution : यदि स्रोत सभी दिशा में समान रूप से विकिरण देता है तो प्रकाश की स्रोत से r दूरी पर तीव्रता I निम्न से दी जाती है

$$I = \frac{P_0}{4\pi r^2} = \frac{1.0W}{4\pi(0.5m)^2} = 0.32\ W/m^2.$$

लक्ष्य का क्षेत्रफल A $\pi(1.3 \times 10^{-10}\ m)^2$ है अथवा $5.3 \times 10^{-20}\ m^2$ । लक्ष्य पर आपतित होने वाली ऊर्जा की दर निम्न से दी जाती है

$$P = IA = (0.32\ W/m^2)\ (5.3 \times 10^{-20}\ m^2) = 1.7 \times 10^{-20}\ J/s.$$

यदि सभी ऊर्जा को अवशोषित किया जाता है तो इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने के लिये आवश्यक ऊर्जा एकत्र करने में लगा समय

$$t = \left(\frac{1.8eV}{1.7 \times 10^{-20} J/s}\right)\left(\frac{1.6 \times 10^{-19} J}{1eV}\right) = 17\ s.$$

हमारे द्वारा चयन की गई एक त्रिज्या के लिए प्रभावी लक्ष्य क्षेत्रफल कुछ यादृच्छिक था लेकिन यह महत्वपूर्ण नहीं है कि क्या उपर्युक्त क्षेत्रफल का चयन करे। हम सरल मापन के परास में एक "soak-up time" की गणना करना चाहते है। यद्यपि, प्रेक्षण में कोई समयान्तराल किसी भी स्थिति में नहीं देखा गया है, प्रारम्भिक प्रायोगिक में इस प्रकार के समयान्तराल के लिए एक ऊपरी सीमा लगभग 10^{-9} सेकण्ड़ है।

Example 4. एक धात्विक सतह को परिवर्तित तरंगदैर्ध्य वाले एक वर्णी प्रकाश से प्रकाशित किया जाता है। 5000 Å से अधिक तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश सतह से फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित नही कर सकता। एक अज्ञात तरंगदैर्ध्य के लिये निरोधी विभव 3 V है। अज्ञात तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो।

Solution : प्रकाश विद्युत प्रभाव की समीकरण का उपयोग करने पर

$K_{max} = E - W$ $\qquad$ $(K_{max} = eV_s)$

$$\therefore\ 3eV = \frac{12400}{\lambda} - \frac{12400}{5000} = -2.48\ eV \quad \text{या} \quad \lambda = 2262\ Å$$

Example 5. एक धातु सतह को एकान्तर रूप से $\lambda_1 = 0.35\ \mu m$ तथा $\lambda_2 = 0.54\ \mu m$, तरंगदैर्ध्य से प्रकाशित किया जाता है। यह पाया जाता है कि संगत फोटो इलेक्ट्रॉन के अधिकतम वेग का अनुपात $\eta = 2$ है। धातु का कार्य–फलन ज्ञात करो।

Solution : दो तरंगदैर्ध्य के लिए समीकरण का उपयोग करने पर

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{hc}{\lambda_1} - W \qquad ....(i)$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{hc}{\lambda_2} - W \qquad ....(ii)$$

समीकरण. (i) को समीकरण (ii) से भाग देने पर $v_1 = 2v_2$, हमें मिलता है $4 = \dfrac{\frac{hc}{\lambda_1} - W}{\frac{hc}{\lambda_2} - W}$

$$3W = 4\left(\frac{hc}{\lambda_2}\right) - \left(\frac{hc}{\lambda_1}\right) = \frac{4 \times 12400}{5400} - \frac{12400}{3500} = 5.64\ eV$$

$$W = \frac{5.64}{3}\ eV = 1.88\ eV$$

Example 6. जब एक 3000 Å तरंगदैर्ध्य वाला तथा 1mW शक्ति वाला एक वर्णी विकिरण आपतित होता है तो प्रकाश सेंल 4.8 μA प्रकाश धारा के साथ संतृप्त विधा में कार्य करता है। जब एक दूसरा 1650 Å तरंगदैर्ध्य वाले तथा 5 mW शक्ति वाले प्रकाश का उपयोग किया जाता है तो यह पाया जाता है कि फोटो–इलेक्ट्रॉनों का अधिकतम वेग बढकर दुगना हो जाता है। दोनों स्थितियो में फोटो इलेक्ट्रॉनों की प्रति सैकण्ड उत्पादन दक्षता समान मानते हुए ज्ञात करो।

(a) सेल की देहली तरंगदैर्ध्य

(b) फोटो इलेक्ट्रॉन उत्पन्न होने की दक्षता [(आपतित फोटोन से उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन की संख्या की दर) × 100]

(c) दूसरी स्थिति में संतृप्त धारा

Solution : (a) $K_1 = \frac{12400}{3000} - W = 4.13 - W$ ...(i)

$K_2 = \frac{12400}{1650} - W = 7.51 - W$ ....(ii)

क्योंकि $v_2 = 2v_1$ अतः $K_2 = 4K_1$ ...(iiii)

समीकरणों को हल करने पर हम प्राप्त करते है।

W = 3 eV

$\therefore$ देहली तरंगदैर्ध्य $\lambda_0 = \frac{12400}{3} = 4133$ Å **Ans.**

(b) पहली स्थिति में एक फोटोन की ऊर्जा = $\frac{12400}{3000} = 4.13$ eV

या $E_1 = 6.6 \times 10^{-19}$ J

फोटोन आपतित होने की दर (प्रति सेकण्ड़ फोटोन की संख्या)

$= \frac{P_1}{E_1} = \frac{10^{-3}}{6.6 \times 10^{-19}} = 1.52 \times 10^{15}$ प्रति सेकण्ड़

उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की संख्या = $\frac{4.8 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}}$ प्रति सेकण्ड़ = 3.0×10^{13} प्रति सेकण्ड़

$\therefore$ फोटोइलैक्ट्रॉन उत्पन्न होने की दक्षता (η) = $\frac{3.0 \times 10^{13}}{1.5 \times 10^{15}} \times 100 = 2$ % **Ans.**

(c) दूसरी स्थिति में एक फोटोन की ऊर्जा $E_2 = \frac{12400}{1650} = 7.51$ eV = 12×10^{-19} J

इसलिए, प्रति सेकण्ड़ आपतित फोटोनों की संख्या $n_2 = \frac{P_2}{E_2} = \frac{5.0 \times 10^{-3}}{12 \times 10^{-19}} = 4.17 \times 10^{15}$ प्रति सेकण्ड़

प्रति सेकण्ड़ उत्सर्जित इलैक्ट्रॉन की संख्या $= \frac{5.0 \times 10^{-3}}{12 \times 10^{-19}} \times 4.7 \times 10^{15} = 9.4 \times 10^{13}$ प्रति सेकण्ड़

$\therefore$ दूसरी स्थिति में संतृप्त धारा $i = (9.4 \times 10^{13})(1.6 \times 10^{-19})$ amp = 15 μA **Ans.**

Example 7. किसी स्थान पर प्रकाश समीकरण $E = (100 \text{ V/m}) [\sin (5 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}) t + \sin (8 \times 10^{15} \text{ s}^{-1})t]$ से दिया जाता है तथा यह 2.0 eV कार्य फलन वाले धातु सतह पर गिरता है। फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा ज्ञात करो।

Solution : प्रकाश में दो विभिन्न आवृत्तियाँ है। अधिक आवृत्ति वाला प्रकाश अधिक गतिज ऊर्जा वाले फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करेगा।

यह अधिक आवृति $\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{8 \times 10^{15} \text{s}^{-1}}{2\pi}$

फोटोइलैक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा $K_{max} = h\nu - W$

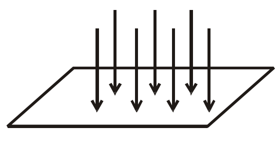
$= (4.14 \times 10^{-15} \text{ eV-s}) \times \left(\frac{8 \times 10^{15}}{2\pi} \text{s}^{-1}\right) - 2.0$ eV

= 5.27 eV – 2.0 eV = 3.27 eV

6. विकिरण के कारण बल (फोटॉन)

प्रत्येक फोटॉन की एक निश्चित ऊर्जा तथा निश्चित रेखीय संवेग होता है। एक निश्चित λ तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश में सभी फोटॉन की समान ऊर्जा $E = hc/\lambda$ तथा एक समान संवेग का परिमाण $p = h/\lambda$ होता है।

जब I तीव्रता का प्रकाश सतह पर आपतित होता है तो यह सतह पर बल लगाता है। यह मानिए कि सतह का अवशोषण तथा परावर्तन गुणांक 'a' और 'r' है तथा कोई पारगमन नहीं है।



मानिए 'A' क्षेत्रफल वाली सतह पर सतह के लम्बवत् दर्शाये अनुसार प्रकाश पुंज आपतित होता है। पुंज द्वारा सतह पर लगाये बल की गणना के लिए हम निम्न स्थितियो पर विचार करते है।

स्थिति (I) : $a = 1, \quad r = 0$

फॉटोन का प्रारम्भिक संवेग = $\frac{h}{\lambda}$

फॉटोन का अंतिम संवेग = 0

फॉटोन के संवेग में परिर्वतन = $\frac{h}{\lambda}$ (ऊपर की ओर)

$$\Delta P = \frac{h}{\lambda}$$

इकाई समय में आपतित ऊर्जा = IA

इकाई समय में आपतित फोटॉन की संख्या = $\frac{IA}{h\nu} = \frac{IA\lambda}{hc}$

$\therefore$ इकाई समय में कुल संवेग में परिवर्तन = $n\,\Delta P$

$= \frac{IA\lambda}{hc} \times \frac{h}{\lambda} = \frac{IA}{c}$ (ऊपर की ओर)

फोटोन पर बल = इकाई समय में संवेग में कुल परिवर्तन = $\frac{IA}{c}$ (ऊपर की ओर)

$\therefore$ प्लेट पर फोटॉन के कारण बल (F) = $\frac{IA}{c}$ (नीचे की ओर)

दाब = $\frac{F}{A} = \frac{IA}{cA} = \frac{I}{c}$

स्थिति (II) : जब $r = 1, a = 0$

फॉटोन का प्रारम्भिक संवेग = $\frac{h}{\lambda}$ (नीचे की ओर)

फॉटोन का अंतिम संवेग = $\frac{h}{\lambda}$ (ऊपर की ओर)

फॉटोन के संवेग में परिर्वतन = $\frac{h}{\lambda} + \frac{h}{\lambda} = \frac{2h}{\lambda}$

$\therefore$ इकाई समय में आपतित ऊर्जा = IA

इकाई समय में आपतित फोटॉन की संख्या = $\frac{IA\lambda}{hc}$

$\therefore$ इकाई समय में संवेग में कुल परिवर्तन = $n.\Delta P = \frac{IA\lambda}{hc} \cdot \frac{2h}{\lambda} = \frac{2IA}{c}$

फोटोन पर बल = इकाई समय में कुल संवेग में परिवर्तन

$F = \frac{2IA}{c}$ (फोटोन पर उपर की ओर तथा प्लेट पर नीचे की ओर)

दाब $P = \frac{F}{A} = \frac{2IA}{cA} = \frac{2I}{c}$

स्थिति (III) : जब $o < r < 1 \qquad a + r = 1$

संवेग में परिवर्तन जब फोटोन परावर्तित होता है = $\frac{2h}{\lambda}$ (ऊपर की ओर)

संवेग में परिवर्तन जब फोटोन अवशोषित होता है = $\frac{h}{\lambda}$ (ऊपर की ओर)

इकाई समय में आपतित फोटोन की संख्या = $\frac{IA\lambda}{hc}$

इकाई समय में परावर्तित फोटोन की संख्या = $\frac{IA\lambda}{hc} . r$

इकाई समय में अवशोषित फोटोन की संख्या = $\frac{IA\lambda}{hc}$ (1 – r)

अवशोषित फोटोन के कारण बल (F_a) = $\frac{IA\lambda}{hc}$ (1 – r) . $\frac{h}{\lambda}$ = $\frac{IA}{c}$ (1 – r) (नीचे की ओर)

परावर्तित फोटोन के कारण बल (F_r) = $\frac{IA\lambda}{hc}$ .r $\frac{2h}{\lambda}$ = $\frac{2IA\lambda}{c}$ (नीचे की ओर)

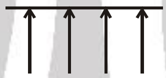
कुल बल = $F_a + F_r$ (नीचे की ओर)

$$= \frac{IA}{c}(1 - r) + \frac{2IAr}{c} = \frac{IA}{c}(1 + r)$$

अब दाब P = $\frac{IA}{c}(1 + r) \times \frac{1}{A} = \frac{I}{c}(1 + r)$

Solved Example

Example 8. एक 10 gm वाली प्लेट हवा में प्रकाश पुंज द्वारा लगाये गये बल से साम्यावस्था में है। पुंज की शक्ति ज्ञात करो। मानिए प्लेट पूर्णतः अवशोषक है।



Solution : क्योंकि प्लेट हवा में है इसलिए इस पर गुरूत्वाकर्षण बल कार्य करेगा

$F_{\text{गुरूत्वीय}}$ = mg (नीचे की ओर)

$= 10 \times 10^{-3} \times 10 = 10^{-1}$ N

साम्यावस्था के लिए प्रकाश पुंज द्वारा लगाया बल $F_{\text{गुरूत्वीय}}$ के बराबर होना चाहिए।

$F_{\text{फोटॉन}} = F_{\text{गुरूत्वीय}}$

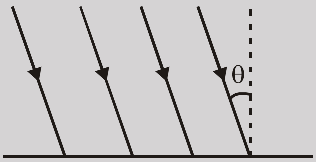
माना प्रकाश पुंज की शक्ति P

$\therefore \quad F_{\text{फोटॉन}} = \frac{P}{c}$

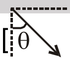
$\therefore \quad \frac{P}{c} = 10^{-1}$ $\qquad$ $P = 3.0 \times 10^8 \times 10^{-1}$

$P = 3 \times 10^7$ W

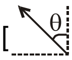
Example 9. यदि प्रकाश सतह पर दर्शाये अनुसार किसी कोण θ पर आपतित होता है तो प्रकाश पुंज द्वारा आरोपित बल बताइये। सभी स्थितियां मानिये।



Solution : **स्थिति- I :** a = 1, r = 0

फोटोन का प्रारम्भिक संवेग (ऊध्वार्धर के साथ θ कोण पर नीचे की ओर) = $\frac{h}{\lambda}$ []

फोटोन का अंतिम संवेग = 0

संवेग में परिवर्तन (ऊध्वार्धर के साथ θ कोण पर ऊपर की ओर) = $\frac{h}{\lambda}$ []

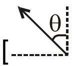
इकाई समय में आपतित ऊर्जा = IA cos θ

तीव्रता = इकाई क्षैत्रफल के लम्बवत शक्ति

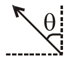
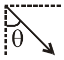
$I = \frac{P}{A\cos\theta}$ $\qquad$ P = IA cos θ

इकाई समय में आपतित फोटोनो की संख्या = $\frac{IA\cos\theta}{hc}.\lambda$

इकाई समय में संवेग में कुल परिवर्तन (ऊध्वार्धर के साथ θ कोण पर ऊपर की ओर)

$= \frac{IA\cos\theta\lambda}{hc} \cdot \frac{h}{\lambda} = \frac{IA\cos\theta}{c}$ []

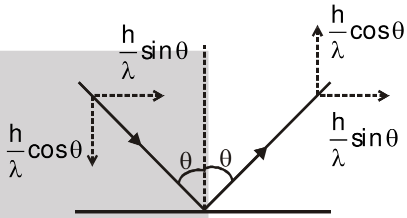
बल (F) = इकाई समय में संवेग में कुल परिवर्तन

$F = \frac{IA\cos\theta}{c}$ (दिशा  फोटोन पर तथा  प्लेट पर)

दाब = इकाई क्षैत्रफल पर लम्बवत् बल

दाब = $\frac{F\cos\theta}{A}$ $P = \frac{IA\cos^2\theta}{cA} = \frac{I}{c}\cos^2\theta$

स्थिति-II : जब $r = 1, a = 0$



$\therefore$ एक फोटोन के संवेग में परिवर्तन $= \frac{2h}{\lambda}\cos\theta$ (ऊपर की ओर)

इकाई समय में आपतित फोटौन की संख्या

$= \frac{\text{इकाई समय में आपतित ऊर्जा}}{h\nu}$

$= \frac{IA\cos\theta \cdot \lambda}{hc}$

$\therefore$ इकाई समय में संवेग में कुल परिवर्तन $= \frac{IA\cos\theta \cdot \lambda}{hc} \times \frac{2h}{\lambda}\cos\theta = \frac{2IA\cos^2\theta}{c}$ (ऊपर की ओर)

$\therefore$ प्लेट पर बल $= \frac{2IA\cos^2\theta}{c}$ (नीचे की ओर)

दाब = $\frac{2IA\cos^2\theta}{cA}$ $P = \frac{2I\cos^2\theta}{c}$

स्थिति-III : $0 < r < 1$, $a + r = 1$

संवेग में परिवर्तन जब फोटोन परावर्तित होता है $= \frac{2h}{\lambda}\cos\theta$ (नीचे की ओर)

संवेग में परिवर्तन जब फोटोन अवशोषित होता है $= \frac{h}{\lambda}$ (आपतित पुंज के विपरित दिशा में)

इकाई समय में आपतित ऊर्जा = $IA\cos\theta$

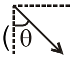
इकाई समय में आपतित फोटोन की संख्या $= \frac{IA\cos\theta \cdot \lambda}{hc}$

परावर्तित फोटोन की संख्या $(n_r) = \frac{IA\cos\theta\lambda r}{hc}$

अवशोषित फोटोन की संख्या $(n_Q) = \frac{IA\cos\theta\lambda}{hc}(1 - r)$

अवशोषित फोटोन के कारण प्लेट पर बल $F_a = n_a \cdot \Delta P_a$

$= \frac{IA\cos\theta\lambda}{hc}(1 - r)\frac{h}{\lambda}$

$= \frac{IA\cos\theta}{c}(1 - r)$ (ऊध्वार्धर के साथ θ कोण पर नीचे की ओर) ()

परावर्तित फोटोन के कारण प्लेट पर बल $F_r = n_r \Delta P_r$

$= \frac{IA\cos\theta\cdot\lambda}{hc} \times \frac{2h}{\lambda}\cos\theta$ (ऊध्वार्धर नीचे की ओर)

$= \frac{IA\cos^2\theta}{c}\cdot 2r$

कुल परिणामी बल निम्न द्वारा दिया जाता है $F_R = \sqrt{F_r^2 + F_a^2 + 2F_aF_r\cos\theta}$

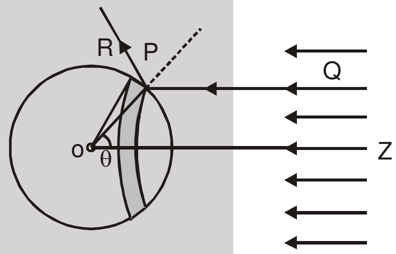
$= \frac{IA\cos\theta}{c}\sqrt{(1-r)^2 + (2r)^2\cos^2\theta + 4r(r-1)\cos^2\theta}$

और दाब $P = \frac{F_a\cos\theta + F_r}{A} = \frac{IA\cos\theta(1-r)\cos\theta}{cA} + \frac{IA\cos^2\theta\cdot 2r}{cA}$

$= \frac{I\cos^2\theta}{c}(1-r) + \frac{I\cos^2\theta}{c}2r = \frac{I\cos^2\theta}{c}(1+r)$

Example 10. एक पूर्ण परावर्तक r त्रिज्या का ठोस गोला समानान्तर प्रकाश पुंज के पथ पर रखा है। यदि प्रकाश पुंज की तीव्रता I, हो तो पुंज द्वारा गोले पर आरोपित बल बताइये।

Solution : माना O गोले का केन्द्र है तथा OZ आपतित पुंज के विपरित रेखा है। (चित्र) OZ के साथ θ कोण पर गोले की त्रिज्या OP मानिए। इस त्रिज्या को OZ अक्ष के सापेक्ष घूर्णन कराने पर गोले पर वृत्त प्राप्त होता है। θ को θ + dθ से बदलते है तथा त्रिज्या को OZ के सापेक्ष घुमाकर गोले पर दूसरा वृत्त मिलता है। इन दोनो वृत्तों के बीच गोले का क्षेत्रफल $2\pi r^2 \sin\theta\, d\theta$ है। इस वलय का P पर छोटा भाग ΔA मानिए। Δt समय में इस भाग पर गिरने वाले प्रकाश की ऊर्जा



$\Delta U = I\Delta t(\Delta A\cos\theta)$

ΔA पर गिरने वाले इस प्रकाश का संवेग ΔU/c QP के अनुदिश है। गोले से प्रकाश PR के अनुदिश परावर्तित होता है।

$\Delta p = 2\frac{\Delta U}{c}\cos\theta = \frac{2}{c} I\Delta t(\Delta A\cos^2\theta)$ (संवेग में परिवर्तन $\overrightarrow{OP}$ के अनुदिश दिशा में)

आपतित प्रकाश के कारण ΔA पर बल $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2}{c} I\Delta A\cos^2\theta$. (दिशा $\overrightarrow{PO}$ के अनुदिश)

वलय तथा गोले पर परिणामी बल सममिति के कारण ZO के अनुदिश है। ΔA पर बल के घटक ZO के अनुदिश है।

$\frac{\Delta p}{\Delta t}\cos\theta = \frac{2}{c} I\Delta A\cos^3\theta.$ ($\overrightarrow{ZO}$ अनुदिश)

वलय पर कार्यरत बल $dF = \frac{2}{c} I(2\pi r^2\sin\theta\, d\theta)\cos^3\theta.$

सम्पूर्ण गोले पर कार्यरत बल $F = \int_0^{\pi/2}\frac{4\pi r^2 I}{c}\cos^3\theta\sin\theta\, d\theta$

$= -\int_0^{\pi/2}\frac{4\pi r^2 I}{c}\cos^3\theta\, d(\cos\theta) = -\int_{\theta=0}^{\pi/2}\frac{4\pi r^2 I}{c}\left[\frac{\cos^4\theta}{4}\right]_0^{\pi/2} = \frac{\pi r^2 I}{c}$

नोट : समाकलन केवल आधे गोले के लिए किया गया है जो आपतित पुंज के सामने है।

7. द्रव्य तरंग की डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य :

एक ν आवृत्ति तथा λ तरंगदैर्ध्य फोटॉन की ऊर्जा निम्न होती है।

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

आइन्सटीन की द्रव्यमान ऊर्जा समीकरण, $E = mc^2$ से फोटॉन का तुल्य द्रव्यमान m निम्न प्रकार से दिया जाता है।

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c} \quad .....(i)$$

या $\lambda = \frac{h}{mc}$ या $\lambda = \frac{h}{p}$ .....(ii)

यहाँ p फोटॉन का संवेग है। डी–ब्रोगली ने बताया कि एक m द्रव्यमान का कण जो v चाल से चलता है, एक λ तरंग दैर्ध्य वाली तरंग की तरह व्यवहार करता है। (डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य तथा तरंग, द्रव्य तरंग कहलाती है) निम्न से दी जाती है

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} \quad .... (iii)$$

जहाँ p कण संवेग है। संवेग गतिज ऊर्जा के साथ निम्न समीकरण की तरह सम्बन्धित होता है।

$$p = \sqrt{2Km}$$

और जब q आवेश को V विभवान्तर से त्वरित करते है तो इसकी गतिज ऊर्जा K = qV होती है। सभी समीकरण को मिलाकर निम्न प्रकार लिख सकते है।

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2Km}} = \frac{h}{\sqrt{2qVm}} \text{ (डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य)} \quad ....(iv)$$

7.1 एक इलेक्ट्रॉन के लिये डी–ब्रॉंगली तरंगदैर्ध्य :

यदि एक इलेक्ट्रॉन (आवेश = e) को V वोल्ट से त्वरित किया जाता है तो इसकी गतिज ऊर्जा

$$K = eV$$

समी० (iv) में h, m तथा q का मान रखने पर हमें इलेक्ट्रॉन की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य का निम्न सूत्र मिलता है।

$$\lambda(\text{Å में}) = \sqrt{\frac{150}{V(\text{volts में})}} \quad ....(v)$$

7.2 गैस अणु की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य :

परमताप T पर गैस के एक अणु पर विचार कीजिये। गैस अणु की गतिज ऊर्जा निम्न प्रकार से दी जाती है

$$K.E. = \frac{3}{2}kT \; ; \quad k = \text{बोल्टज़्मान नियतांक}$$

$$\therefore \quad \lambda_{\text{गैस अणु}} = \frac{h}{\sqrt{3mkT}}$$

Solved Examples

Example 11. एक इलेक्ट्रॉन 50 वोल्ट विभवान्तर क्षेत्र से त्वरित किया जाता है। इससे सम्बन्धित डी–ब्रोगली तरंदैर्ध्य ज्ञात करो।

Solution : इलैक्ट्रॉन के लिए डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य निम्न से दी जाती है –

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{V}} = \sqrt{\frac{150}{50}} = \sqrt{3} = 1.73 \text{ Å} \quad \textbf{Ans.}$$

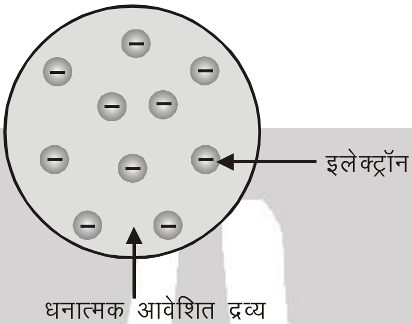
Example 12. हाइड्रोजन तथा हीलियम अणु की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो जो क्रमशः 27ºC तथा 127ºC पर है।

Solution : डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य निम्न प्रकार से दी जाती है –

$$\therefore \quad \frac{\lambda_{H_2}}{\lambda_{He}} = \sqrt{\frac{m_{He}T_{He}}{m_{H_2}T_{H_2}}} = \sqrt{\frac{4}{2}\cdot\frac{(127+273)}{(27+273)}} = \sqrt{\frac{8}{3}}$$

8. थामसन परमाणु मॉडल :

जे.जे. थॉमसन ने बताया कि परमाणु धनावेशित द्रव्य से बना है, जिसमें इलेक्ट्रॉन धँसे हुये रहते है जिस तरह केक में चेरी (जैसे तरबूज में बीज)। थॉमसन मॉडल को प्लम पुडीग मॉडल भी कहा जाता है। थॉमसन ने इलेक्ट्रॉन की खोज में महत्त्वपूर्ण योगदान दिया। जब गैस विसर्जन नलिका से कैथोड़ किरणों को खोजा गया। परन्तु वास्तविक परमाणु इससे भिन्न था।



9. रदरफोर्ड नाभिकीय परमाणु :

रदरफोर्ड ने बताया कि परमाणु का सभी धनायन तथा द्रव्यमान एक छोटे आयतन में होता है जो परमाणु के केन्द्र पर होता है। इसके चारों ओर इलेक्ट्रॉन वृत्तीय कक्षा में चक्कर लगाते है। दोनों विपरीत आवेशों के मध्य का आकर्षण बल आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है।

अतः $\frac{mv^2}{r} = \frac{kZe^2}{r^2}$

और कुल ऊर्जा = स्थितिज ऊर्जा + गतिज ऊर्जा = $\frac{-kZe^2}{2r}$

रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल में नाभिक बताया गया था परन्तु इसमें कुछ कमियाँ थी। इसकी दो कमियाँ निम्न है।

9.1 परमाणु के स्थायित्व के सम्बन्ध में : इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर वृत्तीय कक्ष में त्वरित गति करता है तथा विद्युत चुम्बकीय सिद्धान्त के अनुसार यह लगातार विकिरण उत्सर्जित करेगा तथा इससे ऊर्जा का ह्रास होगा। यदि कुल ऊर्जा में कमी होती है तो उपरोक्त सूत्र के अनुसार त्रिज्या में वृद्वि होगी। इस प्रकार इलेक्ट्रॉन की त्रिज्या में कमी के कारण इलेक्ट्रॉन कुण्डलिनी रूप में गति करता हुआ सैकण्ड के कुछ भाग में नाभिक में गिर जायेगा। परन्तु परमाणु स्थायी होता है। इस कमी को 1913 के नील्स बोहर ने दूर किया।

9.2 रेखा स्पेक्ट्रम को स्पष्ट करने के संबंध में : रदरफोर्ड परमाणु मॉडल में वृत्तीय कथा की त्रिज्या लगातार बदलने के कारण इलेक्ट्रॉन की घूर्णन आवृत्ति भी बदलनी चाहिए। परिणामस्वरूप इलेक्ट्रॉन प्रत्येक आवृत्ति की विकिरण उत्सर्जित करता है तथा इन तरंगों का स्पैक्ट्रम अविरत होगा, परन्तु परीक्षण के अनुसार यह अविरत नहीं है। यह रेखीय स्पैक्ट्रम है।

10. बोहर का परमाणु मॉडल

1913 में नील बोहर ने प्लांक क्वान्टम सिद्धान्त का उपयोग कर रदरफोर्ड की कमियों को दूर किया। इसमें निम्न अवधारणाऐं है–

(1) एक इलेक्ट्रॉन केवल कुछ निश्चित वृत्तीय कक्षा में घूमता है जिन्हें स्थायी कक्षा कहते है। स्थायी कक्षा में इलेक्ट्रॉन विकिरण उत्सर्जित नहीं करता है।

(2) बोहर के अनुसार प्रत्येक स्थायी कक्षा से सम्बन्धित ऊर्जा होती है तथा जब इलेक्ट्रॉन एक कक्ष से दूसरे कक्ष में जाता है तो परमाणु विकिरण उत्सर्जित करता है। यदि उच्च ऊर्जा स्तर में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा E_2 तथा निम्न ऊर्जा स्तर में E_1 है तो उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति निम्न प्रकार से दी जाती है

$$h\nu = E_2 - E_1 \quad \text{या} \quad \nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

(3) बोहर ने पाया कि इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग का क्वान्टीकरण होता है तथा इसका मान $\frac{h}{2\pi}$ का पूर्ण गुणांक होता है। एक कण जिसका द्रव्यमान m, v चाल तथा r त्रिज्या में घूम रहा है, का कोणीय संवेग L = mvr होता है। बोहर के अनुसार,

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \quad (n = 1, 2, 3....) \qquad ......(i)$$

n के प्रत्येक संगत मान के लिये एक परिमित त्रिज्या होती है जिसको r_n से दिखाया जाता है। प्रत्येक कक्ष के n को कक्ष की मुख्य क्वान्टम संख्या कहते है।

$$mv_nr_n = mvr = \frac{nh}{2\pi} \qquad ......(ii)$$

न्यूटन के द्वितीय नियम अनुसार इलेक्ट्रॉन को कक्षीय त्रिज्या में घूमने के लिये आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल $F = \frac{mv^2}{r_n}$ की आवश्यकता होती है जो धनात्मक प्रोटॉन तथा ऋणात्मक इलेक्ट्रॉन के बीच का आकर्षण बल प्रदान करता है।

अतः, $$\frac{mv_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_n^2} \qquad ....(iii)$$

समीकरण (ii) और (iii), से प्राप्त होता है।

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 n^2 h^2}{\pi m e^2} \qquad ......(iv)$$

और $$v_n = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 nh} \qquad ......(v)$$

n = 1 के संगत कक्ष की न्यूनतम त्रिज्या हम इस न्यूनतम त्रिज्या को बोहर त्रिज्या कहते है तथा इसे a_0 से दर्शाते है।

अतः $$a_0 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$$

ε_0, h, p, m और e, का मान रखने पर

$$a_0 = 0.529 \times 10^{-10}\ m = 0.529\ Å \qquad ....(vi)$$

समीकरण (iv) को a_0 के पदों में निम्न प्रकार लिख सकते है।

$$r_n = n^2 a_0 \quad \text{या} \quad r_n \propto n^2 \qquad ....(vii)$$

e, ε_0 तथा h का मान n = 1 के साथ समीकरण (v) में रखने पर

$$v_1 = 2.19 \times 10^6\ m/s \qquad ....(viii)$$

हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन की अधिकतम चाल है जो लगभग c/137 के बराबर है, जहाँ c प्रकाश की निर्वात में चाल है।

समीकरण (v) को v_1 के पदों में निम्न प्रकार लिख सकते है।

$$v_n = \frac{v_1}{n} \quad \text{या} \quad v_n \propto \frac{1}{n}$$

ऊर्जा स्तर : nवे कक्ष की गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा K_n तथा U_n निम्न से दी जाती है

$K_n = \frac{1}{2} mv_n^2 = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2}$ तथा $U_n = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{r_n} = -\frac{me^4}{4\varepsilon_0^2 n^2 h^2}$

(अनंत पर स्थितिज ऊर्जा स्तर शून्य मानें)

कुल ऊर्जा E_n स्थितिज व गतिज ऊर्जा के योग के बराबर है

इसलिए, $E_n = K_n + U_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2}$

m, e, ε_0 और h का मान n = 1, के साथ रखने पर हमें परमाणु के पहले कक्ष की न्यूनतम ऊर्जा मिलती है जो –13.6 eV है। इसलिए

$E_1 = -13.6$ eV ....(x)

और $E_n = \frac{E_1}{n^2} = -\frac{13.6}{n^2}$ eV ....(xi)

n = 2, 3, 4, ..., रखने पर, हमें परमाणु की विभिन्न कक्षाओं में ऊर्जा मिलती है।

$E_2 = -3.40$ eV, $E_3 = -1.51$ eV, ... $E_\infty = 0$

10.1 हाइड्रोजन समान परमाणु :

बोहर मॉडल को हाइड्रोजन समान परमाणु के लिये उपयोग कर सकते है जिसमें एक इलेक्ट्रॉन हो तथा नाभिक में आवेश +ze, जहाँ z परमाणु क्रमांक है, तथा यह नाभिक में प्रोटॉन की संख्या के बराबर है। हम पूर्व में प्राप्त अध्ययन में e^2 को ze^2 से बदल देते हैं। अतः r_n, v_n तथा E_n के लिये निम्न समीकरण है :

$r_n = \frac{\varepsilon_0 n^2 h^2}{nmze^2} = \frac{n^2}{z} a_0$ या $r_n \propto \frac{n^2}{z}$ ....(i)

जहाँ $a_0 = 0.529$ Å (H के पहले कक्ष की त्रिज्या)

$v_n = \frac{ze^2}{2\varepsilon_0 nh} = \frac{z}{n} v_1$ या $v_n \propto \frac{z}{n}$ ....(ii)

जहाँ $v_1 = 2.19 \times 10^6$ m/s (H के पहले कक्ष में इलैक्ट्रॉन की चाल)

$E_n = -\frac{mz^2e^4}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2} = \frac{z^2}{n^2} E_1$ या $E_n \propto \frac{z^2}{n^2}$ ....(iii)

जहाँ $E_1 = -13.60$ eV (H के पहले कक्ष में परमाणु की ऊर्जा)

10.2 एकाकी इलेक्ट्रॉन निकाय के लिए वैध परिभाषाएँ -

(1) मूल स्तर : किसी परमाणु या आयन की निम्नतम ऊर्जा स्तर मूल स्तर कहलाती है।

H परमाणु की मूल स्तर में ऊर्जा = –13.6 eV

He^+ आयन की मूल स्तर में ऊर्जा = –54.4 eV

Li^{++} आयन की मूल स्तर में ऊर्जा = –122.4 eV

(2) उत्तेजित स्तर : मूल स्तर के अतिरिक्त परमाणु के दूसरे स्तर उत्तेजित स्तर कहलाते है।

n = 2 पहली उत्तेजित स्तर

n = 3 दूसरी उत्तेजित स्तर

n = 4 तीसरी उत्तेजित स्तर

$n = n_0 + 1$ n_0 वी उत्तेजित स्तर

(3) आयनन ऊर्जा (I.E.) : इलेक्ट्रॉन को मूल स्तर से $n = \infty$ तक लाने में आवश्यक ऊर्जा को आयनन ऊर्जा कहते हैं।

H परमाणु की आयनन ऊर्जा = 13.6 eV

He^+ आयन की आयनन ऊर्जा = 54.4 eV

Li^{++} आयन की आयनन ऊर्जा = 122.4 eV

(4) आयनन विभव (I.P.) : वह विभवान्तर जिससे त्वरित करने पर इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा आयनन ऊर्जा के बराबर हो जाये आयनन विभव कहलाता है।

H परमाणु का I.P = 13.6 V

He^+ आयन का I.P. = 54.4 V

(5) उत्तेजन ऊर्जा : इलेक्ट्रॉन को मूल अवस्था से उत्तेजित अवस्था में लाने के लिये आवश्यक ऊर्जा उत्तेजन ऊर्जा कहलाती है।

H परमाणु की मूल स्तर में ऊर्जा = –13.6 eV

H परमाणु की पहली उत्त्तेजन स्तर में ऊर्जा = –3.4 eV

I^{st} उत्त्तेजित ऊर्जा = 10.2 eV.

(6) उत्तेजन विभव : वह विभवान्तर जिससे त्वरित करने पर इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा उत्तेजन ऊर्जा के बराबर हो जाये उत्तेजन विभव कहलाता है।

I^{st} उत्त्तेजन ऊर्जा = 10.2 eV.

I^{st} उत्त्तेजन विभव = 10.2 V.

(7) बन्धन ऊर्जा या अलगाव ऊर्जा : किसी अवस्था से इलेक्ट्रॉन को $n = \infty$ तक लाने में आवश्यक ऊर्जा उस अवस्था की बन्धन ऊर्जा कहलाती है या हाइड्रोजन समान परमाणु में इलेक्ट्रॉन को $n = \infty$ से किसी निश्चित अवस्था n में लाकर बनाने में मुक्त ऊर्जा उस अवस्था की बन्धन ऊर्जा कहलाती है।

हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था में बंधन ऊर्जा = 13.6 eV

Solved Examples

Example 13. एक काल्पनिक हाइड्रोजन समान आयन का पहला उत्तेजन विभव 15 वोल्ट है। परमाणु का तीसरा उत्तेजन विभव ज्ञात करो।

Solution : माना मूल अवस्था की ऊर्जा = E_0

$E_0 = -13.6 Z^2$ eV और $E_n = \frac{E_0}{n^2}$

$n = 2, E_2 = \frac{E_0}{n^2}$

दिया है $\frac{E_0}{4} - E_0 = 15$

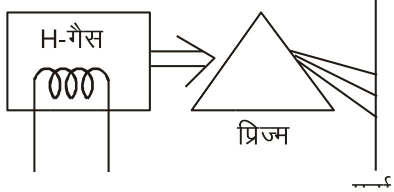
$-\frac{3E_0}{4} = 15$

n = 4 के लिए $E_4 = \frac{E_0}{16}$

तीसरी उत्तेजन ऊर्जा $= \frac{E_0}{16} - E_0 = -\frac{15}{16}E_0 = -\frac{15}{16}\cdot\left(\frac{-4\times15}{3}\right) = \frac{75}{4}$ eV

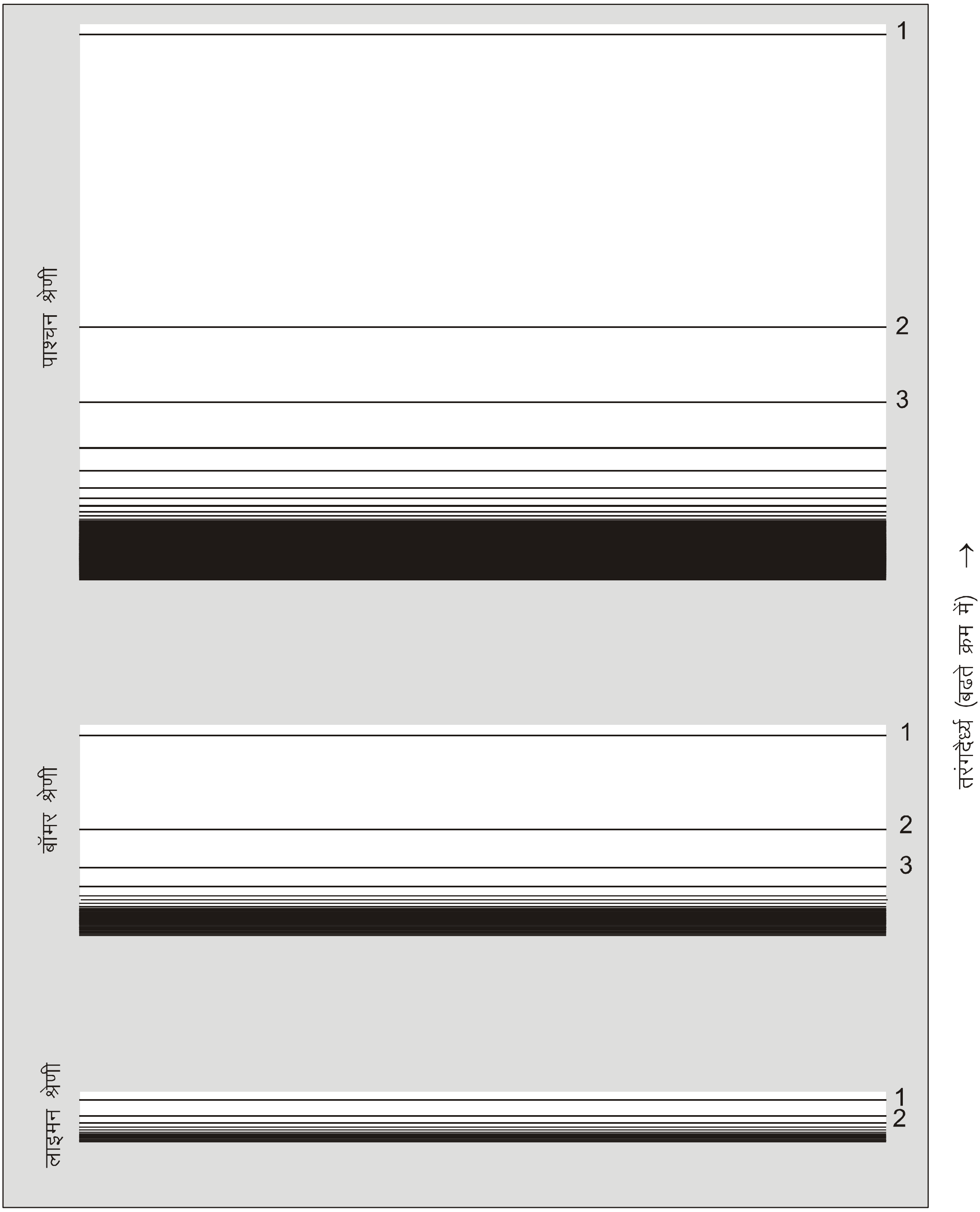
$\therefore$ तीसरा उत्तेजन विभव $\frac{75}{4}$ V है।

10.3 हाइड्रोजन परमाणु का उत्सर्जन स्पैक्ट्रम : सामान्य अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन मूल अवस्था (n = 1) में रहता है। जब इसको बाह्य स्रोत से ऊर्जा दी जाती है तो यह उच्चतर अवस्था तक उत्तेजित होता है। परन्तु यह यहाँ मुश्किल से 10^{-8} सेकण्ड रूकता है। जब परमाणु उत्तेजित अवस्था से निचली उत्तेजित अवस्था या मूल अवस्था में आता है तो इसके संगत स्पैक्ट्रम रेखा का फोटॉन उत्सर्जित करता है।



माना n_i प्रारम्भिक और n_f अंतिम ऊर्जा अवस्थाएं है। हाइड्रोजन परमाणु का उत्सर्जन स्पैक्ट्रम निम्न प्रकार प्रेक्षित किया जाता है, जो अंतिम ऊर्जा अवस्था पर निर्भर करता है।

पर्दे पर हाइड्रोजन परमाणु की लाइमन, बामर, पाश्चन, श्रेणी की स्पेक्ट्रमी रेखाओ का फोटोग्राफ

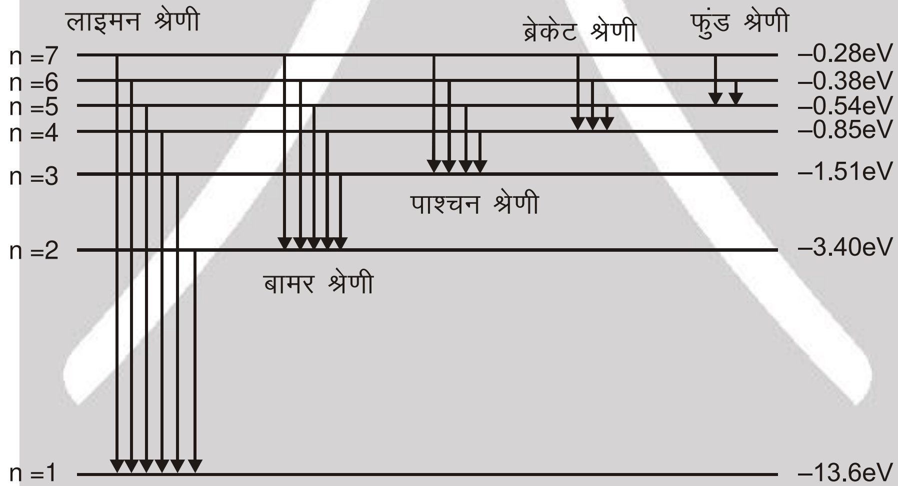


1, 2, 3..... लाइमन, बामर तथा पाश्चन श्रेणी की I, II व III रेखा को प्रदर्शित करते है।

हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम (कुछ चुनी हुई रेखाऐं)

श्रेणी का नाम	लाइनों की संख्या	क्वांटम संख्या			
		n_i (निम्नतर स्तर)	n_f (उच्चतम स्तर)	तरंगदैर्ध्य (nm)	ऊर्जा
लाइमन	I	1	2	121.6	10.2 eV
	II	1	3	102.6	12.09 eV
	III	1	4	97	12.78 eV
	श्रेणी सीमा	1	∞ (श्रेणी सीमा)	91.2	13.6 eV
बामर	I	2	3	656.3	1.89 eV
	II	2	4	486.1	2.55 eV
	III	2	5	434.1	2.86 eV
	श्रेणी सीमा	2	∞ (श्रेणी सीमा)	364.6	3.41 eV
पाश्चन	I	3	4	1875.1	0.66 eV
	II	3	5	1281.8	0.97 eV
	III	3	6	1093.8	1.13 eV
	श्रेणी सीमा	3	∞ (श्रेणी सीमा)	822	1.51 eV

श्रेणी सीमा : किसी भी ग्रुप में फोटोन की अधिकतम ऊर्जा तथा न्यूनतम तरंगदैर्ध्य से संम्बधित रेखा उस ग्रुप की सीमांत श्रेणी कहलाती है।



लाइमन श्रेणी के लिए $n_f = 1$, बामर श्रेणी के लिए $n_f = 2$ तथा आगे इसी प्रकार

अनुत्तेजन में उत्सर्जित फोटॉनों का तरंगदैर्ध्य :

10.4 बोहर के अनुसार जब एक परमाणु में उच्चतर ऊर्जा से निचले ऊर्जा स्तर में स्थानान्तरण होता है, तो प्रारम्भिक व अन्तिम स्तर के मध्य ऊर्जा अन्तर के बराबर ऊर्जा का फोटॉन निकलता है। यदि E_i परमाणु की स्थानान्तरण से पहले की ऊर्जा और E_f स्थानान्तरण के बाद की ऊर्जा तो फोटॉन की ऊर्जा $h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, है तो ऊर्जा संरक्षण के अनुसार,

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_i - E_f \quad \text{(उत्सर्जित फोटोन की ऊर्जा)} \qquad ....(i)$$

सन् 1913, में हाइड्रोजन के स्पैक्ट्रम का अध्ययन किया गया। दृश्य रेखा की अधिकतम तरंगदैर्ध्य या न्यूनतम आवृति वाली रेखा थी इसे H_α, कहा गया। अगली रेखा H_β कहलाती है तथा इसी प्रकार आगे।

सन् 1885, में जोहन बामर ने इन रेखा की तरंगदैर्ध्य के लिये सूत्र दिया। इन रेखाओं को अब बामर श्रेणी कहते हैं। बामर सूत्र निम्न है :–

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad ....(ii)$$

यहाँ, n = 3, 4, 5 ...., इत्यादि

R = रिडबर्ग नियतांक = $1.097 \times 10^7\ m^{-1}$

और λ संचरण के दौरान उत्सर्जित फोटोन/प्रकाश की तरंगदैर्ध्य है।

n = 3 के लिए, हमें H_α रेखा की तरंगदैर्ध्य मिलती है।

इसी तरह n = 4 के लिए, हमें H_β रेखा की तरंगदैर्ध्य मिलती है। $n = \infty$ के लिए, इस श्रेणी की न्यूनतम तरंगदैर्ध्य (= 3646 Å) मिलती है।

$E = \frac{hc}{\lambda}$ संबंध का उपयोग करने पर हमें बामर श्रेणी की तरंगदैर्ध्य के संबंधित फोटोन की ऊर्जा मिल सकती है।

$$E = \frac{hc}{\lambda} = hcR\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) = \frac{Rhc}{2^2} - \frac{Rhc}{n^2}$$

यह सूत्र बताता है, कि

$$E_n = -\frac{Rhc}{n^2},\ n = 1, 2, 3..... \qquad ....(iii)$$

अन्य स्पैक्ट्रम श्रेणी (लाइमन, पाश्चन इत्यादि) के संगत तरंगदैर्ध्य बामर सूत्र की तरह प्रदर्शित की जा सकती है।

लाइमन श्रेणी: $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, n = 2, 3, 4.....

पाश्चन् श्रेणी : $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, n = 4, 5, 6.....

ब्रेकेट श्रेणी : $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, n = 5, 6, 7.....

फंड श्रेणी : $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$, n = 6, 7, 8

लाइमन श्रेणी पराबैगनी में तथा पाश्चान्, ब्रेकेट व फंड श्रेणी अवरक्त भाग में होती है।

Solved Example

Example 14 ज्ञात करो (a) तरंगदैर्ध्य और (b) हाइड्रोजन के बामर श्रेणी के लिये H_β रेखा की आवृति

Solution : (a) H_β , n = 4 से n = 2 स्तर के स्थानांतरण के संगत बामर श्रेणी की H_β रेखा। H_β रेखा के संगत तरंगदैर्ध्य

$$\frac{1}{\lambda} = (1.097 \times 10^7)\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2}\right) = 0.2056 \times 10^7$$

$\therefore\ \lambda = 4.9 \times 10^{-7}$ m **Ans.**

(b) $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.0 \times 10^8}{4.9 \times 10^{-7}} = 6.12 \times 10^{14}$ Hz **Ans.**

Example 15. हाइड्रोजन की लाइमन श्रेणी के लिये अधिकतम तथा न्यूनतम तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो। यह रेखायें विद्युत चुम्बकीय स्पैक्ट्रम के किस क्षेत्र में होती है।

Solution : लाइमन श्रेणी के लिए संक्रमण, निम्न समीकरण से दिये जाते है।

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{(1)^2} - \frac{1}{n^2}\right] \qquad n = 2, 3, ...$$

अधिकतम तरंगदैर्ध्य के लिए, n = 2

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4}\right) = 0.823 \times 10^7$$

$\therefore \quad \lambda_{max} = 1.2154 \times 10^{-7}$ m = 1215 Å **Ans.**

$n = \infty$ के संगत न्यूनतम तरंगदैर्ध्य

$$\therefore \quad \frac{1}{\lambda_{max}} = 1.097 \times 10^7 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{\infty}\right)$$

या $\lambda_{min} = 0.911 \times 10^{-7}$ m = 911 Å **Ans.**

यह दोनों तरंगदैर्ध्य विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के पराबैंगनी क्षेत्र में होती है।

Example 16. यदि हाइड्रोजन परमाणु n मुख्य क्वाण्टम संख्या वाली उत्तेजन अवस्था में है तो इस नमूने के स्पैक्ट्रम में कितनी विभिन्न तरंगदैर्ध्य प्रेक्षित की जा सकती है ?

Solution : परमाणु n स्तर से (n – 1) स्तर...., द्वितीय स्तर या प्रथम स्तर में जा सकता है। इस तरह nवे स्तर से शुरू करने पर कुल (n – 1) स्थानान्तरण संभव है। जब परमाणु (n – 1) स्तर में पहुँचता है तो (n – 2) स्थानान्तरण कर सकता है। इस तरह संभावित कुल स्थानान्तरण

$$(n-1) + (n-2) + (n-3) + ...2 + 1 = \frac{n(n-1)}{2}$$ **(याद करो)**

Example 17. (a) Li^{++} आयन में इलेक्ट्रॉन को पहली से तीसरी बोहर कक्ष तक उत्तेजित करने के लिये आवश्यक विकिरण की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो।

(b) उपरोक्त उत्तेजन अवस्था के उत्सर्जन स्पैक्ट्रम में कितनी रेखायें प्रेक्षित होगी ?

Solution : (a) पहले कक्ष में ऊर्जा = $E_1 = Z^2 E_0$ जहाँ E_0 = – 13.6 eV हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था में ऊर्जा अतः Li^{++} के लिए

$E_1 = 9E_0 = 9 \times (-13.6 \text{ eV}) = -122.4$ eV

तीसरे कक्ष की ऊर्जा

$$E_3 = \frac{E_1}{n^2} = \frac{E_1}{9} = -13.6 \text{ eV}$$

अतः, $E_3 - E_1 = 8 \times 13.6$ eV = 108.8 eV.

Li^{++} को पहले कक्ष से तीसरे कक्ष तक उत्तेजन के लिए आवश्यक ऊर्जा निम्न से दी जाती है

$E_3 - E_1 = 8 \times 13.6$ eV = 108.8 eV.

Li^{++} को पहले कक्ष से तीसरे कक्ष तक उत्तेजन के लिए विकिरण की तरंगदैर्ध्य निम्न से दी जाती है

$$\frac{hc}{\lambda} = E_3 - E_1$$

$$\text{या} \quad \lambda = \frac{hc}{E_3 - E_1} = \frac{1240 \text{eV} - \text{nm}}{108.8 \text{eV}} \approx 11.4 \text{nm}$$

(b) $n = 3 \rightarrow n = 2$, $n = 3 \rightarrow n = 1$ स्थानान्तरण के कारण स्पेक्ट्रम रेखाऐं उत्सर्जित होती है। और $n = 2 \rightarrow n = 1$ अतः, यहां स्पेक्ट्रम में तीन स्पेक्ट्रल रेखाऐं होंगी।

Example 18. हाइड्रोजन परमाणु की पहली तथा दूसरी कक्ष के लिये गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा ज्ञात करो यदि पहले कक्ष की स्थितिज ऊर्जा शून्य लें।

Solution : $E_1 = -13.60$ eV $\quad K_1 = -E_1 = 13.60$ eV $\quad U_1 = 2E_1 = -27.20$ eV

$E_2 = \frac{E_1}{(2)^2} = -3.40$ eV $\quad K_2 = 3.40$ eV $\quad$ और $\quad U_2 = -6.80$ eV

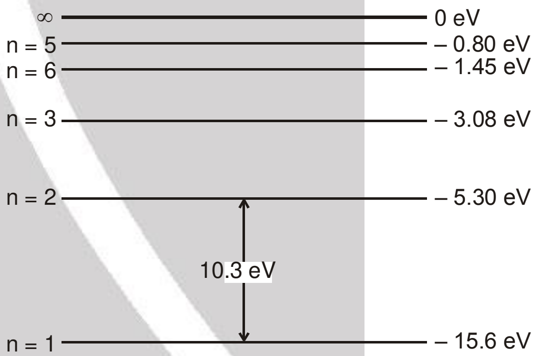
अब $U_1 = 0$, अर्थात स्थितिज ऊर्जा 27.20 eV से बढ़ जाती है, जबकि गतिज ऊर्जा समान रहेगी। इसलिये पहले कक्ष के लिये गतिज ऊर्जा समान रहेगी। इसलिये पहले कक्ष के लिये गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा का मान क्रमशः 13.60 eV, 0, 13.60eV और दूसरे कक्ष के लिए 3.40 eV, 20.40 eV और 23.80 eV

Example 19. लिथियम परमाणु में तीन इलेक्ट्रॉन है परमाणु को निम्न प्रकार से मानें। दो इलेक्ट्रॉन नाभिक के पास वृत्तीय क्षेत्र बनाते हैं तथा तीसरा इसके बाहर वृत्तीय कक्ष में गति करता है। तीसरे इलेक्ट्रॉन के लिये बोहर मॉडल का उपयोग कर सकते हैं, परन्तु इसके लिए n = 1 अवस्था उपलब्ध नहीं है। उपरोक्त आधार पर लिथियम की मूल अवस्था में आयनन ऊर्जा ज्ञात करो।

Solution : इस प्रकार तीसरा इलेक्ट्रॉन कुल आवेश + 3e – 2e = + e. के क्षेत्र में घूमता है। अतः ऊर्जा हाइड्रोजन परमाणु के समान होगी:

$E_2 = \frac{E_1}{4} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{4} = -3.4$ eV अतः, इस परमाणु की आयनन ऊर्जा 3.4 eV है।

Example 20. एक काल्पनिक एकल इलेक्ट्रॉन परमाणु के ऊर्जा स्तर चित्र में दर्शाये है :



(a) इस परमाणु का आयनन विभव ज्ञात करो

(b) n = 2 पर खत्म होने वाली श्रेणी की न्यूनतम तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो।

(c) n = 3 अवस्था के लिये उत्तेजन विभव ज्ञात करो

(d) n = 3 से n = 1 स्थानान्तरण के उत्सर्जित फोटोन की तरंग संख्या ज्ञात करो।

(e) परमाणु के साथ अन्तः क्रिया के बाद, जब यह परमाणु मूल अवस्था में हो, इलेक्ट्रॉन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा क्या होगी, यदि प्रारम्भ में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा निम्न है-

(i) 6 eV $\quad$ (ii) 11 eV

Solution : (a) आयनन विभव = 15.6 V

(b) $\lambda_{min} = \frac{12400}{5.3} = 2340$ Å

(c) $\Delta E_{31} = -3.08 - (-15.6) = 12.52$ eV

इसलिए, n = 3 अवस्था के लिए उत्तेजन विभव 12.52 वोल्ट है।

(d) $\frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{\Delta E_{31}}{12400}$ $\quad$ Å^{-1} = $\frac{12.52}{12400}$ Å^{-1} $\approx 1.01 \times 10^7$ m^{-1}

(e) (i) $E_2 - E_1 = 10.3$ eV > 6 eV.

अतः इलेक्ट्रॉन परमाणु को उत्तेजित नहीं कर सकता। इसलिए, $K_{min} = 6$ eV.

(ii) $E_2 - E_1 = 10.3$ eV < 11 eV.

अतः इलेक्ट्रॉन परमाणु को उत्तेजित कर सकता। इसलिए, $K_{min} = (11 - 10.3) = 0.7$ eV.

Example 21. एक m द्रव्यमान का कण इस प्रकार गति करता है कि इसकी स्थितिज ऊर्जा $U = ar^2$ है, जहाँ a एक नियतांक है तथा r कण की मूल बिन्दू से दूरी। बोहर मॉडल के कोणीय संवेग का क्वान्टीकरण तथा वृत्तीय कक्ष मानें। परिमत nवी कक्ष की त्रिज्या ज्ञात करो।

Solution : r दूरी पर बल, $F = -\frac{dU}{dr} = -2ar$

माना nवे कक्ष की त्रिज्या r है। उपरोक्त बल द्वारा आवश्यक अभिकेन्द्रीय बल प्रदान किया जाता है। अतः

$$\frac{mv^2}{r} = 2ar \qquad .....(i)$$

कोणीय संवेग के क्वान्टीकरण से

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \qquad .....(ii)$$

समीकरण (i) और (ii) को हल करने पर $r = \left(\frac{n^2h^2}{8am\pi^2}\right)^{1/4}$ **Ans.**

Example 22. एक काल्पनिक कण का आवेश इलेक्ट्रॉन के बराबर तथा द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन का 100 गुना है। यह + 4e आवेश वाले नाभिक के चारों ओर वृत्तीय कक्ष में घूमता है। नाभिक का द्रव्यमान अनन्त मानें। निकाय के लिये बोहर मॉडल का उपयोग कर सकते हैं।

(a) nवे कक्ष की त्रिज्या का व्यंजक व्युत्पन्न करो।

(b) जब कण चौथे कक्ष से दूसरे कक्ष में कूदता है तो उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो।

Solution : (a) $$\frac{m_pv^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{ze^2}{r_n^2} \qquad .....(i)$$

कोणीय संवेग के क्वान्टीकरण से

$$m_p v r_n = \frac{nh}{2\pi} \qquad .....(ii)$$

समीकरण (i) और (ii) को हल करने पर

$$r = \frac{n^2h^2\varepsilon_0}{z\pi m_p e^2}$$

मान रखने पर $m_p = 100\ m$

जहां m = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान और z = 4

हमें प्राप्त होता है, $r_n = \frac{n^2h^2\varepsilon_0}{400\pi me^2}$ **Ans.**

(b) हम जानते है कि,

हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था में ऊर्जा = – 13.60 eV और $E_n \propto \left(\frac{z^2}{n^2}\right)m$

दिए गए कण के लिए, $E_4 = \frac{(-13.60)(4)^2}{(4)^2} \times 100 = -1360$ eV

और $E_2 = \frac{(-13.60)(4)^2}{(2)^2} \times 100 = -5440$ eV

$\Delta E = E_4 - E_2 = 4080$ eV

$\therefore\ \lambda$ (Å में) $= \frac{12400}{4080} = 3.0$ Å **Ans.**

Example 23. एक कण μ-मेसॉन पर आवेश इलेक्ट्रॉन के समान है तथा द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन का 208 गुना है। यह +3e आवेश के नाभिक के चारों ओर वृत्तीय कक्ष में गति करता है। नाभिक का द्रव्यमान अनन्त लें। निकाय के लिये बोहर मॉडल का उपयोग कर सकते हैं। (a)nवी बोहर कक्ष की त्रिज्या का सूत्र व्युत्पन्न करें। (b) n का वह मान ज्ञात करें जिसके लिये कक्ष की त्रिज्या हाइड्रोजन परमाणु के पहले कक्ष की त्रिज्या के समान है। (c) जब μ–मेसॉन तीसरे कक्ष से पहले कक्ष में कूदता है तो उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्ध्य

Solution : (a) $\frac{mv^2}{r} = \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

या, $v^2 r == \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 m}$ ...(i)

क्वान्टीकरण का नियम है $vr = \frac{nh}{2\pi m}$

त्रिज्या $r = \frac{(vr)^2}{v^2 r} = \frac{4\pi\varepsilon_0 m}{Ze^2}$

$= \frac{n^2 h^2 \varepsilon_0}{Z\pi m e^2}$ ....(ii)

दिए गए निकाय के लिए, Z = 3 और m = 208 m_e. अतः $r_\mu = \frac{n^2 h^2 \varepsilon_0}{624\pi m_e e^2}$

(b) (ii) से हाइड्रोजन परमाणु के लिए पहले बोहर कक्ष की त्रिज्या $r_h = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m_e e^2}$

$r_\mu = r_h$, के लिए $\frac{n^2 h^2 \varepsilon_0}{624\pi m_e e^2} = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m_e e^2}$

या, $n^2 = 624$

या, $n = 25$

(c) (i) से परमाणु की गतिज ऊर्जा $\frac{mv^2}{2} = \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$

और स्थितिज ऊर्जा $-\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$ कुल ऊर्जा $E_n = \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$

(ii) उपयोग करने पर, $E_n = -\frac{Z^2\pi m e^4}{8\pi\varepsilon_0^2 n^2 h^2} = -\frac{9\times 208 m_e{}^4}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2} = \frac{1872}{n^2}\left(-\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 \ h^2}\right)$

परन्तु $\left(-\frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 \ h^2}\right)$ हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था की ऊर्जा है तथा यह – 13.6 eV के बराबर है।

(iii) से $E_n = -\frac{1872}{n^2} \times 13.6\ \text{eV} = \frac{-25459.2\,\text{eV}}{n^2}$

अतः, $E_1 = -25459.2$ eV और $E_3 = \frac{E_1}{9} = -2828.8$ eV।

ऊर्जा अन्तर $E_3 - E_1 = 22630.4$eV है।

उत्सर्जित तरंगदैर्ध्य $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240\,\text{eV}-\text{nm}}{22630.4\,\text{eV}} = 55$ pm.

Example 24. हाइड्रोजन परमाणु की तरह गैस 68 eV वाले विकिरण अवशोषित कर सकती है। परिणामस्वरूप परमाणु तीन विभिन्न तरंगदैर्ध्य वाली विकिरण उत्सर्जित करता है। सभी तरंगदैर्ध्य अवशोषित फोटोन के समान या छोटी है।

(a) गैस परमाणु की प्रारम्भिक अवस्था ज्ञात करो।

(b) गैस परमाणु को पहचानिये।

(c) उत्सर्जित विकिरण की न्यूनतम तरंगदैर्ध्य बताइये।

(d) आयनन ऊर्जा ज्ञात करो तथा गैस परमाणु के लिये संगत तरंगदैर्ध्य बताइये।

Solution : (a) $\frac{n(n-1)}{2} = 3 \qquad \therefore \qquad n = 3$

परमाणु उत्तेजन के बाद दूसरी उत्तेजित अवस्था में कूदता है।

इसलिए $n_f = 3$ अतः n_i 1 या 2 हो सकता है।

यदि $n_i = 1$ है तो उत्सर्जित ऊर्जा अवशोषित ऊर्जा के या तो बराबर या ज्यादा होगी।

इसलिए उत्सर्जित तरंगदैर्ध्य अवशोषित तरंगदैर्ध्य के या तो बराबर या कम होगी।

अतः $n_i \neq 1$.

यदि $n_i = 2$, तो $E_e \geq E_a$. इसलिए $\lambda_e \leq \lambda_0$

(b) $E_3 - E_2 = 68$ eV

$\therefore \quad (13.6)(Z^2)\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{9}\right) = 68$

$\therefore \quad Z = 6$

(c) $\lambda_{min} = \frac{12400}{E_3 - E_1} = \frac{12400}{(13.6)(6)^2\left(1-\frac{1}{9}\right)} = \frac{12400}{435.2} = 28.49$ **Ans.**

(d) आयनन ऊर्जा = $(13.6)(6)^2 = 489.6$ eV **Ans.**

$\lambda = \frac{12400}{489.6} = 25.33$ Å **Ans.**

Example 25. एक इलेक्ट्रॉन नियत चुम्बकीय क्षेत्र B के प्रभाव में r त्रिज्या के वृत्तीय कक्ष में गति कर रहा है। इस इलेक्ट्रॉन के लिये बोहर मॉडल के कोणीय संवेग के क्वाण्टीकरण की अवधारणा सही मानते हुए ज्ञात करो -

(a) कक्ष की त्रिज्या 'r' का अनुमत मान (b) कक्ष में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा

(c) चुम्बकीय क्षेत्र B तथा कक्ष में घूम रहे इलेक्ट्रॉन के कारण कक्षीय धारा का चुम्बकीय आघूर्ण के मध्य अन्तः क्रिया की स्थितिज ऊर्जा

(d) अनुमत ऊर्जास्तरो की कुल ऊर्जा

Solution : (a) वृत्तीय पथ की त्रिज्या

$r = \frac{mv}{Be}$ ....(i)

$mvr = \frac{nh}{2\pi}$ ....(ii)

इन दोंनो समीकरणों को हल करने पर

$r = \sqrt{\frac{nh}{2\pi Be}}$ और $v = \sqrt{\frac{nhBe}{2\pi m^2}}$

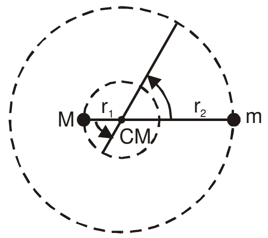
(b) $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{nhBe}{4\pi m}$ **Ans.**

(c) $M = iA = \left(\frac{e}{T}\right)(\pi r^2) = \frac{evr}{2} = \frac{e}{2}\sqrt{\frac{nh}{2\pi Be}}\sqrt{\frac{nhBe}{2\pi m^2}} = \frac{nhe}{4\pi m}$

अब स्थितिज ऊर्जा $U = -\mathbf{M}\cdot\mathbf{B} = \frac{nheB}{4\pi m}$

(d) $E = U + K = \frac{nheB}{2\pi m}$

11. नाभिक की गति का परमाणु की ऊर्जा पर प्रभाव



माना कि नाभिक द्रव्यमान M, तथा आवेश Ze दोनो और इलेक्ट्रॉन द्रव्यमान m, और आवेश e दोनों इसके द्रव्यमान केन्द्र के चारों ओर समान कोणीय वेग परन्तु विभिन्न रेखीय चाल से गति करते हैं। माना नाभिक व इलेक्ट्रॉन की द्रव्यमान केन्द्र से दूरी r_1 व r_2 है। इनका कोणीय वेग समान होना चाहिये, इसलिये किसी ऊर्जा स्तर में इनके मध्य दूरी अपरिवर्तित रहेगी।

माना इलेक्ट्रॉन तथा नाभिक के बीच दूरी r है तो

$$Mr_1 = mr_2$$

$$r_1 + r_2 = r$$

$$\therefore \quad r_1 = \frac{mr}{M+m} \text{ और } r_2 = \frac{Mr}{M+m}$$

स्थिर वैद्युत बल इलेक्ट्रॉन को अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है। इसलिए

$$mr_2\omega^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Ze^2}{r^2}$$

या $$m\left(\frac{Mr}{M+m}\right)\omega^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Ze^2}{r^2}$$

या $$\left(\frac{Mm}{M+m}\right)r^3\omega^2 = \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0} \quad \text{या} \quad \mu r^3\omega^2 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}$$

जहाँ $\frac{Mm}{M+m} = \mu$

द्रव्यमान केन्द्र के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण, $I = Mr_1^2 + mr_2^2 = \left(\frac{Mm}{M+m}\right)r^2 = \mu r^2$

बोहर सिद्धान्त के अनुसार, $\frac{nh}{2\pi} = I\,\omega$ या $\mu r^2\omega = \frac{nh}{2\pi}$

उपरोक्त समीकरण को हल करने पर

$$r = \frac{\varepsilon_0 n^2h^2}{\pi\mu e^2 Z} \text{ और } \mathbf{r = (0.529\ Å)}\ \frac{n^2}{Z}\cdot\frac{m}{\mu}$$

निकाय की वैद्युत स्थितिज ऊर्जा $U = \frac{-Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$, $U = \frac{-Z^2e^4\mu}{4\varepsilon_0^2n^2h^2}$

और गतिज ऊर्जा, $K = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\mu r^2\omega^2$ तथा $K = \frac{1}{2}\mu v^2$

v-नाभिक के सापेक्ष इलेक्ट्रॉन की चाल ($v = r\omega$)

यहां $\omega^2 = \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0\ \ \mu r^3}$ $\qquad \therefore \qquad K = \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r} = \frac{Z^2e^4\mu}{8\pi\varepsilon_0^2n^2h^2}$

$\therefore$ निकाय की कुल ऊर्जा $E_n = K + U$; $\qquad E_n = -\frac{\mu e^4}{8\varepsilon_0^2n^2h^2}$

इस व्यंजक को निम्न प्रकार भी लिख सकते है $\mathbf{E_n = -(13.6\ eV)}\ \frac{Z^2}{n^2}\cdot\left(\frac{\mu}{m}\right)$

प्रोटॉन की गति को माने बिना E_n का व्यंजक $E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2n^2h^2}$, है अर्थात् जब नाभिक की गति मानें तो m को μ से बदल दें।

Solved Example

Example 26. एक पोजिट्रॉनियम परमाणु निकाय में एक पोजीट्रॉन तथा एक इलेक्ट्रॉन एक दूसरे के चक्कर लगा रहे हैं। सामान्य हाइड्रोजन परमाणु के साथ पोजीट्रोनियम की स्पैक्ट्रम रेखा की तरंगदैर्ध्य की तुलना करें।

Solution : यहाँ दो समान द्रव्यमान के कण है। अतः इनका समानित द्रव्यमान $\mu = \frac{mM}{m+M} = \frac{m^2}{2m} = \frac{m}{2}$

यहां m इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान है हम जानते है कि $E_n \propto m$

$\therefore \frac{E'_n}{E_n} = \frac{\mu}{m} = \frac{1}{2}$ प्रत्येक स्तर की ऊर्जा आधी होगी। $\therefore$ इनका ऊर्जा अन्तर भी आधा होगा।

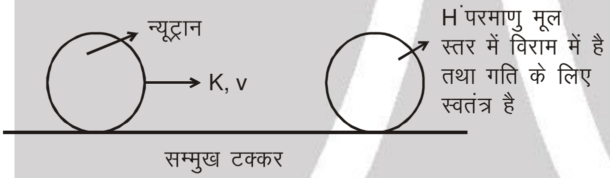
अतः $\lambda'_n = 2\lambda_n$

12. परमाणविक टक्कर

इन टक्करों में निकाय की गतिज ऊर्जा में हानि तभी मानेंगे जब परमाणु उत्तेजित या आयनित हो सके।

Solved Example

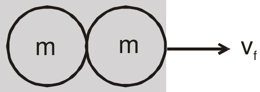
Example 27



टक्कर का प्रकार क्या होगा, यदि, K = 14eV, 20.4 eV, 22 eV, 24.18 eV

(प्रत्यास्थ/अप्रत्यास्थ/पूर्णतः अप्रत्यास्थ)

Solution : टक्कर के दौरान ऊर्जा (ΔE) में हानि परमाणु को उत्तेजित करेगी या इलेक्ट्रॉन को एक स्तर से दूसरे स्तर में। क्वान्टम यांत्रिकी के अनुसार हाइड्रोजन परमाणु के लिये



ΔE = {0, 10.2 eV, 12.09 eV, ..., 13.6 eV)

न्यूटन यांत्रिकी के अनुसार

न्यूनतम हानि = 0. (प्रत्यास्थ टक्कर)

अधिकतम हानि के लिये टक्कर पूर्णतः अप्रत्यास्थ होगी

यदि न्यूट्रॉन पूर्णतः अप्रत्यास्थ टकराता है, तो, संवेग संरक्षण लगाने पर

$mv_0 = 2mv_f$

$v_f = \frac{v_0}{2}$

अन्तिम $K.E. = \frac{1}{2} \times 2m \times \frac{v_0^2}{4} = \frac{\frac{1}{2}mv_0^2}{2} = \frac{K}{2}$

अधिकतम हानि $= \frac{K}{2}$

चिरसम्मत यांत्रिक के अनुसार $(\Delta E) = [0, \frac{K}{2}]$

(a) यदि K = 14 eV, क्वान्टम यांत्रिकी के अनुसार

(ΔE) = {0, 10.2eV, 12.09 eV}

चिरसम्मत यांत्रिकी के अनुसार

ΔE = [0, 7 eV]

हानि = 0, अतः टक्कर प्रत्यास्थ है। कण की चाल बदल जायेगी।

(b) यदि K = 20.4 eV

चिरसम्मत यांत्रिकी के अनुसार

हानि = [0, 10.2 eV]

क्वान्टम यांत्रिकी के अनुसार

हानि = {0, 10.2eV, 12.09eV,.........}

हानि = 0 प्रत्यास्थ टक्कर

हानि = 10.2eV पूर्णतया अप्रत्यास्थ टक्कर

(c) यदि K = 22 eV

चिरसम्मत यांत्रिकी ΔE =[0, 11]

क्वान्टम यांत्रिकी ΔE = {0, 10.2eV, 12.09eV, ...}

हानि = 0 प्रत्यास्थ टक्कर

हानि = 10.2 eV अप्रत्यास्थ टक्कर

(d) यदि K = 24.18 eV

चिरसम्मत यांत्रिकी के अनुसार ΔE =[0, 12.09eV]

क्वान्टम यांत्रिकी के अनुसार ΔE = {0, 10.2eV, 12.09eV, ... 13.6eV}

हानि = 0 प्रत्यास्थ टक्कर

हानि = 10.2 eV अप्रत्यास्थ टक्कर

हानि = 12.09 eV पूर्णतया अप्रत्यास्थ टक्कर

Example 28 एक He^+ आयन विराम अवस्था में तथा मूल अवस्था में है। एक न्यूट्रॉन जिसकी गतिज ऊर्जा K है, He^+ से सम्मुख टकराता है। K का न्यूनतम मान ज्ञात करो ताकि दोनों कणों के बीच टक्कर अप्रत्यास्थ हो।

Solution : यहाँ टक्कर के दौरान ऊर्जा हानि केवल परमाणु या इलेक्ट्रॉन को उत्तेजित करने के काम आती है।

क्वान्टम यांत्रिकि के अनुसार

हानि = {0, 40.8eV, 48.3eV, ..., 54.4eV} ....(1)

$E_n = -13.6\ \frac{Z^2}{n^2}$ eV

न्यूटन यांत्रिकी के अनुसार

न्यूनतम हानि = 0

अधिकतम हानि पूर्ण अप्रत्यास्थ टक्कर में होगी।

माना न्यूट्रॉन की प्रारम्भिक चाल v_0 तथा अन्तिम उभयनिष्ठ चाल v_f है।

संवेग संरक्षण के द्वारा $mv_0 = mv_f + 4mv_f \qquad v_f = \frac{v_0}{5}$

जहाँ m = न्यूट्रॉन का द्रव्यमान

$\therefore$ He^+ आयन का द्रव्यमान = 4m

अतः निकाय की अन्तिम गतिज ऊर्जा K.E. = $\frac{1}{2}m\,v_f^2 + \frac{1}{2}4m\,v_f^2 = \frac{1}{2}.(5m).\frac{v_0^2}{25} = \frac{1}{5}.(\frac{1}{2}mv_0^2) = \frac{K}{5}$

अधिकतम हानि = $K - \frac{K}{5} = \frac{4K}{5}$

अतः हानि होगी $\left[0,\ \frac{4K}{5}\right]$ ....(2)

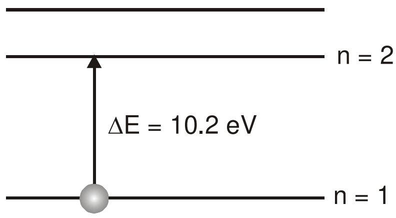
अप्रत्यास्थ टक्कर के लिये सेट (1) व (2) में कम से कम एक उभयनिष्ठ मान होना चाहिये।

$\therefore \frac{4K}{5} > 40.8$ eV ; K > 51 eV

K का न्यूनतम मान = 51 eV.

Example 29. गतिशील हाइड्रोजन परमाणु अन्य स्थिर हाइड्रोजन परमाणु से सम्मुख टक्कर करता है, टक्कर से पहले दोनों परमाणु मूल अवस्था में है तथा टक्कर के बाद दोनों साथ चलते हैं। गतिशील हाइड्रोजन परमाणु की न्यूनतम गतिज ऊर्जा ज्ञात करो, जिससे दोनों में से एक परमाणु उत्तेजन अवस्था में पहुँचे।

Solution : गतिशील हाइड्रोजन परमाणु की गतिज ऊर्जा K है और संयुक्त द्रव्यमान की टक्कर के बाद में गतिज ऊर्जा K' है।



रेखीय संवेग संरक्षण से

$p = p'$ या $\sqrt{2Km} = \sqrt{2K'(2m)}$

या $K = 2K'$ ....(i)

ऊर्जा संरक्षण से , $K = K' + \Delta E$ ....(ii)

समीकरण (i) और (ii), को हल करने पर $\Delta E = \frac{K}{2}$

हाइड्रोजन परमाणु के लिए ΔE का न्यूनतम मान 10.2 eV है

या $\Delta E \geq 10.2$ eV

$\therefore \frac{K}{2} \geq 10.2 \qquad \therefore \qquad K \geq 20.4$ eV

इसलिए गतिशील हाइड्रोजन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा 20.4 eV है। **Ans.**

Example 30. एक v चाल से गतिशील न्यूट्रॉन मूल अवस्था वाले विरामावस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु से सम्मुख टकराता है। न्यूट्रॉन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा ज्ञात करो जिससे अप्रत्यास्थ (पूर्णतः या आंशिक) टक्कर हो सके। न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = हाइड्रोजन का द्रव्यमान $= 1.67 \times 10^{-27}$ kg है।

Solution : माना न्यूट्रॉन तथा हाइड्रोजन परमाणु की टक्कर के बाद चाल v_1 और v_2 है। टक्कर अप्रत्यास्थ होगी, यदि गतिज ऊर्जा का एक भाग परमाणु को उत्तेजित करे। माना ΔE ऊर्जा का इस काम में उपयोग होता है।

$mv = mv_1 + mv_2$ ....(i)

और $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + \Delta E$ ....(ii)

(i) से, $v^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2$,

(ii) से, $v^2 = v_1^2 + v_2^2 + \frac{2\Delta E}{m}$

अतः, $2v_1v_2 = \frac{2\Delta E}{m}$ इसलिए , $(v_1 - v_2)^2 - 4v_1v_2 = v^2 - \frac{4\Delta E}{m}$

$v_1 - v_2$ वास्तविक होना चाहिए, $v^2 - \frac{4\Delta E}{m} \geq 0$ या $\frac{1}{2}mv^2 > 2\Delta E$

मूल अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु द्वारा अवशोषित न्यूनतम ऊर्जा जिससे यह उत्तेजित अवस्था में जा सके 10.2 eV है। अतः अप्रत्यास्थ टक्कर के लिये न्यूट्रॉन की आवश्यक न्यूनतम गतिज ऊर्जा

$$\frac{1}{2}mv_{min}^2 = 2 \times 10.2\text{eV} = 20.4\text{eV}$$

Example 31. न्यूट्रॉन की ड्यूटीरियम के नाभिक के साथ कितनी सम्मुख प्रत्यास्थ टक्कर होगी यदि इसकी ऊर्जा 1 MeV से घटकर 0.025 eV हो जाये।

Solution : माना न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = m और ड्यूटीरियम का द्रव्यमान = 2m

न्यूट्रॉन की प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा = K_0

माना पहली टक्कर के बाद न्यूट्रॉन और ड्यूटीरियम की गतिज ऊर्जा K_1 और K_2 है।

गति के अनुदिश रेखीय संवेग संरक्षण का उपयोग करने पर

$$\sqrt{2mK_0} = \sqrt{2mK_1} + \sqrt{4mK_2}$$

दूर जाने का वेग = पास आने का वेग

$$\frac{\sqrt{4mK_2}}{2m} - \frac{\sqrt{2mK_1}}{m} = \frac{\sqrt{2mK_0}}{m}$$

समीकरण (i) और (ii) को हल करने पर

$$K_1 = \frac{K_0}{9}$$

पहली टक्कर के बाद गतिज ऊर्जा में हानि

$$\Delta K_1 = K_0 - K_1$$

$$\Delta K_1 = \frac{8}{9} K_0 \qquad .... (1)$$

दूसरी टक्कर के बाद

$$\Delta K_2 = \frac{8}{9} K_1 = \frac{8}{9} \cdot \frac{K_0}{9}$$

$\therefore$ कुल ऊर्जा हानि $\Delta K = \Delta K_1 + \Delta K_2 + ... + \Delta K_n$

$$\Delta K = \frac{K_0}{9} K_0 + \frac{8}{9^2} K_0 + ... + \frac{8}{9^n} K_0$$

$$\Delta K = \frac{8}{9} K_0 \left(1 + \frac{1}{9} + ... + \frac{1}{9^{n-1}}\right)$$

$$\frac{\Delta K}{K_0} = \frac{8}{9}\left[\frac{1 - \frac{1}{9^n}}{1 - \frac{1}{9}}\right] = 1 - \frac{1}{9^n}$$

यहाँ, $K_0 = 10^6$ eV, $\qquad \Delta K = (10^6 - 0.025)$ eV

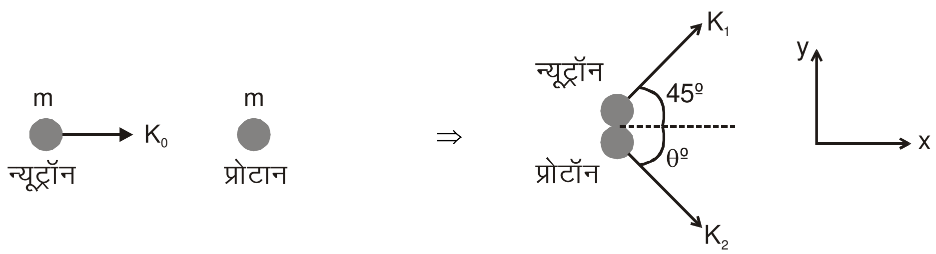
$$\therefore \quad \frac{1}{9^n} = \frac{K_0 - \Delta K}{K_0} = \frac{0.025}{10^6} \quad \text{या} \quad 9^n = 4 \times 10^7$$

दोनों तरफ का log लेकर हल करने पर,

$n = 8$

Example 32. एक 4.6 MeV ऊर्जा वाला न्यूट्रॉन प्रोटॉन से टकराता है तथा मंदित होता है। मानिये प्रत्येक टक्कर के बाद न्यूट्रॉन 45º से विक्षेपित हो जाता है, कितनी टक्कर के बाद इसकी ऊर्जा घटकर 0.23 eV हो जायेगी।

Solution : न्यूट्रॉन का द्रव्यमान प्रोटॉन का द्रव्यमान = m



y-दिशा में संवेग संरक्षण से

$$\sqrt{2mK_1} \sin 45º = \sqrt{2mK_2} \sin\theta \qquad ....(i)$$

x-दिशा में $\sqrt{2mK_0} - \sqrt{2mK_1} \cos 45º = \sqrt{2mK_2} \cos\theta \qquad ....(ii)$

समीकरण (i) और (ii) को वर्ग करके जोड़ने पर,

$$K_2 = K_1 + K_0 - \sqrt{2K_0K_1} \quad ....(iii)$$

ऊर्जा संरक्षण से

$$K_2 = K_0 - K_1 \quad ....(iv)$$

समीकरण (iii) और (iv), को हल करने पर

$$K_1 = \frac{K_0}{2}$$

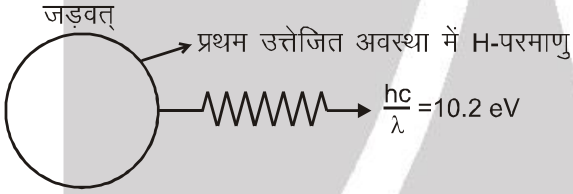
प्रत्येक टक्कर के बाद ऊर्जा आधी रह जाती हैं इसलिए n टक्कर के बाद, $K_n = K_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$

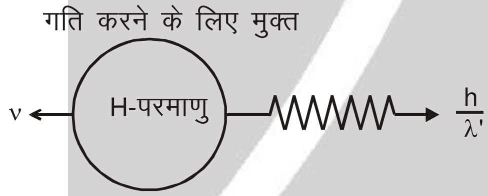
$$\therefore \quad 0.23 = (4.6 \times 10^6)\left(\frac{1}{2}\right)^n \qquad 2^n = \frac{4.6 \times 10^6}{0.23}$$

log लेकर हल करने पर, $n \approx 24$ **Ans.**

12.1 फोटान के निकलने से परमाणु के पीछे हटने की चाल की गणना :

फोटॉन का संवेग = $mc = h/\lambda$

(a) 

(b) 

m - परमाणु का द्रव्यमान

संवेग संरक्षण के अनुसार

$$mv = \frac{h}{\lambda'} \quad .... (i)$$

ऊर्जा संरक्षण के अनुसार

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{hc}{\lambda'} = 10.2 \text{ eV}$$

क्योंकि परमाणु का द्रव्यमान फोटॉन से काफी अधिक है

इसलिए $\frac{1}{2}mv^2$ को नगण्य ले सकते हैं।

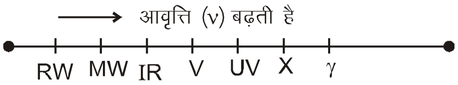
$$\frac{hc}{\lambda'} = 10.2 \text{ eV} \qquad \frac{h}{\lambda} = \frac{10.2}{c}\text{eV}$$

$$mv = \frac{10.2}{c}\text{eV} \qquad v = \frac{10.2}{cm}$$

परमाणु के पीछे हटने की चाल = $\frac{10.2}{cm}$

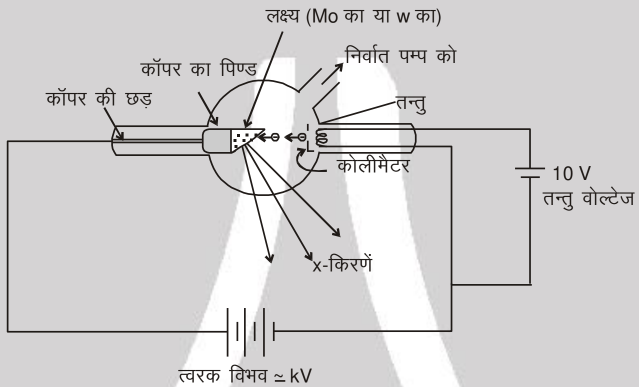
13. X-किरणें

इनको **रोन्टगन** ने खोजा था। x-किरण की तरंगदैर्ध्य 0.1 Å से 10 Å के मध्य पायी जाती है। यह किरणें आँखों से दिखायी नहीं देती। यह विद्युत चुम्बकीय तरंगें है तथा इनकी चाल $c = 3 \times 10^8$ m/s होती है। इनके फोटॉन की ऊर्जा दृश्य प्रकाश के फोटॉन की ऊर्जा से 1000 गुना ज्यादा होती है।



जब keV कोटि की ऊर्जा का तेज गति से चलता हुआ इलेक्ट्रॉन धातु से टकराता है तो x-किरण उत्पन्न होती है।

13.1 कूलिज नलिका द्वारा x-किरणों का उत्पादन :



लक्ष्य की विशिष्ट ऊष्मा धारिता, गलनांक तथा परमाणु क्रमांक उच्च होना चाहिये। जब तंतु पर विभवान्तर आरोपित करते हैं तो तंतु गर्म होकर इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है। पुंज को संकीर्णीत करने के लिये कोलीमेटर का उपयोग करते हैं, जब इलेक्ट्रॉन लक्ष्य पर टकराते हैं तो x-किरण उत्पन्न होती है।

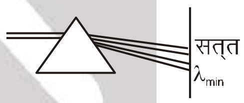
जब इलेक्ट्रॉन लक्ष्य से टकराते हैं तो इसकी ऊर्जा का कुछ भाग ऊष्मा में परिवर्तित होता है, क्योंकि लक्ष्य में ऊष्मा अवशोषण नहीं होना चाहिये तथा धातु पिघलना नहीं चाहिये, इसलिये इसका गलनांक बिन्दु तथा विशिष्ट ऊष्मा उच्च होती है।

यहाँ तांबे की छड़ जुड़ी होती है, ताकि उत्पन्न ऊष्मा पीछे जा सके और यह ऊष्मा अवशोषित कर सकें तथा लक्ष्य अत्यधिक गर्म नहीं होने पाये।

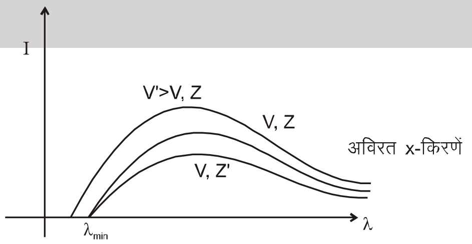
अधिक ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन के लिए, त्वरित वोल्टेज अधिक हो।

अधिक संख्या में फोटॉन के लिए तंतु पर आरोपित विभव अधिक होगा।

x-किरण का अध्ययन उनके स्पैक्ट्रम को लेकर किया गया



13.2 x-किरणों की तीव्रता का λ के साथ परिवर्तन, चित्र में दर्शाया गया है :



13.2.1 अधिकतम ऊर्जा वाली x-किरण के संगत तरंगदैर्ध्य न्यूनतम होती है जो कि टकराने वाले इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा के बराबर होती है अतः $eV = h\nu_{max} = \dfrac{hc}{\lambda_{min}}$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV} = \frac{12400}{V_{(\text{वोल्ट में})}} \text{ Å}.$$

हम देखते हैं कि अन्तःक तरंगदैर्ध्य λ_{min} केवल लक्ष्य तथा तंतु के मध्य आरोपित विभव पर निर्भर करती है। यह लक्ष्य के धातु पर निर्भर नहीं करती। दो विभिन्न धातु के लिये यह समान होती है। (Z व Z')

Solved Examples

Example 33. एक X-किरण नलिका 20 kV पर कार्य करती है। एक निश्चित इलेक्ट्रॉन गतिज ऊर्जा में 5% हानि करके पहली टक्कर में एक X-किरण फोटॉन उत्सर्जित करता है। संगत फोटॉन की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो।

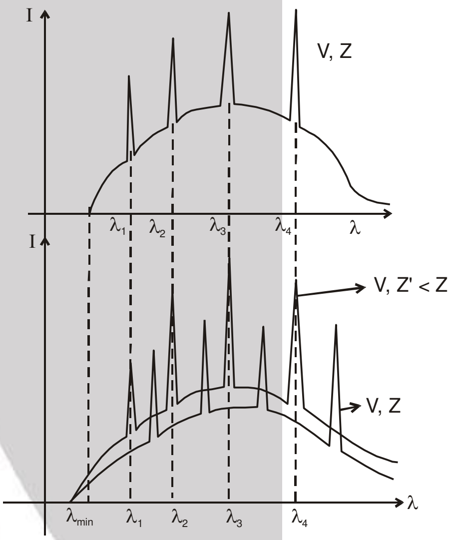
Solution : इलेक्ट्रॉन द्वारा प्राप्त की गई गतिज ऊर्जा $K = eV = 20 \times 10^3$ eV.

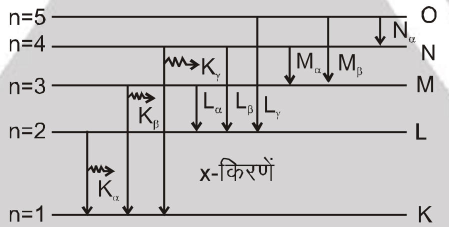
फोटॉन की ऊर्जा = $0.05 \times 20 = 10^3$ eV

अतः, $\frac{h\nu}{\lambda} = 10^3 eV = \frac{(4.14 \times 10^{-15} eV - s) \times (3 \times 10^8 m/s)}{10^3 eV} = \frac{1242 eV - nm}{10^3 eV} = 1.24 nm$

13.2.2 अभिलाक्षणिक X-किरण

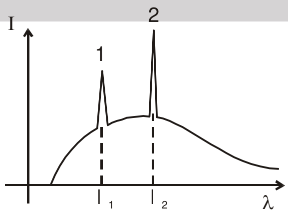
ग्राफ में प्राप्त तीव्र चोटियों को अभिलाक्षणिक x-किरण कहते हैं, क्योंकि यह लक्ष्य के धातु की प्रकृति है। $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$, ... = Z परमाणु क्रमांक वाले धातु की अभिलाक्षणिक तरंगदैर्ध्य है और अभिलाक्षणिक **x-किरण** कहलाती है तथा प्राप्त स्पैक्ट्रम अभिलाक्षणिक स्पैक्ट्रम कहलाता है। यदि Z' परमाणु क्रमांक वाले लक्ष्य का उपयोग करते हैं तो चोटीयां बदल जाती है। जब एक ऊर्जा वाला इलेक्ट्रॉन लक्ष्य से टकराता है तथा अन्दर वाले कक्ष से इलेक्ट्रॉन हटाता है, जिससे कक्ष में रिक्त स्थान उत्पन्न होता है तथा यह उच्च ऊर्जा स्तर वाले इलेक्ट्रॉन से भरा जाता है तो अभिलाक्षणिक x-किरण उत्सर्जित होती है। माना कि K-कक्ष में उपस्थित रिक्त स्थान को अगले उच्च ऊर्जा स्तर L-कक्ष वाले इलेक्ट्रॉन से भरते है तो K_α अभिलाक्षणिक x-किरण प्राप्त होती है. यदि रिक्त स्थान M-कक्ष वाले इलेक्ट्रॉन से भरता है तो K_β रेखा मिलती है। इसी तरह L_α, L_β,.....M_α, M_β रेखाऐं उत्पन्न की जाती है।





Solved Examples

Example 34. ज्ञात करो कौनसी K_α और K_β है।



Solution : $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$, $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$

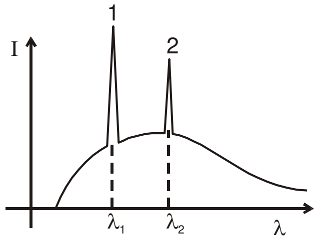
क्योंकि K_α के लिए ऊर्जा अन्तर K_β से कम है।

$\Delta E_{k\alpha} < \Delta E_{k\beta}$

$\lambda_{k\beta} < \lambda_{k\alpha}$

1 K_β और 2 K_α है

Example 35.

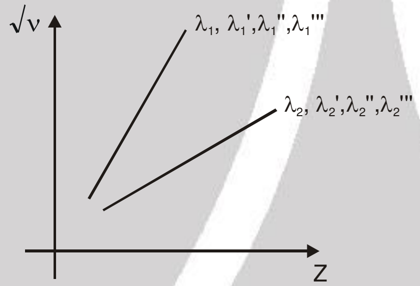


कौनसी K_α और L_α है ?

Solution : $\therefore \quad \Delta E_{K\alpha} > \Delta E_{L\alpha}$ 1 K_α है और 2, L_α

14. मोजले का नियम :

मोजले ने विभिन्न धातु के लिये अभिलाक्षणिक x-किरण की आवृत्ति ज्ञात की तथा आवृत्ति के वर्गमूल और आवर्त सारणी में धातु की स्थिति संख्या के मध्य ग्राफ खींचा। उसने पाया कि यह ग्राफ लगभग सीधी रेखा है तथा मूल बिन्दु से नहीं गुजरती।



Z_1	λ_1	λ_2
Z_2	λ_1'	λ_2'
Z_3	λ_1''	λ_2''
Z_4	λ_1'''	λ_2'''

मोजले के परीक्षण का गणितीय रूप निम्न है $\sqrt{\nu} = a(Z - b)$

एक तरह की x-किरण तथा सभी धातु के लिये (Z पर निर्भर नहीं) a तथा b धनात्मक नियतांक है।

मोजले के नियम को बोहर के परमाणु सिद्धान्त से व्युत्पन्न किया जाता है। x-किरणों की आवृति निम्न से दी जाती है।

$$\sqrt{\nu} = \sqrt{CR\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)} \,.\, (Z - b)$$ (एक से अधिक इलेक्ट्रॉन निकाय के लिए संशोधित सूत्र)

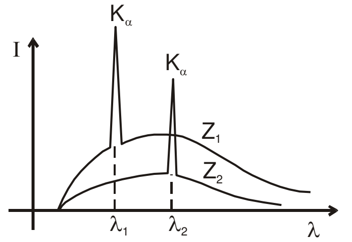
$b \rightarrow$ इसे स्क्रिनिंग नियतांक या शिल्डिंग प्रभाव कहते हैं तथा $(Z - b)$ प्रभावी नाभिकिय आवेश है।

K_α रेखा के लिए $n_1 = 1,\ n_2 = 2$ $\therefore \sqrt{\nu} = \sqrt{\frac{3RC}{4}}\ (Z - b)$

$\sqrt{\nu} = a(Z - b)$ यहाँ $a = \sqrt{\frac{3RC}{4}}$, [b = 1 K_α रेखा के लिए]

Solved Examples

Example 36.



Z_1 और Z_2 में से कौनसा बड़ा है ?

Solution : $\because \sqrt{\nu} \equiv \sqrt{cR\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)} \cdot (Z-b)$

यदि Z बड़ा है तो ν अधिक होगा। λ कम होगा।

$\therefore \quad \lambda_1 < \lambda_2$

$\therefore \quad Z_1 > Z_2$.

Example 37. एक कोबाल्ट के लक्ष्य पर इलेक्ट्रॉन से बमबारी की जाती है और इसके अभिलाक्षिणक स्पेक्ट्रम की तरंगदैर्ध्य मापी जाती है। लक्ष्य में अशुद्धता के कारण दूसरा हल्का अभिलाक्षिणक स्पेक्ट्रम भी पाया जाता है। K_α रेखा की तरंगदैर्ध्य 178.9 pm (कोबाल्ट) और 143.5 pm (अशुद्धता) है। अशुद्धता क्या है ?

Solution : मौजले के नियम का उपयोग करने पर तथा ν के लिए c/λ रखने पर (और b = 1 मानें)

$\sqrt{\frac{c}{\lambda_{c_0}}} = aZ_{c_0} - a$ और $\sqrt{\frac{c}{\lambda_x}} = aZ_x - a$

भाग देने पर

$$\sqrt{\frac{\lambda_{c_0}}{\lambda_x}} = \frac{Z_x - 1}{Z_{c_0} - 1}$$

मान रखने पर $\sqrt{\frac{178.9 \text{ pm}}{143.5 \text{ pm}}} = . \frac{Z_x - 1}{27 - 1}$

अज्ञात के लिए हल करने पर हमें Z_x = 30.0; मिलता है। अशुद्धता जस्ता है।

Example 38. निम्न मान से मौजले समीकरण $\sqrt{v} = a(Z-b)$ में a तथा b नियतांक ज्ञात करो।

तत्व	Z	K_α X-किरण की तरंगदैर्ध्य
M_0	42	71 pm
C_0	27	178.5 pm

Solution : मौजले समीकरण

$$\sqrt{v} = a(Z-b)$$

अतः, $\sqrt{\frac{c}{\lambda_1}} = a(Z_1 - b)$ ....(i)

और $\sqrt{\frac{c}{\lambda_2}} = a(Z_2 - b)$ ....(ii)

(i) व (ii) से $\sqrt{c}\left(\frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} - \frac{1}{\sqrt{\lambda_2}}\right) = a(Z_1 - Z_2)$

या, $a = \frac{\sqrt{c}}{(Z_1 - Z_2)}\left(\frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} - \frac{1}{\sqrt{\lambda_2}}\right)$

$= \frac{(3\times10^8 m/s)^{1/2}}{42-27}\left[\frac{1}{(71\times10^{-12}m)^{1/2}} - \frac{1}{(178.5\times10^{-12}m)^{1/2}}\right] = 5.0 \times 10^7 (Hz)^{1/2}$

(i) को (ii) से भाग देने पर,

$$\sqrt{\frac{\lambda_2}{\lambda_1}} = \frac{Z_1 - b}{Z_2 - b}$$

या, $\sqrt{\frac{178.5}{71}} = \frac{42-b}{27-b}$

या, b = 1.37

Solved Miscellaneous Problems

Problem 1. 12.0 MeV फोटॉन का संवेग ज्ञात करिये।

Solution : $p = \frac{E}{c} = 12$ MeV/c.

Problem 2. 3000 Å तरंगदैर्ध्य का एक वर्णीय प्रकाश 4 cm^2 क्षेत्र पर लम्बवत् आपतित होता है। यदि प्रकाश तीव्रता 15×10^{-2} W/m^2 है तो पृष्ठ क्षेत्र पर फोटॉन टकराने की दर ज्ञात करिये।

Solution : फोटॉन के टकराने की दर $= \frac{IA}{hc/\lambda} = \frac{6 \times 10^{-5}\ J/s}{6.63 \times 10^{-19}\ J/photon} = 9.05 \times 10^{13}$ photon/s.

Problem 3. फोटो इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा 4.0×10^{-19} J तक की परास में है, जब 3000 Å तरंगदैर्ध्य का प्रकाश पृष्ठ पर आपतित होता हैं इस प्रकाश के लिए निरोधी विभव ज्ञात करिये।

Solution : $K_{max} = 4.0 \times 10^{-19}\ J \times \frac{1eV}{1.6 \times 10^{-19} J} = 2.5$ eV.

तब $eV_s = K_{max}$ से $V_s = 2.5$ V.

Problem 4. उपर्युक्त प्रश्न में पदार्थ की देहली तरंगदैर्ध्य क्या होगी।

Solution : $2.5\ eV = \frac{12.4 \times 10^3\ eV.Å}{3000\ Å} - \frac{12.4 \times 10^3\ eV.Å}{\lambda_{th}}$

हल करने पर $\lambda_{th} = 7590$ Å.

Problem 5. 0.01 kg द्रव्यमान के कण जिसका वेग 10 m/s है, की डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य ज्ञात करिये।

Solution : $\lambda = h/p = \frac{6.63 \times 10^{-34}\ J.s}{0.01\ kg \times 10\ m/s} = 6.63 \times 10^{-23}$ Å .

Problem 6. इलेक्ट्रॉन को 1 Å की डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य प्रदान करने के लिए त्वरक विभव ज्ञात करिये। 1 Å क्रिस्टल में अन्तः परमाणु दूरी की माप है।

Solution : $V = \frac{h^2}{2m_0 e \lambda^2} = 151$ V.

Problem 7. हाइड्रोजन की पाश्चन श्रेणी की दित्तीय रेखा तरंगदैर्ध्य ज्ञात करिये।

Solution . $\frac{1}{\lambda} = (1.097 \times 10^{-3}\ Å^{-1}) \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2}\right)$ या $\lambda = 12,820$ Å.

Problem 8. n = 5 अवस्था से मूल अवस्था में आने में हाइड्रोजन परमाणु कितने विभिन्न फोटॉन उत्सर्जित कर सकता है।

Solution : n = 5 से संभावित संचरण $^5C_2 = 10$ है।

Ans. 10 फोटॉन

Problem 9. एक इलेक्ट्रॉन Ze धनावेश वाले नाभिक के वृत्तीय पथ में चक्कर लगा रहा है। इलेक्ट्रॉन वेग व वृत्तीय पथ की त्रिज्या में क्या संबंध है।

Solution : नाभिक द्वारा इलेक्ट्रॉन पर बल अभिष्ट अभिकेन्द्रीय बल उपलब्ध करता है।

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Ze.\ e}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 .rm}}$$

Ans. $v = \sqrt{\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 .rm}}$.

Problem 10. (i) पोजिट्रॉनियम के प्रथम तीन ऊर्जा स्तर ज्ञात करिये।

(ii) पोजिट्रॉनियम की H_a रेखा ($3 \rightarrow 2$ संक्रमण) की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करिये।

Solution : पोजिट्रॉनियम में इलेक्ट्रॉन व पोजिट्रॉन अपने द्रव्यमान केन्द्र के चारों ओर गति करते हैं।

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r/2} \qquad ....(1)$$

$$\frac{n\ h}{2\pi} = 2 \times mv_{k/2} \qquad ....(2)$$

समीकरण (1) व (2) से

$$V = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{e^2}{nh} \times 2\pi = \frac{e^2}{4\varepsilon_0 nh}$$

$$TE = -\frac{1}{2}mv^2 \times 2 = -m.\ \frac{e^4}{16\varepsilon_0^2 n^2 h^2}$$

$$= -6.8\ \frac{1}{n^2}\,eV$$

(i) $E_1 = -6.8$ ev

$$E_2 = -6.8 \times \frac{1}{2^2}\ eV = -1.70\ eV$$

$$E_3 = -6.8 \times \frac{1}{3^2}\ eV = -0.76\ eV$$

(ii) $\Delta E\ (3 \rightarrow 2) = E_3 - E_2 = -0.76 - (-1.70)\ eV = 0.94\ eV$

अभिष्ट तरंगदैर्ध्य

$$\lambda = \frac{1.24 \times 10^4}{0.94}\ \text{Å} = 1313\ \text{Å}$$

Ans. (i) – 6.8 eV, –1.7 eV, –0.76 eV ; (ii) 1313 Å .

Problem 11. मूल अवस्था में H-परमाणु की प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा K है। यह चलने के लिये मुक्त विरामावस्था में रखे मूल अवस्था वाले He^+ आयन से टकराता है। K का न्यूनतम मान ज्ञात करो, जिससे दोनों कण उसकी पहली उत्तेजन अवस्था में पहुँच सकें।

Solution : उत्तेजन के लिए उपलब्ध ऊर्जा = $\frac{4K}{5}$

उत्तेजन के लिए अभीष्ट कुल ऊर्जा = 10.2 ev + 40.8 eV = 51.0 ev

$$\therefore \quad \frac{4k}{5} = 51 \quad \Rightarrow \quad k = 63.75\ eV$$

Problem 12. एक TV नलिका 20 kV त्वरित विभव पर कार्यशील है। TV सेट से उत्पन्न X–किरणों की अधिकतम ऊर्जा ज्ञात करिये।

Solution : TV नलिका में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा 20 keV, है। इस इलेक्ट्रॉन को यदि टक्कर के द्वारा स्थिरावस्था में लाया जाये तो उत्पन्न X–किरणों के फोटॉन की ऊर्जा 20 keV होगी।

Problem 13. मोजले नियम $\sqrt{v} = a(Z-b)$ में K_α अथवा K_β संक्रमण में से किसके लिए a नियतांक का मान अधिक होगा।

Solution : K_β संक्रमण के लिए a का मान K_α संक्रमण के संगत मान से अधिक होगा।

Exercise-1

✎ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

खण्ड़ (A) : प्रकाश विद्युत प्रभाव

A-1. जब 400 nm तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश 2.5 eV कार्य फलन वाले धातु पर गिरता है तो उत्सर्जित होने वाले फोटो इलेक्ट्रान के रेखीय संवेग का अधिकतम परिमाण ज्ञात करो।

A-2. एक वर्णी प्रकाश से सम्बन्धित विद्युत क्षेत्र $E = E_0 \sin (1.2 \times 10^{15} \pi t - kx)$ द्वारा दिया जाता है। जब 2.0 eV कार्य फलन वाली धातु की सतह पर यह प्रकाश गिरता है तो फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा ज्ञात करो

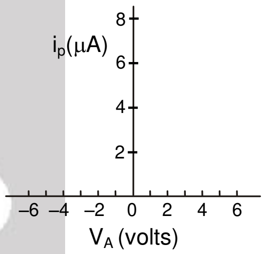
A-3. 4560 Å तरंगदैर्ध्य वाला 1 मिली वॉट प्रकाश सिजियम सतह पर गिरता है। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन धारा ज्ञात करो। क्वान्टम दक्षता 0.5 %. मानिये [सीजियम के लिये कार्य फलन = 1.89 eV] hc = 12400 eV-Å लीजिये।

A-4. माना आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य को 3000 Aº से 3040 Aº तक बढ़ाया जाता है। निरोधी विभव में संगत परिवर्तन ज्ञात करो। [$hc = 12.4 \times 10^{-7}$ eV m]

A-5.✎ किसी बिन्दु पर प्रकाश तरंग से सम्बन्धित चुम्बकीय क्षेत्र $B = 2 \times 10^{-6}$ (टेसला) $\sin [(3.0 \times 10^{15} s^{-1})t] \sin [(6.0 \times 10^{15} s^{-1})t]$ है। यदि यह प्रकाश 2.0 eV कार्य फलन वाले धातु सतह पर गिरता हो तो फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा ज्ञात करें।

A-6. एक प्रकाश विद्युत प्रभाव परीक्षण में 800 nm तरंगदैर्ध्य (देहली तरंगदैर्ध्य से कम) वाली प्रकाश किरण सिजियम प्लेट पर 5.0 W की दर से आपतित होती है। संग्राहक प्लेट के विभव को उत्सर्जक के सापेक्ष इस प्रकार पर्याप्त धनात्मक रखा जाता है कि धारा, इसके संतृप्त मान तक पहुँच सके। यह मानिये की औसतन 10^6 फोटॉनों में से एक फोटॉन ही फोटो इलेक्ट्रॉन निकाल सकता है। परिपथ में प्रकाश धारा ज्ञात करो।

A-7.✎ प्रकाश विद्युत परीक्षण में 5 eV ऊर्जा वाला फोटॉन 3 eV कार्य फलन वाले फोटो कैथोड़ पर आपतित होता है। फोटॉन की तीव्रता $I_A = 10^{15}\ m^{-2} s^{-1}$, तथा संतृप्त धारा 4.0 μ A प्रेक्षित की जाती है। प्रकाश धारा i_p का एनोड़ विभव V_a के साथ विचलन का खींचा ग्राफ नीचे चित्र में फोटॉन की तीव्रता I_A (वक्र A) और $I_B = 2 \times 10^{15}\ m^{-2} s^{-1}$ (वक्र B) के लिए दर्शाया गया है। (JEE में ग्राफ उत्तर पुस्तिका में बना हुआ था।) **[JEE '2003, Mains 2/60]**



खण्ड़ (B) : एक स्रोत से फोटॉन उत्सर्जन एवं विकिरण दाब

B-1. पृथ्वी सतह पर लम्बवत् गिरने वाली सूर्य प्रकाश की तीव्रता $1.4 \times 10^3 W/m^2$ है। यह मानिये कि यह प्रकाश एक वर्णी है तथा औसत तरंगदैर्ध्य 5000Å है तथा पृथ्वी और सूर्य के मध्य कोई प्रकाश अवशोषित नहीं होता है। पृथ्वी तथा सूर्य के मध्य दूरी 1.5×10^{11}m है।

(a) सीधे सूर्य के ठीक नीचे प्रति वर्ग मीटर पृथ्वी सतह पर गिरने वाले फोटॉनो की संख्या ज्ञात कीजिए?

(b) किसी क्षण पृथ्वी सतह के पास प्रति मी^{3} में कितने फोटॉन है ?

(c) सूर्य से प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटॉनो की संख्या कितनी है ?

B-2. पूर्ण परावर्तक समतल दर्पण पर 663 nm तरंगदैर्ध्य वाले एक वर्णीय प्रकाश का समानान्तर पुंज डाला जाता है। आपतन कोण 60° है तथा प्रति सैकण्ड दर्पण से टकराने वाले फॉटोन की संख्या 5×10^{19} है। दर्पण पर गिरने वाले प्रकाश पुंज के कारण लगने वाले बल की गणना कीजिए। ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s.)

B-3. श्वेत प्रकाश का पुंज जब लम्बवत् रूप से एक समतल सतह पर गिरता है तो यह सतह 70% प्रकाश को अवशोषित करती है तथा शेष प्रकाश को परावर्तित कर देती है। अगर सतह पर आपतित प्रकाश की शक्ति 30 W है तो इसके द्वारा सतह पर लगाए गए बल का मान बताइए ?

B-4. 10 W शक्ति का सोडियम लेम्प 590 nm तरंगदैर्ध्य का फॉटोन उत्सर्जित कर रहा है। लैम्प से प्रति सैकण्ड उत्सर्जित होने वाले फोटॉन की संख्या ज्ञात करो। यह मानिये कि 60% उपभोग ऊर्जा प्रकाश में परिवर्तित होती है।

खण्ड़ (C) : डी ब्रोग्ली तरंग

C-1. 4000 Å प्रकाश वैद्युत देहली तरंगदैर्ध्य की धातु सतह से 3000 Å तरंगदैर्ध्य की पराबैंगनी किरणों द्वारा फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते है। अधिकतम गतिज ऊर्जा वाले उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनो की डी ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो

C-2. दो समान तथा एक दूसरे से असंबंद्ध कण परस्पर समकोण पर गति करते हैं तथा उनकी डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ_1 व λ_2 है। इनके द्रव्यमान केन्द्र के निर्देश तंत्र के सापेक्ष प्रत्येक कण की डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो?

खण्ड़ (D) : हाइड्रोजन, हाइड्रोजन जैसे परमाणुओं के लिये बोहर सिद्धान्त

D-1. बोहर के परमाणु प्रतिरूप के अनुसार हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम कक्षा में स्थित इलेक्ट्रॉन की डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य का संख्यात्मक मान ज्ञात करो। सभी स्थिरांक के मानक मान प्रयुक्त करें। आपके उत्तर को स्थिरांक 'π' के पदों में लिखे।

D-2. He^+ आयन की त्रिज्या व ऊर्जा निम्न स्तरो में ज्ञात करो (a) $n = 2$, (b) $n = 3$

D-3. एक धनात्मक हाइड्रोजन के समान आयन जिसके पास मूल अवस्था में इलेक्ट्रान है, इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है, यदि यह 228Å या कम तरंग दैर्ध्य का फोटॉन अवशोषित करता है। आयन पहचानो

D-4. वह ताप ज्ञात करो जिस पर हाइड्रोजन अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा मूल अवस्था में इसके इलेक्ट्रॉन की बन्धन ऊर्जा के समान है। यह मानिये कि हाइड्रोजन गैस के अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा = $\frac{3}{2}kT$

D-5. ν आवृत्ति वाला एक वर्णीय प्रकाश स्त्रोत जब धातु सतह पर गिरता है तो फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है। उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम ऊर्जा, मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु के आयनन के लिये ठीक पर्याप्त है। जब पूरा परीक्षण दुबारा $\left(\frac{5}{6}\right)\nu$ आवृत्ति वाले प्रकाश के आपतित विकिरण के साथ दोहराया जाता है तो उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन हाइड्रोजन परमाणु पुंज को उत्तेजित करता है जो 1215 Å तरंगदैर्ध्य वाली विकिरण उत्सर्जित करता है। आवृत्ति ν ज्ञात करो।

खण्ड़ (E) : हाइड्रोजन/हाइड्रोजन जैसे परमाणु में इलेक्ट्रॉन संक्रमण तथा नाभिक की गति का प्रभाव

E-1. निम्न के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में न्यूनतम तरंगदैर्ध्य बताइये (a) हाइड्रोजन (b) He^+

E-2. He^+ आयन के दूसरी बोहर कक्ष में उपस्थित इलेक्ट्रॉन के चक्कर की कोणीय आवृत्ति बताइये।

E-3. He^+ आयन की उत्तेजन अवस्था के संगत क्वांटम संख्या n बताइये, यदि आयन मूल अवस्था में संक्रमण के लिये दो 108.5 और 30.4 nm तरंगदैर्ध्य वाले क्रमागत फोटॉन उत्सर्जित करता है।

E-4. किसी उत्तेजित स्तर A में हाइड्रोजन समान आयन की गैस पर विचार कीजिए। यह लाइमन श्रेणी की पहली रेखा के बराबर तरंगदैर्ध्य वाला फोटॉन पाँच अन्य तरंगदैर्ध्य वाले फोटॉनो के साथ उत्सर्जित करती है। गैस को पहचानिये तथा स्तर A की मुख्य क्वांटम संख्या बताइये।

E-5. एक स्थिर हाइड्रोजन परमाणु लाइमन श्रेणी की पहली रेखा के सगंत फोटॉन उत्सर्जित करता है। परमाणु का वेग क्या होगा ?

E-6. उपरोक्त प्रश्न के अनुसार ज्ञात कीजिए, उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा हाइड्रोजन परमाणु में संगत संक्रमण की ऊर्जा से कितनी (% में) भिन्न है?

E-7. एक गैस में द्वि आयनित लिथियम आयन जो हाइड्रोजन के समान है, जिसका परमाणु क्रमांक 3 है।
(a) Li^{++} आयन के इलेक्ट्रॉन को पहले से तीसरे बोहर कक्ष तक उत्तेजन के लिये आवश्यक विकिरण का तरंगदैर्ध्य बताइये (हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6 eV है)
(b) उपरोक्त उत्तेजित निकाय के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में कितनी स्पेक्ट्रम रेखाएं दिखायी देंगी ।

E-8. लोहे का मुक्त परमाणु 6.4 keV ऊर्जा का फोटॉन उत्सर्जित करता है। शेष परमाणु की प्रतिक्षिप्त गतिज ऊर्जा ज्ञात करो। (लोहे के एक परमाणु का द्रव्यमान = 9.3×10^{-26} kg)

खण्ड़ (F) : परमाणवीय टक्कर (संघट्ट)

F-1. हाइड्रोजन परमाणु की न्यूनतम गतिज ऊर्जा क्या होनी चाहिये जिससे यह दूसरे स्थिर हाइड्रोजन परमाणु से सम्मुख अप्रत्यास्थ टक्कर कर दोनो में से कोई एक परमाणु फोटॉन उत्सर्जन कर सके। दोनों परमाणु टक्कर से पहले मूल अवस्था में माने ।

खण्ड़ (G) : X-किरणें

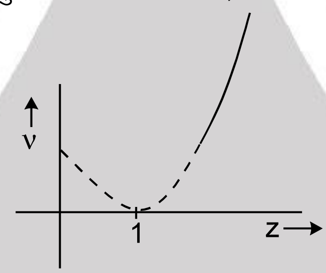
G-1. एक X-किरण नलिका, जिस पर 40 kV विभव आरोपित है, से निकलने वाली (सतत्) : X-किरण के लिये देहली तरंगदैर्ध्य ज्ञात कीजिये ?

G-2. यदि X -किरण नलिका, में आरोपित विभव 0.1% से बढ़ा दिया जाये तो देहली तरंगदैर्ध्य कितनी प्रतिशत कम होगी ?

G-3. यदि X किरण नलिका पर कार्यकारी विभव वास्तविक मान का 1.5 गुना कर दिया जाय, तो छोटी तरंगदैर्ध्य 26 pm तक घट जाती है। कार्यकारी विभव का वास्तविक मान ज्ञात करों।

G-4. एक X-किरण नलिका 20 kV पर कार्य करती है। माना इलेक्ट्रान प्रत्येक टक्कर में अपनी ऊर्जा की 70% ऊर्जा फोटॉन में परिवर्तित करता है। नलिका द्वारा उत्सर्जित न्यूनतम तीन तरंगदैर्ध्य बताइये। इलेक्ट्रान की परमाणु के साथ टक्कर में परमाणु को दी गयी ऊर्जा नगण्य मानें।

G-5. चित्र में अभिलाक्षणिक x-किरण की आवृति तथा परमाणु क्रमांक का विचलन दर्शाया गया है -
(i) अभिलाक्षणिक x-किरण का नाम बताओ–
(ii) जब यह x-किरण z = 101 वाली धातु से उत्सर्जित होती है, तो उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा ज्ञात करो।



G-6. यदि लोहे (Z = 26) की K_α रेखा की तरंगदैर्ध्य 193 pm हो तो ताँबे (Z = 29) की K_α रेखा की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो

G-7. एक हाइड्रोजन के समान परमाणु (परमाणु संख्या Z) क्वान्टम संख्या n वाले उच्च उत्तेजित स्तर पर है। यह उत्तेजित परमाणु क्रमशः 10.20 eV व 17.00 eV ऊर्जाओं के दो क्रमिक फोटॉन उत्सर्जित कर प्रथम उत्तेजित स्तर तक संचरण कर सकता है। इसके अलावा समान उत्तेजित स्तर से यह परमाणु क्रमशः 4.25 eV व 5.95 eV के दो क्रमिक प्रोटॉन उत्सर्जित कर द्वितीय उत्तेजित स्तर तक संचरण कर सकता है। n व Z के मान ज्ञात करो। (हाइड्रोजन परमाणु की आयनीकरण ऊर्जा = 13.6 eV) **[JEE 1994, 6]**

G-8. जब एक धातु में L से K कक्ष में स्थानान्तरण होता है तो 4.2×10^{18} Hz आवृत्ति वाली अभिलाक्षणिक X किरण उत्सर्जित होती है। मोजले नियम का उपयोग करके परमाणु क्रमांक ज्ञात करो। रिडबर्ग नियतांक $R = 1.1 \times 10^7\ m^{-1}$ लें। **[JEE '2003, Mains 2/60]**

खण्ड़ (H) : JEE Main के लिए

H-1. एक धातु की पन्नी पर एक इलेक्ट्रॉन पुंज गिरता है जिसकी ऊर्जा 10 KeV है। यदि दो परमाणुओं के बीच दूरी 0.55Å तो विवर्तन का कोण बताइये।

भाग - II : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

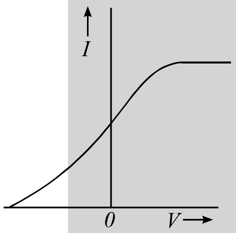
खण्ड़ (A) : प्रकाश विद्युत प्रभाव

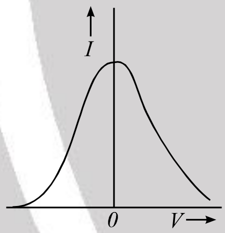
A-1. एक प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रयोग में यदि निरोधी विभव लगाते हैं तो प्रकाश धारा शून्य हो जाती है। इसका अर्थ है कि
(A) फोटो इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन रूक गया हैं।
(B) फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित हो रहे है परन्तु उत्सर्जक धातु द्वारा पुनः अवशोषित हो जाते है।
(C) फोटो इलेक्ट्रॉन सग्राहंक प्लेट के पास एकत्रित हो जाते हैं।
(D) फोटो इलेक्ट्रॉन उपकरण के किनारो से बाहर निकल जाते हैं।

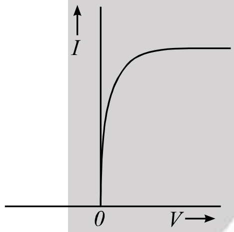
A-2. यदि प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रयोग में प्रकाश की आवृत्ति को दुगना करें तो फॉटोइलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा
(A) दुगुनी हो जाएगी
(B) आधी हो जाएगी
(C) दुगुने से ज्यादा हो जाएगी
(D) दुगुने से कम हो जाएगी

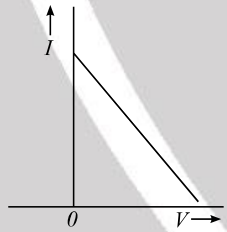
A-3. समान तीव्रता के दो अलग अलग एक वर्णी प्रकाश पुंज A व B में किसी धातु सतह के इकाई क्षेत्रफल पर अभिलम्बवत् आपतित होते हैं। इनकी तरंग दैर्ध्य क्रमशः λ_A और λ_B हैं। यह मानिये कि आपतित पूरा प्रकाश फोटो इलेक्ट्रॉन उर्त्सजन के काम आता है, पुंज A व B से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉनों की संख्या का अनुपात है।
(A) $\left(\frac{\lambda_A}{\lambda_B}\right)$
(B) $\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right)$
(C) $\left(\frac{\lambda_A}{\lambda_B}\right)^2$
(D) $\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right)^2$

A-4. निम्न में से कौनसा ग्राफ फोटो विद्युत सेल के इलेक्ट्रोडों के मध्य प्रकाश विद्युत धारा (I) तथा विभव (V) के बीच परिवर्तन दर्शाता हैं।

(A)


(B)


(C)


(D)


A-5. जब एक सेमी मोटी सतह को λ तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश से प्रकाशित करते है तो निरोधी विभव V हैं। जब समान सतह को 2λ तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश से प्रकाशित करते है तो निरोधी विभव V/3 हैं। सतह की देहली तरंग दैर्ध्य हैं।
(A) $\frac{4\lambda}{3}$
(B) 4λ
(C) 6λ
(D) $\frac{8\lambda}{3}$

A-6. एक प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रयोग में ऐनोड प्लेट को कैथोड प्लेट के ऊपर ऊर्ध्वाधर रखते हैं। प्रकाश स्त्रोत को चालु करते हैं और संतृप्त प्रकाश धारा प्रेक्षित करते हैं। एक विद्युत क्षेत्र जो उर्ध्वाधर नीचे की ओर है, को चालु करते हैं।
(A) प्रकाश धारा बढ़ेगी
(B) इलेक्ट्रॉनो की गतिज ऊर्जा बढेगी
(C) निरोधी विभव घटेगा
(D) देहली तरंग दैर्ध्य बढेगी

A-7. जब 6 eV ऊर्जा वाले फोटॉन किसी सतह पर गिरते है तब धातु की सतह से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रोन की अधिकतम गतिज ऊर्जा 4 eV है, तो निरोधी विभव हैं।
(A) 2V
(B) 4V
(C) 6V
(D) 10V

A-8. एक प्रकाश सुग्राही पदार्थ की सतह पर 300 nm तंरगदैर्घ्य एवं 1 W/m^2 त्रीवता का पराबैंगनी प्रकाश आपतित होता है। यदि आपतित फोटोन का एक प्रतिशत फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है, तब सतह के निकट 1 cm^2 क्षैत्रफल से प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉनों की लगभग संख्या होगी— **[Olympiad-2016]**
(A) 1.51×10^{13}
(B) 1.51×10^{12}
(C) 4.12×10^{13}
(D) 2.13×10^{11}

खण्ड़ (B) : एक स्रोत से फोटॉन उत्सर्जन एवं विकिरण दाब

B-1. प्रकाश का एक फोटॉन निर्वात से चलता हुआ एक कॉच के ब्लॉक में प्रवेश करता है। कॉच के ब्लॉक में प्रवेश करने पर फोटॉन की ऊर्जा
(A) बढेगी क्योंकि इससे सम्बन्धित तरंगदैर्ध्य घटेगी।
(B) घटेगी क्योंकि विकिरण की चाल घटेगी।
(C) समान रहेगी क्योंकि विकिरण की चाल और सम्बन्धित तरंगदैर्ध्य नहीं बदलती है।
(D) समान रहती है क्योंकि विकिरण की आवृत्ति नहीं बदलती है।

खण्ड़ (C) : डी ब्रोग्ली तरंग

C-1. ν आवृति वाले फोटॉन की ऊर्जा $E = h\nu$ हैं तथा λ तरंगदैर्ध्य वाले फोटॉन का संवेग $p = h/\lambda$ है। इस कथन से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि प्रकाश तरंग का वेग बराबर हैं–
(A) $3 \times 10^8\ ms^{-1}$ (B) $\dfrac{E}{p}$ (C) E p (D) $\left(\dfrac{E}{p}\right)^2$

C-2. $1.5 \times 10^8\ ms^{-1}$ से गति कर रहे इलेक्ट्रॉन की डी ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य फोटॉन के बराबर हैं। इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा तथा फोटॉन की ऊर्जा का अनुपात हैं। (इलेक्ट्रॉन के लिए असापेक्षवाद के सूत्र का उपयोग करें।)
(A) 2 (B) 4 (C) $\dfrac{1}{2}$ (D) $\dfrac{1}{4}$

C-3. M द्रव्यमान का स्थिर कण m_1 व m_2 द्रव्यमान के दो टुकडो में विभक्त हो जाता हैं तथा इनका वेग शून्य नहीं है। कणों की डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य का अनुपात अर्थात λ_1/λ_2 हैं।
(A) $\dfrac{m_1}{m_2}$ (B) $\dfrac{m_2}{m_1}$ (C) 1 : 1 (D) $\sqrt{\dfrac{m_2}{m_1}}$

C-4. माना p तथा E फोटॉन के रेखीय संवेग तथा ऊर्जा को व्यक्त करते हैं। लघु तरंगदैर्ध्य के अन्य फोटॉन के लिए (समान माध्यम में)
(A) दोनों p और E बढ़ते हैं (B) p बढ़ता है तथा E घटता है
(C) p घटता है तथा E बढ़ता है (D) दोनो p और E घटते हैं

C-5. वर्ग माध्य मूल चाल के संगत 927ºC पर न्यूट्रॉन की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ हैं। वर्ग माध्य मूल चाल के संगत 27ºC पर न्यूट्रॉन की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य होगी –
(A) $\dfrac{\lambda}{2}$ (B) λ (C) 2λ (D) 4λ

C-6. V विभव से त्वरित इलेक्ट्रॉन (द्रव्यमान m, आवेश e) से सम्बन्धित डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य λ से दी जाती है (h प्लांक नियतांक)
(A) $\lambda = h/mV$ (B) $\lambda = h/2\ meV$ (C) $\lambda = h/\sqrt{meV}$ (D) $\lambda = h/\sqrt{2meV}$

खण्ड़ (D) : हाइड्रोजन, हाइड्रोजन जैसे परमाणुओं के लिये बोहर सिद्धान्त (गुणधर्म)

D-1. यदि a_0 बोहर त्रिज्या हो तो त्रि आयनित बेरिलियम के लिये n = 2 कक्ष की त्रिज्या है -
(A) $4a_0$ (B) a_0 (C) $a_0/4$ (D) $a_0/16$

D-2. हाइड्रोजन जैसे दो आयन A तथा B पर विचार कीजिए। A की आयनन ऊर्जा हाइड्रोजन जैसे अन्य आयन B से अधिक है। माना r, u, E तथा L क्रमशः कक्ष की त्रिज्या, इलेक्ट्रॉन की चाल, परमाणु की ऊर्जा और इलेक्टॉन के कक्षीय कोणीय संवेग को प्रदर्शित करते हैं। मूल अवस्था में
(A) $r_A > r_B$ (B) $u_A > u_B$ (C) $E_A > E_B$ (D) $L_A > L_B$

D-3. द्वि–आयनित लिथियम (Li^{++}) आयन के किस ऊर्जा तल की ऊर्जा हाइड्रोजन की मूल अवस्था में ऊर्जा के समान है ? दिया है लिथियम के लिए Z = 3 :
(A) n = 1 (B) n = 2 (C) n = 3 (D) n = 4

D-4. हाइड्रोजन परमाणु के बोहर प्रतिरूप में इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के बीच लगने वाला कूलॉम बल अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है। यदि a_0 मूल अवस्था के कक्ष की त्रिज्या, m द्रव्यमान और e एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश तथा ε_0 निर्वात की पारगम्यता हो तो इलेक्ट्रॉन की चाल है -

(A) शून्य (B) $\frac{e}{\sqrt{\varepsilon_0 a_0 m}}$ (C) $\frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 a_0 m}}$ (D) $\frac{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 a_0 m}}{e}$

D-5. यदि हाइड्रोजन परमाणु में एक कक्षीय इलेक्ट्रॉन मूल स्तर से उच्च स्तर में जाता है तो चाल प्रारम्भिक की आधी हो जाती है। यदि इलेक्ट्रॉन की मूल अवस्था की त्रिज्या r हो तो नये कक्ष की त्रिज्या होगी :–

(A) 2r (B) 4r (C) 8r (D) 16r

D-6. हाइड्रोजन परमाणु के बोहर नमूने में क्वाण्टम अवस्था n में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा का अनुपात है :

(A) – 1 (B) + 1 (C) $\frac{1}{n}$ (D) $\frac{1}{n^2}$

D-7. हाइड्रोजन परमाणु के सबसे अन्दर वाले कक्ष का व्यास 1.06 Å है। दसवें कक्ष का व्यास है -

(A) 5.3 Å (B) 10.6 Å (C) 53 Å (D) 106 Å

D-8. हाइड्रोजन की मूल अवस्था में इलेक्ट्रॉन की कक्षीय चाल v है। जब इसको – 3.4 eV ऊर्जा तल तक उत्तेजित किया जाता है तो इसकी कक्षीय चाल होगी।

(A) 2 v (B) $\frac{v}{2}$ (C) $\frac{v}{4}$ (D) $\frac{v}{8}$

D-9. हाइड्रोजन की पहली उत्तेजन अवस्था में इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा – 3.4 eV है। इस अवस्था में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा है-

(A) + 1.7 eV (B) + 3.4 eV (C) + 6.8 eV (D) – 13.4 eV

D-10. उपरोक्त प्रश्न में इलेक्ट्रॉन की स्थितिज ऊर्जा है :

(A) – 1.7 eV (B) – 3.4 eV (C) – 6.8 eV (D) – 13.4 eV

D-11. एक अधिकल्पित परमाणु एक प्रोटोन तथा एक इलेक्ट्रॉन के दोगुने द्रव्यमान लेकिन समान आवेश के एक अधिकल्पित कण से मिलकर बना हुआ है। अधिकल्पित कण से मूल अवस्था के संक्रमण के लिए बोहर सिद्वान्त उपयोग लिजिये। तब दीर्घतम तंरगदैर्घ्य होगा—(हाइड्रोजन परमाणु के लिए रिडबर्ग नियतांक के पदों में) **[Olympiad 2015 (stage-1)]**

(A) $\frac{1}{2R}$ (B) $\frac{5}{3R}$ (C) $\frac{1}{3R}$ (D) $\frac{2}{3R}$

D-12. एक हाइड्रोजन परमाणु के धनात्मक आवेशित नाभिक एवं इलेक्ट्रॉन के मध्य आकर्षण बल $f = k\frac{e^2}{r^2}$ द्वारा दिया गया है। मानिये कि नाभिक जड़वत् है। इलेक्ट्रॉन प्रारम्भ में R_1 त्रिज्या की कक्षा में गतिशील है तथा छोटी त्रिज्या R_2 की कक्षा में कूदता है। परमाणु की कुल ऊर्जा में कमी होगी— **[Olympiad 2016 (stage-1)]**

(A) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$ (B) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{R_1}{R_2^2}-\frac{R_2}{R_1^2}\right)$ (C) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right)$ (D) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{R_2}{R_1^2}-\frac{R}{R_2^2}\right)$

D-13. यह प्रेक्षित किया गया है कि हाइड्रोजन परमाणु की कुछ स्पेक्ट्रम रेखाओं के तंरगदैर्घ्य He^+ आयन में स्पेक्ट्रम रेखाओं के तंरगदैर्घ्य के लगभग समान है। निम्न में से कौनसा He^+ आयन में संक्रमण इसको संभव बनाता है। **[Olympiad 2016 (stage-1)]**

(A) n = 3 से n = 1 (B) n = 6 से n = 4 (C) n = 5 से n = 3 (D) n = 3 से n = 2

खण्ड़ (E) : हाइड्रोजन/हाइड्रोजन जैसे परमाणु में इलेक्ट्रॉन संक्रमण तथा नाभिक की गति का प्रभाव

E-1. हाइड्रोजन नमूने के उत्सर्जन स्पेक्ट्रॅम से तीन फोटॉन को लिया जाता है। इनकी ऊर्जा 12.1eV, 10.2eV तथा 1.9eV. है। यह फोटॉन आने चाहिये -

(A) एक परमाणु से (B) दो परमाणु से
(C) तीन परमाणु से (D) या तो दो या तीन परमाणु से

E-2. एक काल्पनिक परमाणु में यदि n = 4 से n = 3 में संक्रमण से दृश्य प्रकाश उत्पन्न होता है तो अवरक्त विकिरण प्राप्त करने के लिये संभावित संक्रमण है -

(A) n = 5 से n = 3 (B) n = 4 से n = 2 (C) n = 3 से n = 1 (D) इनमें से कोई नहीं

E-3. हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6 eV है। मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु को 12.1 eV. वाले विद्युत चुम्बकीय विकिरण द्वारा उत्तेजित किया जाता है। हाइड्रोजन परमाणु द्वारा कितनी स्पेक्ट्रम रेखाऐं उत्सर्जित होगी ?

(A) एक (B) दो (C) तीन (D) चार

E-4. ऊर्जा के बढते हुऐ मान के संगत एक निश्चित परमाणु A, B और C के ऊर्जा स्तर अर्थात् $E_A < E_B < E_C$ है। यदि λ_1, λ_2 तथा λ_3 क्रमशः C से B, B से A तथा C से A संक्रमण के संगत विकिरण की तरंगदैर्ध्य है तो निम्न में कौनसा संबंध सही है

(A) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$ (B) $\lambda_3 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$ (C) $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 0$ (D) $\lambda_3^2 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2$

E-5. हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की बामर श्रेणी की पहली रेखा की तरंगदैर्ध्य λ है। दूसरी रेखा की तरंगदैर्ध्य है –

(A) $\frac{20\lambda}{27}$ (B) $\frac{3\lambda}{16}$ (C) $\frac{5\lambda}{36}$ (D) $\frac{3\lambda}{4}$

E-6. हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की लाइमन श्रेणी की पहली रेखा की आवृत्ति ν है। द्वि आयनित लिथियम आयन के स्पेक्ट्रम के संगत रेखा की आवृत्ति है -

(A) ν (B) 3 ν (C) 9 ν (D) 27 ν

E-7. एक सोडियम परमाणु 590 nm तंरगदैर्ध्य का एक फोटॉन उत्सर्जित करता है और प्रतिक्षेप वेग v के बराबर होगा–

[Olympiad 2015 (stage-1)]

(A) 0.029 m/s (B) 0.048 m/s (D) 0.0023 m/s (D) आंकडे अपर्याप्त है

खण्ड़ (F) : परमाणवीय टक्कर (संघट्ट)

F-1. एक 10 eV गतिज ऊर्जा वाला इलेक्ट्रॉन मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु पर आपतित होता है। टक्कर –

(A) प्रत्यास्थ होनी चाहिए। (B) आंशिक प्रत्यास्थ हो सकती है।
(C) पूर्णतया अप्रत्यास्थ होनी चाहिए। (D) पूर्णतया अप्रत्यास्थ हो सकती है।

खण्ड़ (G) : X-किरणें

G-1. कूलिज नलिका से निकलने वाली सतत् X-किरण के फोटॉन की कल्पना करो। फोटॉन की ऊर्जा किससे प्राप्त होती है -

(A) टकराने वाले इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा से (B) लक्ष्य के मुक्त इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा से
(C) लक्ष्य के आयन की गतिज ऊर्जा से (D) लक्ष्य में परमाण्विक संक्रमण से

G-2. यदि तन्तु के सिरो पर विभव बढाया जाये तो देहली तरंगदैर्ध्य -

(A) बढ़ेगी (B) घटेगी (C) अपरिवर्तित रहेगी (D) बदलेगी

G-3. अभिलाक्षिणक X-किरण स्पेक्ट्रम निम्न के उत्तेजन के कारण उत्सर्जित होता है।

(A) परमाणु के संयोजक इलेक्ट्रॉन के कारण (B) परमाणु के आन्तरिक इलेक्ट्रॉन के कारण
(C) परमाणु के नाभिक के कारण (D) आन्तरिक इलेक्ट्रॉन तथा परमाणु के नाभिक दोंनो के कारण

G-4. जब प्रकाश सेल पर पराबैंगनी प्रकाश आपतित होता है तो निरोधी विभव V_0 तथा फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम ऊर्जा K_{max} है। जब इसी सेल पर X-किरण आपतित होती है, तब :

(A) V_0 तथा K_{max} दोनों बढ़ते हैं
(B) V_0 तथा K_{max} दोनों घटते हैं
(C) V_0 बढ़ता है परन्तु K_{max} समान रहती है
(D) K_{max} बढ़ती है परन्तु V_0 समान रहता है

खण्ड़ (H) : JEE Main के लिए

H-1. डेविन्सन जर्मर के प्रयोग में फिलामेन्ट उत्सर्जित करता है– **[RPET -1990]**

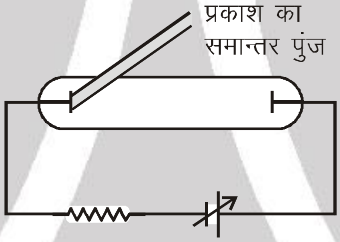
(A) फोटॉन (B) प्रोटॉन (C) X-किरणें (D) इलेक्ट्रॉन

H-2. डेविसन और जर्मर के प्रयोग में 'इलेक्ट्रॉन गन,' द्वारा उत्सर्जित इलेक्ट्रोनों के वेग को बढ़ाया जा सकता है : **[AIPMT-2011]**

(A) एनोड और फिलामेंट के बीच विभवान्तर का मान बढ़ाकर
(B) फिलामेंट – धारा का मान बढ़ा कर
(C) फिलामेंट – धारा का मान कम करके
(D) एनोड (धनाग्र) और फिलामेंट (तन्तु) के बीच विभवान्तर का मान कम करके

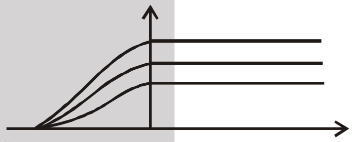
भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1. प्रकाश वैद्युत प्रभाव के अध्ययन के लिए दिखाये गये प्रयोगिक व्यवस्था में, दो चालक इलेक्ट्रोड दिखायी गई एक निर्वातित काँच की नली में बन्द है। एकवर्णी प्रकाश का एक समान्तर पुंज प्रकाश संवेदी इलेक्ट्रॉड पर गिरता है। यह मानिए कि प्रत्येक आपतित फोटोन के लिए, फोटोइलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होता है यदि इसकी ऊर्जा इलेक्ट्रॉड के कार्यफलन से अधिक होती है। कॉलम-I में कथनों को कॉलम-II में दिये ग्राफ से सुमेलित कीजिए।

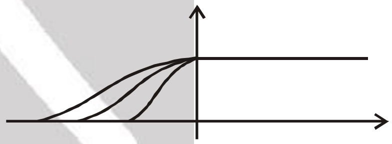


कॉलम-I / **कॉलम-II**

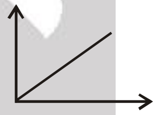
(A) संतृप्त प्रकाश धारा (समान धातु के लिए) का विकिरण की तीव्रता के साथ ग्राफ — (p)



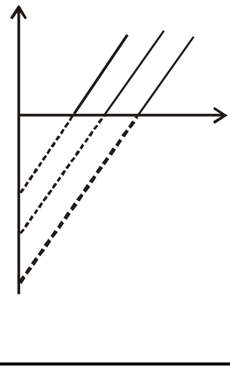
(B) उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा का आवृति के साथ ग्राफ (जिसमें इलेक्ट्राड के अलग अलग कार्यफलन है।) — (q)



(C) विकिरण (समान धातु के लिए) की अलग अलग तीव्रता के लिए प्रकाश धारा का आरोपित वोल्टता के साथ ग्राफ — (r)



(D) अलग–अलग कार्यफलनों के इलेक्ट्रॉड के लिए विकिरण की नियत तीव्रता पर प्रकाश धारा का आरोपित वोल्टता के साथ ग्राफ — (s)



2. क्वांटम संख्या n के संगत हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा, रेखीय संवेग का परिमाण, कोणीय संवेग का परिमाण तथा कक्ष त्रिज्या क्रमशः E, p, L व r है। तब हाइड्रोजन परमाणु के बोहर सिद्धान्त के अनुसार कॉलम-I को कॉलम-II से सुमेलित करिये।

कॉलम-I	**कॉलम-II**
(A) Epr	(p) n से स्वतन्त्र है।
(B) $\frac{p}{E}$	(q) n के सीधे समानुपाती है।
(C) Er	(r) n के व्युत्क्रमानुपाती है।
(D) pr	(s) L के सीधे समानुपाती है।

3. कॉलम-I की प्रत्येक स्थिति में हाइड्रोजन सदृश परमाणु की कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन से संबंधित भौतिक राशि दी गई है। कॉलम-II में दिये गये पद 'Z' तथा 'n' का बोहर अवधारणा में प्रचलित अर्थ है। कॉलम-II में दिये गये पदों को कॉलम-I से सुमेलित करिये।

कॉलम I	**कॉलम II**
(A) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन की आवृत्ति	(p) Z^2 के सीधे समानुपाती होता (होती) है।
(B) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग	(q) n के सीधे समानुपाती होता (होती) है।
(C) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन का चुम्बकीय आघूर्ण	(r) n^3 के व्युत्क्रमानुपाती होता (होती) है।
(D) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन के कारण औसत धारा	(s) Z से स्वतंत्र होता (होती) है।

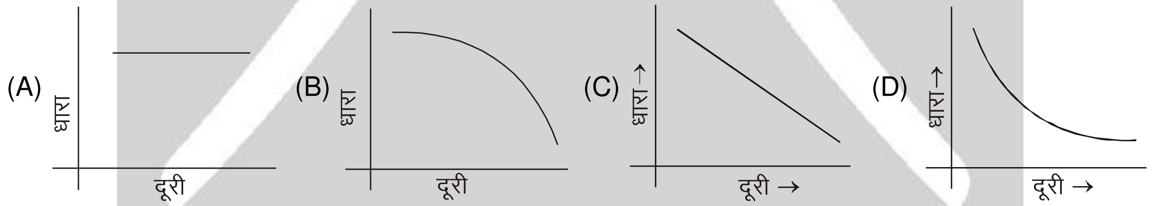
Exercise-2

चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

भाग-I : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

1. धात्विक सतह से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन
(A) सभी विराम अवस्था में होते हैं
(B) सभी की गतिज ऊर्जा समान होती हैं
(C) सभी का संवेग समान होता हैं
(D) शून्य से निश्चित अधिकतम चाल के होते हैं।

2. एक छोटी धात्विक प्लेट पर एक बिन्दुवत स्रोत द्वारा प्रकाश विद्युत प्रभाव उत्पन्न करते हैं। निम्न में से कौनसा वक्र स्रोत तथा धातु के बीच दूरी के फलन के रूप में संतृप्त प्रकाश धारा को प्रदर्शित कर सकता हैं।



3. प्रकाश विद्युत प्रयोग में प्रयुक्त λ तरंगदैर्ध्य के प्रकाश से उत्सर्जित सबसे तेज इलेक्ट्रान की चाल v है। यदि प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्ध्य $\frac{3\lambda}{4}$ कर दी जाऐ, तो सबसे तेज उत्सर्जित इलेक्ट्रान की चाल होगी–

(A) $v\sqrt{\frac{3}{4}}$
(B) $v\sqrt{\frac{4}{3}}$
(C) $v\sqrt{\frac{3}{4}}$ से कम
(D) $v\sqrt{\frac{4}{3}}$ से अधिक

4. प्रकाश विद्युत प्रयोग में यदि प्रकाश स्रोत की आवृति तथा तीव्रता दोनो को दुगना कर दें तो निम्न कथनों पर विचार कीजिये
(i) संतृप्त प्रकाश विद्युत धारा लगभग समान रहेगी
(ii) फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा दुगनी हो जायेगी
(A) (i) और (ii) दोनों सही है
(B) (i) सही है परन्तु (ii) गलत है
(C) (i) गलत है परन्तु (ii) सही है
(D) (i) और (ii) दोनों गलत है

5. जब एक एकवर्णीय प्रकाश बिन्दु स्रोत प्रकाश विद्युत सेल से 0.2 m दूरी पर है, निरोधी विभव तथा संतृप्त धारा क्रमशः 0.6 V तथा 18 mA है। यदि यह स्रोत सेल से 0.6 m दूरी पर रखा जाये तो :

(A) निरोधी विभव 0.2 V होगा।
(B) निरोधी विभव 1.8 V होगा।
(C) संतृप्त धारा 6.0 mA होगी।
(D) संतृप्त धारा 2.0 mA होगी।

6. एक 30 cm की फोकस दूरी वाले लैंस के द्वारा प्रकाश विद्युत सेल की धातु सतह पर सूर्य का प्रतिबिम्ब बनता हैं तथा इससे उत्पन्न धारा I है। इस लैंस को दूसरे लैंस से बदल दिया जाता है, जिसका व्यास समान है परन्तु फोकस दूरी 15 cm है। इस स्थिति में प्रकाश विद्युत धारा होगी (इन दोनो स्थितियो में प्लेट फोकस तल में तथा लेंस की अक्ष के लम्बवत रखी है।) (केवल संतृप्त धारा मानिये)

(A) I/2 (B) 2 I (C) I (D) 4 I

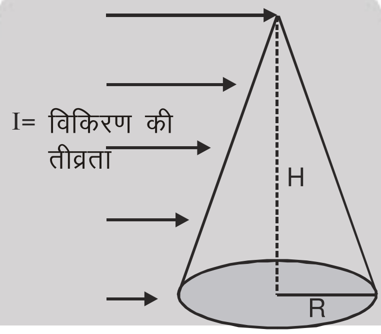
7. किसी प्लेट का कार्यफलन $\frac{hC}{\lambda_0}$ है। जब $\lambda < \lambda_0$ तरंगदैर्ध्य का एक वर्णीय प्रकाश प्लेट पर इस प्रकार आपतित होता है, कि इससे प्लेट पर कुल शक्ति P प्राप्त होती है। यदि प्रकाश–विद्युत उत्सर्जन की दक्षता η % हो तथा सभी उत्सर्जित फोटो –इलेक्ट्रॉन R त्रिज्या तथा V विभव तक आवेशित खोखले सुचालक गोले द्वारा ग्रहण किये जाते है। प्लेट तथा गोले के बीच अन्योन्य क्रिया नगण्य माने। किसी भी समय t पर गोले के विभव का व्यंजक है –

(A) $V + \frac{100\eta\lambda Pet}{4\pi\varepsilon_0 RhC}$ (B) $V - \frac{\eta\lambda Pet}{400\pi\varepsilon_0 RhC}$ (C) V (D) $\frac{\lambda Pet}{4\pi\varepsilon_0 RhC}$

8. किसी सतह पर विकिरण दाब (दी गई तीव्रता के लिए) :

(A) उपयोग में लिये गये प्रकाश की तरंगदैर्ध्य पर निर्भर करता है
(B) यह सतह की प्रकृति पर निर्भर करता है
(C) यह सतह की प्रकृति तथा आवृत्ति पर निर्भर करता है
(D) यह प्रकाश स्रोत की प्रकृति पर जिससे प्रकाश आता है तथा जिस सतह पर प्रकाश गिरता है, उसकी प्रकृति पर निर्भर करता है

9. I तीव्रता वाली विकिरण द्वारा वस्तु पर विकिरण बल आरोपित है। मानिये वस्तु की सतह पूर्ण अवशोषक है :



(A) $\frac{\pi R^2 I}{c}$ (B) $\frac{\pi RHI}{c}$ (C) $\frac{IRH}{2c}$ (D) $\frac{IRH}{c}$

10. डी–ब्रोगली तरंगों के लिये कौनसा कथन सही नहीं है ?

(A) प्रत्येक परमाण्वीय कण की गति के लिये उनसे कुछ डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य सम्बन्धित होती है।
(B) अधिक संवेग के लिए अधिक लम्बी तरंगदैर्ध्य होती है।
(C) तेज कण के लिये छोटी तरंगदैर्ध्य होती है।
(D) समान वेग के लिये भारी कण की तरंगदैर्ध्य छोटी होती है।

11. 5 MeV ऊर्जा वाला एक α-कण स्थिर युरेनियम नाभिक के कारण 180° पर विचलित होता है। नाभिक तथा α-कण के मध्य न्यूनतम दूरी की कोटि कितनी होगी।:

(A) 1 Å (B) 10^{-10} cm (C) 10^{-12} cm (D) 10^{-15} cm

12. उदासीन हीलियम परमाणु से एक इलेक्ट्रॉन को हटाने के लिये आवश्यक ऊर्जा 24.6 eV है। उदासीन हीलियम परमाणु से दोनों इलेक्ट्रॉन को हटाने के लिये आवश्यक ऊर्जा (eV में) है - **[JEE 1995, 1]**

(A) 38.2 (B) 49.2 (C) 51.8 (D) 79.0

13. एक परमाणु में तीन ऊर्जा स्तर है तथा मूल अवस्था की ऊर्जा $E_0 = 0$, है। पहली उत्तेजन अवस्था की ऊर्जा $E_1 = K$ तथा दूसरी उत्तेजन अवस्था की ऊर्जा $E_2 = 2K$ है जहाँ $K > 0$ है। परमाणु प्रारम्भ में मूल अवस्था में है लेसर (जिससे 1.5K ऊर्जा का फोटॉन निकलता है) से परमाणु पर प्रकाश डाला जाता है। निम्न में से कौनसा/कौनसे कथन सही है?

(A) एक परमाणु को E_1 अवस्था तथा एक परमाणु को E_2 अवस्था में रखने पर फोटॉन अवशोषित होता है।

(B) फोटॉन हमेशा अवशोषित होगा, परन्तु परमाणु आधे समय K ऊर्जा वाली अवस्था में तथा आधे समय 2K ऊर्जा वाली अवस्था में जायेगा। इस प्रक्रिया में औसतन ऊर्जा संरक्षित रहेगी।

(C) परमाणु फोटॉन को अवशोषित करता है तथा K ऊर्जा के साथ प्रथम उत्तेजित अवस्था में जाता है तथा संरक्षण के कारण 0.5 K ऊर्जा का फोटॉन उत्सर्जित करता है।

(D) परमाणु कोई फोटॉन अवशोषित नहीं करता तथा मूल अवस्था में रहता है।

14. हाइड्रोजन सदृश्य परमाणु में इलेक्ट्रॉन ऊर्जा स्तर के क्वांटम संख्या n से अन्य क्वांटम संख्या (n – 1) में संक्रमण करता है। यदि n >> 1 है, उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति समानुपाती है : **[Olympiad 2011]**

(A) $\frac{1}{n^2}$ (B) $\frac{1}{n^3}$ (C) n^2 (D) $\frac{1}{n^4}$

15. यदि λ_1 : लाइमन श्रेणी की सीमान्त तरंगदैर्ध्य है, λ_2 : बामर श्रेणी की सीमान्त तरंगदैर्ध्य तथा λ_3 : लाइमन श्रेणी की प्रथम रेखा की तरंगदैर्ध्य हो तो :

(A) $\lambda_1 = \lambda_2 + \lambda_3$ (B) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$ (C) $\lambda_2 = \lambda_3 - \lambda_1$ (D) $\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_3}$

16. आद्य अवस्था में उपस्थित हाइड्रोजन परमाणुओं पर जब λ_1 तथा λ_2 तरंगदेर्ध्य वाला पराबैंगनी प्रकाश आपतित होता है, तो क्रमशः 1.8 eV तथा 4.0 eV गतिज ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होता है। $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ का मान ज्ञात करें।

(A) $\frac{7}{8}$ (B) $\frac{8}{7}$ (C) $\frac{9}{20}$ (D) $\frac{20}{9}$

17. एक विसर्जन नलिका में 200 वोल्ट विभवान्तर आरोपित करने पर 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन कैथोड़ से एनोड़ की तरफ तथा 3.125×10^{18} एकल आवेशित धनात्मक आयन एनोड़ से कैथोड़ की तरफ एक सैकण्ड में गति करते है तो नलिका की शक्ति होगी:

(A) 100 वॉट (B) 200 वॉट (C) 300 वॉट (D) 400 वॉट

18. एक X-किरण फोटॉन जिसकी तरंगदैर्ध्य λ तथा आवृति ν है, प्रारम्भ में स्थिर इलेक्ट्रॉन (जो गति के लिये स्वतंत्र है) से टकरा कर लौटता है। यदि विकिर्णित फोटॉन की तरंगदैर्ध्य तथा आवृति क्रमशः λ' तथा ν' है तो :

(A) $\lambda' = \lambda; \nu' = \nu$ (B) $\lambda' < \lambda; \nu' > \nu$ (C) $\lambda' > \lambda; \nu' > \nu$ (D) $\lambda' > \lambda; \nu' < \nu$

19. दो धातुओं A तथा B की K_α x-किरणों की तरंगदैर्ध्य क्रमशः $\frac{4}{1875R}$ तथा $\frac{1}{675R}$ हैं, जहाँ R रिडबर्ग नियतांक है। A तथा B के बीच स्थित परमाणु क्रमांक के अनुसार तत्वों की संख्या है–

(A) 3 (B) 6 (C) 5 (D) 4

20. एक X-किरण नलिका 66 kV विभव पर कार्यरत है तो उत्सर्जित X-किरण के सतत् स्पैक्ट्रम में :

(A) 0.01 nm तथा 0.02 nm दोनों तरंगदैर्ध्य उपस्थित होगी

(B) 0.01 nm तथा 0.02 nm दोनों तरंगदैर्ध्य अनुपस्थित होगी

(C) 0.01 nm वाली तरंगदैर्ध्य उपस्थित होगी लेकिन 0.02 nm वाली अनुपस्थित होगी

(D) 0.01 nm वाली तरंगदैर्ध्य अनुपस्थित होगी लेकिन 0.02 nm वाली उपस्थित होगी

21. क्रिस्टल की संरचना अध्ययन के लिये X-किरण का उपयोग किया जाता है क्योंकि -

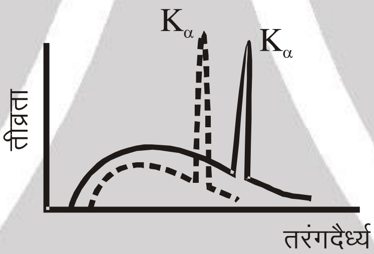
(A) X-किरण की तरंगदैर्ध्य की कोटी अन्तः परमाणविक दूरी के बराबर होती है

(B) X-किरण की भेदन क्षमता अधिक होती है

(C) X-किरण की तरंगदैर्ध्य की कोटि नाभिक के आकार की होती है

(D) X-किरण कला सम्बद्ध विकिरण होते हैं

22. दिये गये वक्र में दो विभिन्न कूलिज नलिकाओं A तथा B से प्राप्त X-किरण की तीव्रता तथा तरंगदैर्ध्य में संबंध दर्शाया गया है। गहरा वक्र नलिका A के लिए संबंध प्रदर्शित करता है जिसमें लक्ष्य तथा तंतु के मध्य विभवान्तर V_A तथा लक्ष्य के धातु का परमाणु क्रमांक Z_A है। इसी प्रकार बिन्दुवत वक्र नलिका B के लिए है। ये राशियाँ दूसरी नलिका के लिये क्रमशः V_B तथा Z_B है तो -



(A) $V_A > V_B, Z_A > Z_B$ (B) $V_A > V_B, Z_A < Z_B$ (C) $V_A < V_B, Z_A > Z_B$ (D) $V_A < V_B, Z_A < Z_B$

23. यदि λ_{min}, X-किरण नलिका में उत्पन्न न्यूनतम तरंगदैर्ध्य है तथा $\lambda_{k\alpha}$, k_α रेखा की तरंगदैर्ध्य है। यदि नलिका पर आरोपित विभावान्तर बढ़ाये तो -

(A) $(\lambda_k - \lambda_{min})$ बढ़ता है (B) $(\lambda_k - \lambda_{min})$ घटता है (C) $\lambda_{k\alpha}$ बढ़ता है (D) $\lambda_{k\alpha}$ घटता है

24. मौज़ले के नियमानुसार $\sqrt{v}$ तथा Z के मध्य ग्राफ की ढाल का अनुपात K_β और K_α के लिये हैं :

(A) $\sqrt{\frac{32}{27}}$ (B) $\sqrt{\frac{27}{32}}$ (C) $\sqrt{\frac{33}{22}}$ (D) $\sqrt{\frac{22}{33}}$

25. यदि परमाणु क्रमांक 31 वाले तत्व से निकलने वाली K_α X-किरण की आवृति f है तो परमाणु क्रमांक 51 वाले तत्व से निकलने वाली K_α X-किरण की आवृत्ति होगी (मानिऐ की K_α के लिए परीरक्षण नियतांक 1 है) -

(A) $\frac{5}{3}f$ (B) $\frac{51}{31}f$ (C) $\frac{9}{25}f$ (D) $\frac{25}{9}f$

26. 2.1eV गतिज ऊर्जा का एक α–कण, हाइड्रोजन परमाणु से मूल अवस्था मे जो कि 8.4 eV गतिज ऊर्जा से उसकी तरफ गतिमान है, सम्मुख टक्कर करता है। तब टक्कर -

(A) पूर्ण प्रत्यास्थ होगी। (B) पूर्ण अप्रत्यास्थ हो सकती है।

(C) अप्रत्यास्थ हो सकती है। (D) पूर्ण अप्रत्यास्थ टक्कर होगी।

27._ टंगस्टन की प्रकाश विद्युत देहली तरंगदैर्ध्य 230 nm है। 180 nm तरंगदैर्ध्य के पराबैंगनी प्रकाश द्वारा इसके तल से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा है – **[Olympiad (State-1) 2017]**

(A) 0.15 eV (B) 1.5 eV (C) 15 eV (D) 1.5 keV

28._ X किरण नलिका में इलेक्ट्रॉन प्रकाश के वेग के 10% वेग के साथ वाले लक्ष्य के टकराने वाला है। आरोपित विभव होना चाहिए **[Olympiad (State-1) 2017]**

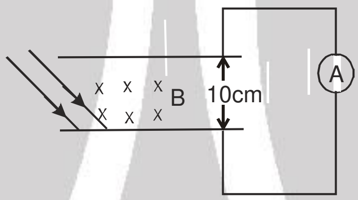
(A) 517.6 V (B) 1052 V (C) 2.559 kV (D) 5.680 kV

29._ एक परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन चौथी कक्षा से उत्तेजित होता है। जब यह वापस ऊर्जा स्तरों से कूदता है, तो एक वर्णक्रम बनाता है। इस वर्णक्रम में वर्णक्रमीय रेखाओं की कुल संख्या होगी **[Olympiad (State-1) 2017]**

(A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6

भाग - II : एकल एवं द्वि–पूर्णांक मान प्रकार (SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE)

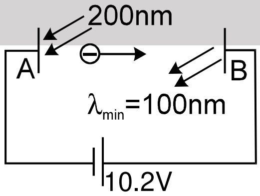
1. एक प्रकाश विद्युत प्रभाव परीक्षण में उत्सर्जक तथा संग्राहक प्लेटों के मध्य दूरी 10 cm है तथा इनको बिना सैल के एक अमीटर से जोड़ते हैं।



प्लेटों के मध्य तथा इनके समानान्तर चुम्बकीय क्षेत्र B उपस्थित है। उत्सर्जक का कार्य फलन 2.39 eV है तथा आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य 400 nm तथा 600 nm के मध्य है। B का न्यूनतम मान $n \times 10^{-6}$ T है तो n का मान ज्ञात करिये जिसके लिये अमीटर द्वारा दर्शायी धारा शून्य है। अन्तराक्षेत्र के अन्य आवेशों का प्रभाव नगण्य मानें। (फॉटोइलक्ट्रॉन का उत्सर्जन प्रत्येक सम्भव दिशा में यादृच्छिक मानिये)

2. एक 400 nm तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश पुंज 2.2 eV कार्य फलन वाली धात्विक प्लेट पर आपतित होता है। कोई निश्चित इलेक्ट्रॉन एक फोटॉन का अवशोषण करता है तथा धात्विक प्लेट से बाहर निकलने से पहले कुछ टक्कर करता है। यह मानिये की प्रत्येक टक्कर में तात्क्षणिक ऊर्जा का 10% धातु में ह्रास होता है। उपरोक्त अवधारणा में इलेक्ट्रॉन की टक्करों की न्यूनतम संख्या बताइये ताकि यह धातु से बाहर नहीं आये। (hc = 12400 eV Å उपयोग करे)

3. चित्रानुसार 200nm तरंगदैर्ध्य वाली विद्युत चुम्बकीय विकिरण धात्विक प्लेट A पर आपतित होती है। फोटो इलेक्ट्रॉन को 10.2 eV विभवान्तर से त्वरित किया जाता है। यह इलेक्ट्रॉन दूसरी धात्विक प्लेट B से टकराते हैं, जिससे विद्युत चुम्बकीय तरंगे निकलती है। उत्सर्जित होने वाले फोटॉन की न्यूनतम तरंगदैर्ध्य 100nm है। धातु 'A' का कार्य फलन (eV में) ज्ञात करो। (hc = 12400 eVÅ, का प्रयोग करो)



4. हाइड्रोजन परमाणु के लिये बोहर सिद्धान्त को मानिये। हाइड्रोजन परमाणु के n वे ऊर्जा स्तर वाले इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग का परिमाण, कक्षीय त्रिज्या तथा आवृति के मान क्रमशः ℓ, r और f है। 'x', का मान ज्ञात करिये यदि पद $(fr\ell)$ सीधे n^x के समानुपाती है।

5. He^+ आयन का पहला उत्तेजन विभव n है एवं Li^{++} आयन का आयनन विभव m है तो $\frac{m}{n}$ का मान ज्ञात करो

6. एक v चाल से गतिशील न्यूट्रॉन, समान चाल से इसकी ओर गति करते हुए मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु से टकराता है। न्यूट्रॉन की न्यूनतम चाल 3.13×10^n m/s है तो n का मान ज्ञात करिये, जिसके लिए टक्कर प्रत्यास्थ न हो। (न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = हाइड्रोजन का द्रव्यमान = 1.67×10^{-27}kg)

7. हाइड्रोजन सदृश परमाणु (Z = 3) में इलेक्ट्रॉन पंचम से चतुर्थ तथा चतुर्थ से तृतीय कक्षा में जाता है। उत्सर्जित विकीरण धातु प्लेट से प्रकाश इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करते है। लघु तरंगदैर्ध्य द्वारा उत्सर्जित किए गये प्रकाश इलेक्ट्रॉन का निरोधी विभव 3.95 V है। धातु का कार्यफलन = x eV है तब x ज्ञात करों। (रिडबर्ग नियतांक = $1.094 \times 10^7 m^{-1}$) **[1990; 7m]**

8. 20 eV ऊर्जा वाला इलेक्ट्रॉन आद्य अवस्था में स्थिर हाइड्रोजन परमाणु से टकराता है। फलस्वरूप हाइड्रोजन उत्तेजित अवस्था में पहुँच जाता है तथा इलेक्ट्रॉन घटी हुई चाल से प्रकीर्णित हो जाता है। परमाणु 1.216×10^{-7} m तरंगदैर्ध्य वाले विकिरण को उत्सर्जित करके आद्य अवस्था में आता है। अगर प्रकीर्णित इलेक्ट्रॉन की अंतिम चाल 1.86×10^n m/s है, तब n ज्ञात किजिऐ।

9. हाइड्रोजन परमाणु की पहली बोहर कक्षा में गतिशील इलेक्ट्रॉन के कारण इसके केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता $\frac{x}{2}$T है तो X का मान ज्ञात करो।

10. हाइड्रोजन विसर्जन नलिका से विकिरण (फॉटोन की ऊर्जा ≤ 13.6 eV) एक फिल्टर से गुजरती है जो केवल 4400 Å से अधिक तरंगदैर्ध्य वाली विकिरणों को पारगमित करती है तथा 2.0 eV कार्य फलन वाले धातु पर आपतित होती है। यदि निरोधी विभव $n \times 10^{-2}$ वोल्ट है तो n का मान ज्ञात करो।

11. हाइड्रोजन समान बोहर परमाणु की आयनन ऊर्जा 4 रिडबर्ग है। जब इलेक्ट्रॉन पहली उत्तेजन अवस्था से मूल अवस्था में आता है तो उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्ध्य N-m है एवं इस परमाणु के पहले कक्ष की त्रिज्या r-m है तब $\frac{N}{r} = P \times 10^2$ हो तो P का मान होगा (हाइड्रोजन की बोहर त्रिज्या = 5×10^{-11} m ; 1 रिडबर्ग = 2.2×10^{-18} J)

भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार

1. प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रकाश के कण प्रकृति का समर्थन करता है, क्योंकि –
(A) एक न्यूनतम आवृत्ति के नीचे कोई फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित नही होते है।
(B) फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा केवल आपतित प्रकाश की आवृत्ति पर निर्भर करती है तथा इसकी तीव्रता पर निर्भर नहीं करती है।
(C) जब धातु की सतह को बहुत कम तीव्रता के प्रकाश से प्रकाशित करते है तो फोटो इलेक्ट्रॉन (यदि $\nu \geq \nu_{th}$) तुरन्त सतह से बाहर निकलते हैं।
(D) फोटो इलेक्ट्रॉन पर विद्युत आवेश क्वान्टीकृत होता हैं।

2. सही विकल्प/विकल्पों को चुनिये : **[JEE 1994, 2] [Olympiad 2015 (stage-1)]**
जब किसी धातु A की सतह पर 4.25 eV ऊर्जा का फोटॉन टकराता है तो उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा T_A eV तथा डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ_A है। यदि एक अन्य सतह B से 4.70 eV ऊर्जा के फोटॉन द्वारा मुक्त फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा $T_B = (T_A - 1.50)$ eV है। यदि इन फोटो इलेक्ट्रॉनों की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य $\lambda_B = 2\lambda_A$ है, तब :
(A) A का कार्यफलन 2.25 eV है
(B) B का कार्यफलन 4.20 eV है
(C) $T_A = 2.00$ eV
(D) $T_B = 2.75$ eV

3. एक काल्पनिक हाइड्रोजन समान परमाणु की कल्पना करो। n = p से n = 1 के स्थानान्तरण के लिये स्पैक्ट्रम रेखा की तरंगदैर्ध्य Å में निम्न से दी जाती है -

$$\lambda = \frac{1500\ p^2}{p^2 - 1}$$ जहाँ p = 2, 3, 4, ... (दिया गया है hc = 12400 eV/Å)

(A) इस श्रेणी के न्यूनतम ऊर्जावान व अधिकतम ऊर्जावान वाले फोटॉन की तरंगदैर्ध्य क्रमशः 2000 Å, 1500 Å है।
(B) चौथी व तीसरी कक्षा की ऊर्जाओं के मध्य अन्तर 0.40 eV है।
(C) द्वितीय कक्षा की ऊर्जा 6.2 eV है।
(D) इस तत्व का आयनन विभव 8.27 V है।

4. एक हाइड्रोजन परमाणु गैस के नमूने में 100 परमाणु है। सभी परमाणु को समान nवें ऊर्जा अवस्था तक उत्तेजित किया गया है। जब यह परमाणु विभिन्न संक्रमण करते हुए मूल अवस्था में आते हैं तो सभी परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित कुल ऊर्जा $\frac{4800}{49}$ Rch (जहाँ Rch = 13.6 eV), है। ज्ञात करो -

(A) उत्सर्जित फोटॉन की अधिकतम ऊर्जा $\frac{48}{49}$ Rch से कम होगी।

(B) उत्सर्जित फोटॉन की अधिकतम ऊर्जा $\frac{48}{49}$ Rch से अधिक हो सकती है।

(C) n = 6 होगा

(D) इस नमूने द्वारा उत्सर्जित हो सकने वाले अधिकतम फोटॉनो की कुल संख्या 600 से कम हो सकती है।

5. आद्य अवस्था में स्थिर एक हाइड्रोजन परमाणु 975 Å वाले विकिरण द्वारा उत्तेजित किया जाता है। उत्सर्जन स्पैक्ट्रम में भिन्न–भिन्न रेखाएँ प्राप्त होगी। मानिये कि हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6eV है। **[1982; 5M]**

(A) उत्सर्जित स्पेक्ट्रम में रेखाओं की कुल संख्या 6 हो सकती है।

(B) 3rd एवं 4th कक्षा के मध्य ऊर्जा का अन्तर 0.66 eV है।

(C) उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में उच्चतम तरंगदैर्ध्य 1.875 μm होगा।

(D) उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में लघुतम तरंगदैर्ध्य 975 Å होगा।

6. मानिए कि नाभिक की कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन r कक्षा की त्रिज्या में चाल v से गतिशील है। इलेक्ट्रॉन का चुम्बकीय आधूर्ण एवं कोणीय संवेग का अनुपात निर्भर नहीं करता है : **[Olympiad 2011]**

(A) त्रिज्या r (B) चाल v (C) इलेक्ट्रॉन का आवेश e (D) इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान m_e

7. कुछ अभिलाक्षणिक X-किरणें उत्पन्न करने के लिए एक धातु को प्रयुक्त किया जाता है। प्रत्येक X-किरण की ऊर्जा E द्वारा दी जाती है तथा तरंगदैर्ध्य λ द्वारा प्रस्तुत की जाती है तो निम्न में से कौनसे सत्य है।

(A) $E(K_\alpha) > E(K_\beta) > E(K_\gamma)$ (B) $E(M_\alpha) > E(L_\alpha) > E(K_\alpha)$ (C) $\lambda(K_\alpha) > \lambda(K_\beta) > \lambda(K_\gamma)$ (D) $\lambda(M_\alpha) > \lambda(L_\alpha) > \lambda(K_\alpha)$

8. यदि X-किरण नलिका पर आरोपित विभवान्तर बढ़ाते हैं, परिणामस्वरूप उत्सर्जित विकिरण में –

(A) तीव्रता बढ़ेगी (B) न्यूनतम तरंगदैर्ध्य बढ़ेगी (C) तीव्रता अपरिवर्तित रहेगी (D) न्यूनतम तरंगदैर्ध्य घटेगी

9. धातु पर आपतित X-किरण

(A) इस पर बल लगाती है (B) इसको ऊर्जा स्थानान्तरित करती है

(C) इसको संवेग स्थानान्तरित करती है (D) इसको आवेग स्थानान्तरित करती है

10. एक X – किरण नलिका में आरोपित वोल्टता 20 kV है। K कोश से एक इलेक्ट्रोन को हटाने के लिये आवश्यक ऊर्जा 19.9 kev है। नलिका द्वारा उर्त्सजित X किरणों में, (hc = 12420 evÅ)

(A) न्यूनतम तरंगदैर्ध्य 62.1 Pm होगी

(B) अभिलाक्षणिक X – किरणों की ऊर्जा 19.9 kev के बराबर या इससे कम होगी ।

(C) L_α, X – किरण उत्सर्जित हो सकती है।

(D) L_α, X – किरण की ऊर्जा 19.9 kev होगी ।

11. X-किरण नलिका में त्वरित विभव का मान 20 kV है। दो लक्ष्य A तथा B क्रमशः प्रयोग में लिये जाते हैं। लक्ष्य 'A' के लिए K_α रेखा की तरंगदैर्ध्य 62 pm है। परन्तु लक्ष्य 'B' के लिए L_α रेखा की तरंगदैर्ध्य 124 pm है। 'B' आयन के लिए 'M' स्तर में रिक्ती के लिए ऊर्जा का मान परमाणु 'B' के सापेक्ष 5.5 keV ज्यादा है। [प्रयोग करें hc = 12400 eVÅ]

(A) $\lambda_{न्यूनतम}$ का मान 0.62 Å है।

(B) 'A', K_α–फोटॉन उत्सर्जित करेगा।

(C) 'B', L-फोटॉन उत्सर्जित करेगा।

(D) 'B' द्वारा उत्सर्जित अभिलाक्षणिक X-किरण की न्यूनतम तरंगदैर्ध्य 0.8 Å होगी।

12. यदि किसी परमाणु के लिये Z दुगना है तो निम्न में से कौनसे कथन बोहर सिद्धान्त से सही है -

(A) स्तर की ऊर्जा दुगनी हो जाती है। (B) कक्ष की त्रिज्या दुगनी हो जाती है।

(C) किसी कक्ष में इलेक्ट्रॉन का वेग दुगना हो जाता है। (D) कक्ष की त्रिज्या आधी हो जाती है।

13. माना कि हाइड्रोजन परमाणु में n वें कक्ष का क्षेत्रफल A_n है। $\ell n\ (A_n/A_1)$ का $\ell n(n)$ के सापेक्ष ग्राफ
(A) मूल बिन्दु से गुजरेगा
(B) सरल रेखा होगी तथा इसके किसी बिन्दु पर ढाल 4 होगा
(C) एकदिष्ट वर्धमान अरेखीय वक्र होगा
(D) वृत्त होगा

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

अनुच्छेद-1

एक भौतिकविद् किसी धातु सतह पर प्रकाश आपतित करके इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करना चाहता है। प्रकाश स्त्रोत से उत्सर्जित प्रकाश की तंरगदैर्ध्य 450 नैनोमीटर (nm) है। उसके पास केवल निम्न धातुयें उपलब्ध है, जिनके कार्य फलन सारिणी में दर्शाये है –

धातु		W_0(eV)
बेरियम	–	2.5
लीथियम	–	2.3
टेन्टेलम	–	4.2
टंगस्टन	–	4.5

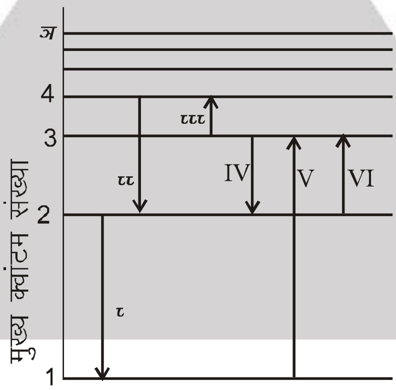
1. दिये गये प्रकाश स्रोत के लिए कौन–सी धातु / धातुयें, प्रकाश विधुत प्रभाव द्वारा इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करने के लिये उपयोग में ली जा सकती है–
(A) केवल बेरियम
(B) बेरियम या लीथियम
(C) लीथियम , टेन्टेलम या टंगस्टन
(D) टंगस्टन या टेन्टेलम

2. निम्न में से कौन सा विकल्प यह प्रदर्शित करता है कि वह धातु जो अधिकतम् ऊर्जा वाले इलैक्ट्रॉन उत्पन्न करेगी तथा उसकी ऊर्जा होगी –
(A) लीथियम, 0.45 eV
(B) टंगस्टन, 1.75 eV
(C) लीथियम, 2.30 eV
(D) टंगस्टन, 2.75 eV

3. माना कि दी गई प्रकाश तरंगदैर्ध्य (450 nm) के साथ प्रकाश विद्युत प्रयोग को इन धातुओं के साथ बारी बारी से किया जाता है तो इन सभी धातुओं में से किसमें निरोधी विभव का परिमाण अधिकतम होगा –
(A) 2.75 volt
(B) 4.5 volt
(C) 0.45 volt
(D) 0.25 volt

अनुच्छेद-2

चित्र में, हाइड्रोजन परमाणु के लिये, ऊर्जा स्तर चित्र दर्शाया है। कई विभिन्न संक्रमण I, II, III, ________ से अंकित हैं। चित्र केवल सूचनार्थ है, किसी पैमाने से नही बनाये गये है।



4. किस संक्रमण में बॉमर श्रेणी फोटॉन अवशोषित होंगे –
(A) II
(B) III
(C) IV
(D) VI

5. संक्रमण II से सम्बन्धित विकिरण की तरंगदैर्ध्य होगी –
(A) 291 nm
(B) 364 nm
(C) 487 nm
(D) 652 nm

6. जब हाइड्रोजन परमाणु, 103 नैनोमीटर (nm) के तरंगदैर्ध्य के विकिरण से ऊर्जित किया जाता है तो कौनसा संक्रमण होगा?
(A) I
(B) II
(C) IV
(D) V

अनुच्छेद-3

मान लो कि इलेक्ट्रॉन के साथ सम्बद्ध डी–ब्रोगली तरंग (de-Broglie wave) ; एक विमीय श्रृंखला में व्यवस्थित परमाणुओं के बीच अप्रगामी तरंग की स्थापना कर सकती है।, जिसमें प्रत्येक परमाणुक स्थिति पर निस्पंद है। पाया गया कि यदि श्रृंखला में परमाणुओं के बीच दूरी 'd' = 2 Å है तो इस प्रकार की एक अप्रगामी तरंग बनती है। यदि d को बढ़ाकर d = 2.5 Å कर दें तो इसी प्रकार की एक अप्रगामी तरंग दुबारा बनती है। परन्तु d की इस परास के बीच d के किसी अन्य मान के लिये तरंग नहीं बनती है।

7. इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा eV में ज्ञात कीजिए।

(A) 302 eV (B) 151 eV (C) 75.5 eV (D) 75.5×10^6 eV

8. उपरोक्त प्रकार की अप्रगामी तरंग की स्थापना के लिये d का न्यूनतम मान ज्ञात करो।

(A) 0.4 Aº (B) 0.5 Aº (C) 2 Aº (D) 1 Aº

अनुच्छेद-4

किसी क्षेत्र में एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B उपस्थित है। एक इलेक्ट्रॉन को चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत वेग दिया जाता है। बोहर के कोणीय संवेग के क्वाण्टीकरण को मानते हुए

9. nवीं कक्षा की त्रिज्या ज्ञात करिये।

(A) $\sqrt{\frac{nh}{2\pi eB}}$ (B) $\sqrt{\frac{nheB}{2\pi}}$ (C) $\sqrt{\frac{nhe}{2\pi B}}$ (D) $\sqrt{\frac{nhB}{2\pi e}}$

10. इलेक्ट्रॉन की संभावित न्यूनतम चाल ज्ञात करिये।

(A) $\sqrt{\frac{heB}{nm^2}}$ (B) $\sqrt{\frac{he}{2\pi Bm^2}}$ (C) $\sqrt{\frac{h \cdot eB}{2\pi m^2}}$ (D) $\sqrt{\frac{hem^2}{2\pi B}}$

अनुच्छेद-5

हाइड्रोजन सदृश्य (लेकिन हाइड्रोजन नहीं) गैस जो कि मूल ऊर्जा स्तर में है, से एक समान गतिज ऊर्जा वाले न्यूट्रॉनों का पुँज गुजरता है। न्यूट्रानों द्वारा गैस ऑयनों से टक्कर के परिणामस्वरूप, ऑयन उत्तेजित अवस्था में पहुँचते हैं तथा वे फोटॉनों का उत्सर्जन करते हैं। छः स्पेक्टम रेखाऐं प्राप्त होती हैं जिसमें एक रेखा की तरंगदैर्ध्य (6200/51) nm है।

11. बताइये गैस कौन सी है ?

(A) H (B) D (C) He^+ (D) Li^{+2}

12. न्यूट्रॉन की न्यूनतम सम्भव गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए जिसके लिए यह घटना संभव है। प्रश्न के उत्तर के लिए प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन का द्रव्यमान लगभग समान मान सकते हैं। प्रयोग करें hc = 12400 eVÅ

(A) 51 eV (B) 54.4 eV (C) 63.75 eV (D) 69 eV.

Exercise-3

✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

* चिन्हित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -

भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम के पराबैगनी क्षेत्र की अधिकतम तरंगदैर्ध्य 122 nm है। हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम के अवरक्त क्षेत्र में न्युनतम तरंगदैर्ध्य (निकटतम अंको में) होगी– **[JEE 2007, 3/81]**

(A) 802 nm (B) 823 nm (C) 1882 nm (D) 1648 nm

2. **कथन-1 :** यदि X-किरण नलिका में त्वरित विभव बढ़ाया जाये तो अभिलाक्षणिक X-किरण की तरंगदैर्ध्य परिवर्तित नही होती है।

क्योकि

कथन-2 : जब इलेक्ट्रॉन पुंज X-किरण नलिका के लक्ष्य से टकराता है तो गतिज ऊर्जा का कुछ भाग X-किरण ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। **[JEE 2007, 3/81]**

(A) कथन-1सही है, कथन-2 सही है; कथन-2 कथन-1की सही व्याख्या करता है।

(B) कथन-1सही है, कथन-2 सही है; कथन-2 कथन-1की सही व्याख्या नही करता है।

(C) कथन-1सही है, कथन-2 गलत है।

(D) कथन-1 गलत है, कथन-2 सही है।

3. डी–ब्रोग्ली तंरगदैर्ध्य λ के इलेक्ट्रॉन X-किरण नलिका के लक्ष्य पर गिरते है। उत्सर्जित X-किरण की अन्तक तंरगदैर्ध्य होगी **[JEE 2007, 3/81]**

(A) $\lambda_0 = \frac{2mc\lambda^2}{h}$ (B) $\lambda_0 = \frac{2h}{mc}$ (C) $\lambda_0 = \frac{2m^2c^2\lambda^3}{h^2}$ (D) $\lambda_0 = \lambda$

4. X-किरण नली (X-rays) से निकली X-किरण के संदर्भ में निम्न में से कौनसा वक्तव्य गलत है? **[JEE 2008, 4/163]**

(A) यदि लक्ष्य परमाणु का परमाणु क्रमांक बढ़ाया जाये तो अभिलक्षणिक X-किरण (characteristic X-rays) की तरंगदैर्ध्य घटेगी

(B) संतत (Continuous) X-किरण की देहली (Cut-off) तरंगदैर्ध्य लक्ष्य परमाणु के परमाणु क्रमांक पर निर्भर करती है।

(C) अभिलक्षणिक X-किरण की तीव्रता X-किरण नलिका को दी गई विद्युत शक्ति पर निर्भर करती है।

(D) संतत X-किरण की देहली तरंगदैर्ध्य X-किरण नलिका में इलेक्ट्रान की ऊर्जा पर निर्भर करती है।

अनुच्छेद:

H – He^+ गैस (He^+ एकल आयनित He परमाणु है) के मिश्रण में H–परमाणु तथा He^+ आयन अपनी–अपनी प्रथम उत्तेजित अवस्था में उत्तेजित है। इसके बाद, H–परमाणु अपनी पूरी उत्तेजन ऊर्जा He^+– आयन को दे देते है। (टक्करों के द्वारा)। मान लें कि बोहर (Bohr) का परमाणु माडल पूरी तरह से वैध है। **[IIT-JEE 2008, 12/163]**

5.✍ He^+– आयन में अंततः आबादित अवस्था का क्वान्टम (Quantum) नम्बर n निम्न होगा :

(A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 5

6.✍ H– परमाणुओं से टकराने के बाद He^+–आयनों द्वारा उत्सर्जित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य, जो दृश्य–क्षेत्र (visible region) में है, होगी

(A) 6.5×10^{-7} m (B) 5.6×10^{-7} m (C) 4.8×10^{-7} m (D) 4.0×10^{-7} m

7.✍ n = 2 अवस्था में H–परमाणु तथा He^+ – आयन के इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा का अनुपात निम्न होगा :

(A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{1}{2}$ (C) 1 (D) 2

प्रश्न 8 से 10 के लिए अनुच्छेद

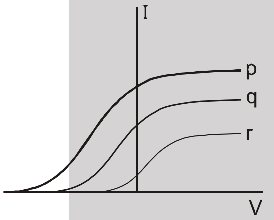
जब एक कण को x-अक्ष पर x = 0 से x = a तक, जहाँ a नैनोमीटर के आस पास है, चलने के लिए सीमित किया जाता है तब इस कण की ऊर्जा के कुछ विशेष मान ही हो सकते है। इस सीमित क्षेत्र में गति करते कण की सम्भव ऊर्जाएँ इस क्षेत्र में बनने वाली ऐसी अप्रगामी तरंगों से सम्बन्धित है, जिनके लिये x = 0 और x = a पर निस्पन्द बन रहे हों। इन अप्रगामी तरंगों का तरंग–दैर्ध्य, इस कण के रेखीय संवेग से डी-ब्रोगली समीकरण के अनुसिार सम्बन्धित है। द्रव्यमान m के कण की ऊर्जा एवं इसके रेखीय संवेग के बीच सम्बन्ध है, $E = \frac{p^2}{2m}$ । अतः कण की ऊर्जा को एक क्वांटम संख्या 'n' जिसके मान 1, 2, 3, ..., (n = 1, को मूल अवस्था कहते है) हो सकते है, के द्वारा दर्शाया जा सकता है। इस संख्या का सम्बन्ध अप्रगामी तरंगो में बन रहे लूपों की संख्या से है। उपरोक्त माडल की सहायता से निम्नलिखित तीन प्रश्न हल करें, जब कण x = 0 से x = a तक एक रेखा पर चल रहा है। $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J s और $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ले। **[IIT-JEE 2009, 3×4/160, –1]**

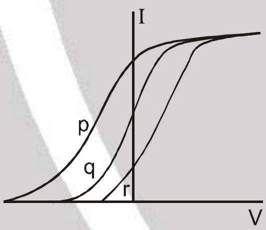
8. n के किसी एक मान के लिए कण की सम्भव ऊर्जा समानुपाती है :
(A) a^{-2} के (B) $a^{-3/2}$ के (C) a^{-1} के (D) a^2 के

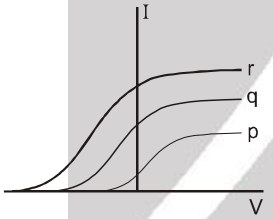
9. यदि कण का द्रव्यमान $m = 1.0 \times 10^{-30}$ kg और a = 6.6 nm हो, तब मूल अवस्था में कण की ऊर्जा सबसे निकट है :
(A) 0.8 meV के (B) 8 meV के (C) 80 meV के (D) 800 meV के

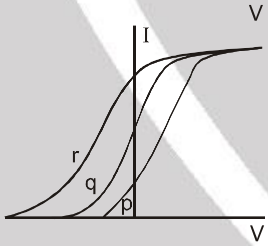
10. कण की चाल के कुछ खास पृथक–पृथक मान होंगे, जो समानुपाती है:
(A) $n^{-3/2}$ के (B) n^{-1} के (C) $n^{1/2}$ के (D) n के

11. धातु की तीन भिन्न प्लेटों p, q व r, जिनके कार्य फलन क्रमशः $\phi_p = 2.0$ eV, $\phi_q = 2.5$ eV व $\phi_r = 3.0$ eV है, को लेकर प्रकाश–वैद्युत–प्रभाव प्रयोग किये जाते हैं। तीनों प्रयोगों में एक प्रकाश पुंज का प्रयोग किया जाता है जो समान तीव्रता वाले 550 nm, 450 nm तथा 350 nm तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाशों से मिलाकर बनाया गया है। इन तीनों के I-V आरेख का सही चित्रण है। [hc = 1240 eV nm लें] **[JEE 2009, 3/160, –1]**

(A)


(B)


(C)


(D)


12. एक α-कण तथा एक प्रोटॉन को विरामावस्था से 100V के विभवान्तर द्वारा त्वरित किया जाता है। इसके बाद इनकी **डी–ब्रोग्ली** तरंगदैर्ध्य क्रमशः λ_α तथा λ_p हैं। अनुपात $\frac{\lambda_p}{\lambda_\alpha}$ के मान का निकटतम पूर्णांक क्या होगा ?**[JEE 2010, 3/163]**

अनुच्छेद के लिए प्रश्न 13 से 15

प्रोटॉन के चारों ओर घूमते इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग का क्वांटीकरण, बोहर के हाइड्रोजन परमाणु स्पेक्ट्रम सिद्धांत का मुख्य आधार है। हम इस सिद्धांत को ओर आगे बढ़ाते हुए एक सामान्य घूर्णन गति के लिए उपयोग करते है तथा एक द्विपरमाणिवक अणु को दृढ़ मानते हुये उसकी क्वान्टीकृत घूर्णन ऊर्जा निकालेंगे। इसके लिये बोहर के क्वांटीकृत–प्रतिबंध वाले नियम का उपयोग किया जायेगा। **[JEE 2010, 9/163, –1]**

13. एक द्विपरमाण्विक अणु का जड़त्व आघूर्ण I है। बोहर के क्वांटीकृत–प्रतिबंध के अनुसार इसके nवें स्तर (n = 0 मान्य नहीं है) की घूर्णन ऊर्जा कितनी होगी ? **[JEE 2010, 3/163, –1]**
(A) $\frac{1}{n^2}\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$ (B) $\frac{1}{n}\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$ (C) $n\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$ (D) $n^2\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$

14. यह पाया गया है कि CO अणु के घूर्णन की निम्नतम अवस्था से घूर्णन की प्रथम उत्तेजित अवस्था तक के लिए उत्तेजन आवृति लगभग $\frac{4}{\pi}\times10^{11}$ Hz है। तब CO अणु का जड़त्व–आघूर्ण इसके द्रव्यमान केन्द्र के सापेक्ष लगभग कितना होगा ? ($h = 2\pi \times 10^{-34}$ J s लीजिये) **[JEE 2010, 3/163, –1]**

(A) 2.76×10^{-46} kg m^2 (B) 1.87×10^{-46} kg m^2 (C) 4.67×10^{-47} kg m^2 (D) 1.17×10^{-47} kg m^2

15. CO अणु में C (द्रव्यमान = 12 a.m.u.) तथा O (द्रव्यमान = 16 a.m.u.) के बीच दूरी लगभग कितनी है ? (1 a.m.u. = $\frac{5}{3}\times10^{-27}$ kg) : **[JEE 2010, 3/163, –1]**

(A) 2.4×10^{-10} m (B) 1.9×10^{-10} m (C) 1.3×10^{-10} m (D) 4.4×10^{-11} m

16. हाइड्रोजन परमाणु की बामर सीरीज की पहली स्पेक्ट्रमी लाइन की तरंग दैर्ध्य 6561 Å है। तब एकल–आयनित हीलियम परमाणु की बामर सीरीज की दूसरी लाइन की तरंगदैर्ध्य होगी। **[JEE 2010, 3/160, –1]**

(A) 1215 Å (B) 1640 Å (C) 2430 Å (D) 4687 Å

अनुच्छेद के लिए प्रश्न 17 से 18

बराबर संख्या में इलेक्ट्रॉन तथा धन आयन समूह, जिसका घनत्व बहुत हो, को अनाविष्ट प्लाजमा कहते है। कुछ ठोस जिनमें स्वतंत्र इलेक्ट्रॉनों के बीच स्थिर धन–आयन स्थित होते है, को भी अनाविष्ट प्लाजमा की तरह लिया जाता है। माना कि इलेक्ट्रॉनों का संख्या घनत्व 'N' है और प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान 'm' है । वैद्युत क्षेत्र लगाने पर ये इलेक्ट्रॉन स्थिर धन–आयन की तुलना में अपनी जगह से खिसक जाते है। अब यदि वैद्युत क्षेत्र शून्य हो जाये तो इलेक्ट्रॉन 'ω_p' कोणीय आवृति से धन–आयन के सापेक्ष दोलन करते है। ω_p को प्लाजमा आवृति कहते है। इन दोलनों को ω कोणीय आवृत्ति का वैद्युत–क्षेत्र लगा कर स्थायी किया जा सकता है। तब वैद्युत क्षेत्र से प्राप्त कुछ ऊर्जा अवशोषित होती है व कुछ ऊर्जा परावर्तित होती है तब ω बढकर ω_p हो जाती है तब इलेक्ट्रॉन समूह के सन्नादी हो जाने से सब ऊर्जा परावर्तित हो जाती है। यह धातु से परावर्तन के अधिक होने का कारण है। **[JEE 2011, 3×2/160, –1]**

17. इलेक्ट्रॉन आवेश को **'e'** तथा परावैद्युतांक को 'ε_0', लेकर विमीय–सूत्र के द्वारा ω_p के लिये सही समीकरण ज्ञात करें।

(A) $\sqrt{\frac{Ne}{m\varepsilon_0}}$ (B) $\sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{Ne}}$ (C) $\sqrt{\frac{Ne^2}{m\varepsilon_0}}$ (D) $\sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{Ne^2}}$

18. एक धातु, जिसमें इलेक्ट्रॉनों का संख्या–घनत्व $N = 4 \times 10^{27}$ m^{-3} है, के लिये प्लाज्मा परावर्तन तरंग दैर्ध्य का मान ज्ञात करें। मानिये $\varepsilon_0 = 10^{-11}$ और $m = 10^{-30}$, जहाँ यह मात्रायें अपने सही SI विमा में है।

(A) 800 nm (B) 600 nm (C) 300 nm (D) 200 nm

19. चाँदी का एक गोला, त्रिज्या = 1 cm, कार्य फलन = 4.7 eV, एक विद्युत रोधी धागे से मुक्त स्थान में लटकाया है। इस पर 200 nm तरंग दैर्ध्य का प्रकाश लगातार पड़ रहा है। जब प्रकाश इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं तब गोला आवेशित होता है और विभव प्राप्त करता है। गोले से उत्सर्जित अधिकतम प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की संख्या $A\times10^Z(1<A<10)$ है। तब 'Z' का मान है। **[JEE 2011, 4/160]**

20. एक छोटी वस्तु, जो प्रारम्भ में विराम अवस्था में है, प्रकाश की 100 ns की एक स्पन्द को पूर्णतया अवशोषित करती है। स्पन्द की शक्ति 30 mW है व प्रकाश की गति 3×10^8 ms^{-1} है। वस्तु का अन्तिम संवेग है : **[JEE (Advanced) 2013; 2/60, –1]**

(A) 0.3×10^{-17} kg ms^{-1} (B) 1.0×10^{-17} kg ms^{-1} (C) 3.0×10^{-17} kg ms^{-1} (D) 9.0×10^{-17} kg ms^{-1}

21. चॉदी एवं सोडियम के कार्य फलन क्रमशः 4.6 व 2.3 eV है। चॉदी व सोडियम के निरोधी विभव एवं आवृत्ति के बीच ग्राफों के ढाल का अनुपात है : **[JEE (Advanced) 2013; 4/60, –1]**

22.* एक हाइड्रोजन–समान परमाणु के इलेक्ट्रॉन कक्ष की त्रिज्या 4.5 a_0 है जहॉ a_0 बोर त्रिज्या है। इस इलेक्ट्रॉन का कक्षीय कोणीय संवेग $\frac{3h}{2\pi}$ है। दिया है कि h प्लांक नियतांक व R रिडबर्ग नियतांक है। परमाणु के व्युत्तेजित होने पर उत्सर्जित विकिरण के तरंगदैर्ध्य की संभावनाएँ है : **[JEE (Advanced) 2013; 3/60, –1]**

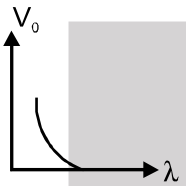
(A) $\frac{9}{32R}$ (B) $\frac{9}{16R}$ (C) $\frac{9}{5R}$ (D) $\frac{4}{3R}$

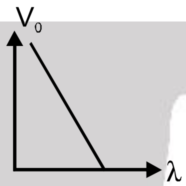
23. तांबे (परमाणु क्रमांक 29) की K_α X-किरण रेखा की तरंगदैर्ध्य λ_{Cu} है तथा मॉलिब्डेनम (परमाणु क्रमांक 42) की K_α X-किरण रेखा की तरंगदैर्ध्य λ_{Mo} है, तब अनुपात $\lambda_{Cu}/\lambda_{Mo}$ लगभग है **[JEE (Advanced)-2014, 3/60, –1]**
(A) 1.99 (B) 2.14 (C) 0.50 (D) 0.48

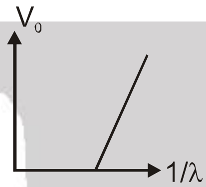
24. किसी धातु की एक सतह को अलग–अलग तरंग दैर्ध्यो 248 nm तथा 310 nm से प्रदीप्त किया गया है। इन तरंग–दैर्ध्यो के संगत (corresponding) निकलने वाले प्रकाश इलेक्ट्रॉनों (photoelectrons) की अधिकतम गति क्रमशः u_1 तथा u_2 है। यदि अनुपात $u_1 : u_2 = 2 : 1$ तथा hc = 1240 eV nm है, तब धातु का कार्य फलन लगभग है **[JEE (Advanced) 2014, 3/60, –1]**
(A) 3.7 eV (B) 3.2 eV (C) 2.8 eV (D) 2.5 eV

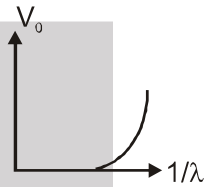
25. एक हाइड्रोजन परमाणु में इलैक्ट्रॅान n^{th} कक्षा में है। उसको आयनित करने के लिए 90 nm तरंगदैर्ध्य के विद्युत–चुम्बकीय विकिरण का प्रयोग किया जाता है। यदि इस प्रक्रिया में उत्सर्जित इलैक्ट्रॅान की गतिज ऊर्जा 10.4 eV है, तब n का मान होगा। (hc = 1242 eV nm) **[JEE(Advanced) 2015 ; P-1,4/88]**

26.* प्रकाश–विद्युत प्रभाव में आपतित फोटॉन की तरंगदैर्ध्य λ है। तथा निरोधी विभव V_0 है। V_0 का λ तथा $1/\lambda$ के साथ सही ग्राफ है (हैं) **[JEE(Advanced) 2015 ; P-1, 4/88, –2]**

(A)


(B)


(C)


(D)


27. Li^{2+} आयन की उत्तेजन अवस्था में एक इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग $3h/2\pi$ है। इस अवस्था में इलेक्ट्रॉन की डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य $p\pi a_0$ (जहाँ a_0 बोर त्रिज्या है) है। तब p का मान है। **[JEE(Advanced) 2015 ; P-2,4/88]**

28. प्लांक स्थिरांक निकालने के लिए एक एतिहासिक प्रयोग में एक धातु की सतह को अलग–अलग तरंगदैर्ध्य के प्रकाश से प्रदीप्त किया गया। उत्सर्जित इलेक्ट्रॅान की ऊर्जा को निरोधी विभव (stopping potential) लगाकर मापा गया। उपयोग में लाये गए आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य (λ) एवं संबन्धित निरोधी विभव (V_0) के आंकडे नीचे दिए गए हैं :

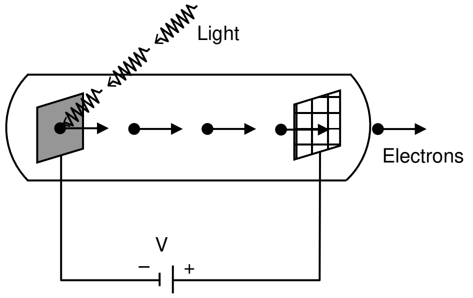
λ (μm)	V_0 (Volt)
0.3	2.0
0.4	1.0
0.5	0.4

प्रकाश की गति $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1} तथा इलैक्ट्रॅान का आवेश $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C दिया गया है। इस प्रयोग से निकाले गए, प्लांक स्थिरांक (J s मात्रक में) का मान है। **[JEE (Advanced) 2016; P-1, 3/62, –1]**
(A) 6.0×10^{-34} (B) 6.4×10^{-34} (C) 6.6×10^{-34} (D) 6.8×10^{-34}

29.* Ze नाभिकीय आवेश के हाइड्रोजन की तरह के परमाणु की अत्यधिक उत्तेजित अवस्था (जिसे रिडबर्ग अवस्था भी कहते है) को उसके मुख्य क्वांटम अंक n (n >> 1) से परिभाषित किया जाता है। निम्नखित में से कौनसा/कौनसे कथन सत्य है/हैं? **[JEE (Advanced) 2016; P-1, 4/62, –2]**
(A) दो क्रमागत कक्षों की त्रिज्या का आपेक्षित अंतर (relative change) Z के ऊपर निर्भर नहीं करता है
(B) दो क्रमागत कक्षों की त्रिज्या का आपेक्षित अंतर 1/n के समानुपात होता है
(C) दो क्रमागत कक्षों की ऊर्जा का आपेक्षित अंतर $1/n^3$ के समानुपात होता है
(D) दो क्रमागत कक्षों के कोणिय संवेग का आपेक्षित अंतर 1/n के समानुपात होता है

30. एक हाइड्रोजन परमाणु को उसकी निम्नतम अवस्था में 970 Å तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश से प्रदीप्त किया जाता है। यहाँ पर $hc/e = 1.237 \times 10^{-6}$ eV m तथा हाइड्रोजन परामाणु की न्यूनतम अवस्था की ऊर्जा–13.6 eV है। उत्सर्जित मानावली (emission spectrum) में रेखाओं की संख्या क्या होगी। **[JEE (Advanced) 2016; P-1, 3/62]**

31. λ_{ph} तरंगदैर्ध्य का प्रकाश निर्वात नलीका (vacuum tube) के अंदर एक कैथोड पर गिरता है, जैसा चित्र में दर्शाया गया है। कैथोड की सतह का कार्यफलन ϕ है एवं एनोड, जो की एक चालकीय पदार्थ के तारों की जाली है, कैथोड से d दूरी पर स्थित है। एलेक्ट्रोड़ों के बीच का विभवान्तर V स्थिर है। यदि एनोड को पार करने वाले इलेक्ट्रॉनों की न्यूनतम "द ब्रोग्ली" (de Broglie) तरंगदैर्ध्य λ_e है, निम्नलिखित में से कौनसा/कौनसे कथन सत्य है/हैं ?



(A) अगर $\lambda_{ph} < hc/\phi$ है तो λ_{ph} के साथ λ_eएक समान दर से बढ़ेगा। **[JEE (Advanced) 2016; P-2, 3/62, –1]**
(B) उच्च विभवान्तर ($V >> \phi/e$) पर अगर V को चार गुना बढ़ाया जाए तो λ_e लगभग आधा हो जाएगा।
(C) d को दुगना करने पर λ_e लगभग आधा हो जाएगा।
(D) ϕ और λ_{ph} को बढ़ाने पर λ_e कम होगा।

32. एक हाइड्रोजन परामाणु का एक इलेक्ट्रॉन n_i क्वांटम संख्या (quantum number) वाले कक्ष से n_f क्वांटम संख्या (quantum number) के कक्ष में प्रवेश करता है। V_i तथा V_f प्राथमिक एवं अंतिम स्थितिज उर्जाए है। यदि $V_i/V_f = 6.25$, तब n_f की न्यूनतम सम्भावी संख्या (smallest possible n_f) है **[JEE (Advanced) 2017; P-1, 3/61]**

33. प्रकाश विद्युत पदार्थ (photo electric material) जिसका कार्य फलन (work-function) ϕ_0 है, तरंग–दैर्ध्य $\lambda\left(\lambda < \frac{hc}{\phi_0}\right)$ के प्रकाश से प्रदीप्त किया गया है। द्रुत प्रकाश इलेक्ट्रान की डी ब्रोग्ली (de Broglie) तरंग–दैर्ध्य λ_d है। आपतित प्रकाश (incident light) की तरंग–दैर्ध्य में $\Delta\lambda$ के परिवर्तन से λ_d के मान में $\Delta\lambda_d$ का परिवर्तन होता है। तब $\frac{\Delta\lambda_d}{\Delta\lambda}$ का अनुपात समानुपाती होगा **[JEE (Advanced) 2017; P-2, 3/61, –1]**

(A) $\frac{\lambda_d^3}{\lambda^2}$ (B) $\frac{\lambda_d^3}{\lambda}$ (C) $\frac{\lambda_d^2}{\lambda^2}$ (D) $\frac{\lambda_d}{\lambda}$

34. एक प्रकाश विद्युत् (photoelectric) प्रयोग में 200 W शक्ति (power) वाला एक समांतर एकवर्णी प्रकाश किरण पुंज (a parallel beam of monochromatic light) पूर्ण रूप से अवशोषित करने वाले एक उत्सर्जक (perfectly absorbing cathode) पर गिरता है। उत्सर्जक के पदार्थ का कार्य–फलन (work function) 6.25 eV है। प्रकाश की आवृत्ति, देहली आवृत्ति (threshold frequency) से थोड़ी ही अधिक है, जिससे उत्सर्जित होने वाली प्रकाशिक इलेक्ट्रानों (photoelectrons) की गतिज ऊर्जा (kinetic energy) नगण्य है। मान लीजिए कि प्रकाश विद्युत् उत्सर्जन दक्षता (photoelectron emission efficiency) 100% है। उत्सर्जक और संग्राहक (anode) के बीच 500V का विभवान्तर (potential difference) लगाया जाता है। उत्सर्जित होने वाले सभी इलेक्ट्रान संग्राहक पर अभिलम्ब आपतित (normal incidence) होकर अवशोषित हो जाते हैं। इलेक्ट्रानों की संग्राहक पर टक्कर से $F = n \times 10^{-4}$ N का बल लगता है। n का मान ___________ है। इलेक्ट्रान का द्रव्यमान (mass) $m_e = 9 \times 10^{-31}$kg है और $1.0 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$J है।
[JEE (Advanced) 2018; P-2, 3/60]

35. एक हाइड्रोजन–जैसा आयनित (hydrogen-like ionized) परमानु का परमाणु क्रमांक (atomic number) Z है। इस परमाणु में एक ही इलेक्ट्रान है। इस परमाणु के उत्सर्जन–स्पेक्ट्रम (emission spectrum) में, n = 2 से n = 1 संक्रमण (transition) से उत्पन्न होने वाले फ़ोटॉन (photon) की ऊर्जा, n = 3 से n = 2 संक्रमण से उत्पन्न होने वाले फ़ोटॉन की ऊर्जा से 74.8 eV अधिक है। हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा (ionization energy) 13.6 eV है। Z का मान ___________ है। **[JEE (Advanced) 2018; P-2, 3/60]**

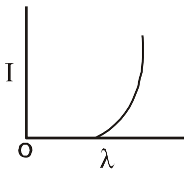
भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

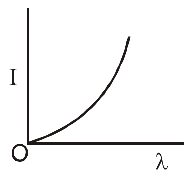
1. फोटॉन के टकराने से फोटोइलेक्ट्रॉन निकलने तक में लगा समय लगभग है : **[AIEEE 2006 3/180]**
(1) 10^{-1}s (2) 10^{-4} s (3) 10^{-10} s (4) 10^{-16} s

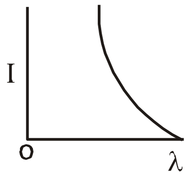
2. $1/2\ mv^2$ ऊर्जा का एक ऐल्फा नाभिक Ze आवेश के एक भारी नाभिकीय लक्ष्य पर बमबारी करता है। तब ऐल्फा नाभिक के लिए निकटतम उपगमन दूरी समानुपाती होगी : **[AIEEE 2006 3/180]**
(1) $\frac{1}{Ze}$ (2) v^2 (3) $\frac{1}{m}$ (4) $\frac{1}{v^4}$

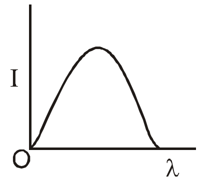
3. एक धात्वीय पृष्ठ के लिए देहली आवृति 6.2 eV ऊर्जा के संगत है और इस पृष्ठ पर आपतित विकिरण के लिए निरोधी विभव 5 V है। आपतित विकिरण जिस क्षेत्र में है, वह है : **[AIEEE 2006 3/180]**
(1) X-किरण क्षेत्र (2) पराबैंगनी क्षेत्र (3) अवरक्त क्षेत्र (4) दृश्य क्षेत्र

4. एक फोटो सेल की एनोड वोल्टता स्थिर रखी जाती है। कैथोड पर आपतित प्रकाश की तंरगदैर्ध्य λ धीरे-धीरे परिवर्तित की जाती है। फोटोसेल की प्लेट धारा I इस प्रकार परिवर्तित होती है : **[AIEEE 2006 3/180]**

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 

5. आवृति ν के एक फोटॉन में संवेग निहित है। यदि c प्रकाश का वेग है, तब संवेग है **[AIEEE 2007 3/120, –1]**
(1) ν/c (2) $h\nu c$ (3) $h\,\nu/c^2$ (4) $h\,\nu/c$

6. हाइड्रोजन परमाणु में निम्नलिखित संक्रमणों में से कौनसा संक्रमण अधिकतम आवृत्ति के फोटॉन का उत्सर्जन करता हैं ? **[AIEEE 2007 3/120, –1]**
(1) n = 2 से n = 6 (2) n = 6 से n = 2 (3) n = 2 से n = 1 (4) n = 1 से n = 2

7. माना कि एक इलेक्ट्रॉन मूल बिन्दु की और एक बल $\frac{k}{r}$ द्वारा आकर्षित होता है जहॉं 'k' एक नियतांक है एवं 'r' इलेक्ट्रॉन की मूल बिन्दु से दूरी है। इस निकाय को बोहर प्रतिरूप मानने पर n वे कक्ष के इलेक्ट्रॉन की त्रिज्या 'r_n' है तथा इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा 'T_n' है। तो निम्न में से कौनसा सत्य है ? **[AIEEE 2008 3/105, –1]**
(1) T_n, n से स्वतंत्र है, $r_n \propto n$ (2) $T_n \propto \frac{1}{n}$, $r_n \propto n$
(3) $T_n \propto \frac{1}{n}$ n_1, $r_n \propto n^2$ (4) $T_n \propto \frac{1}{n^2}$, $r_n \propto n^2$

8. हाइड्रोजन समान परमाणु में n = 4 से n = 3 अवस्था में संक्रमण के फलस्वरूप पराबैंगनी विकिरण प्राप्त होता है। निम्नलिखित में से किस संक्रमण में अवरक्त विकिरण प्राप्त होगा ? **[AIEEE 2009 4/144, –1]**
(1) $3 \to 2$ (2) $4 \to 2$ (3) $5 \to 4$ (4) $2 \to 1$

9. 400 nm के प्रकाश से किसी धातु के पृष्ठ को प्रदीप्त किया जाता है। उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा 1.68 eV पायी जाती है। धातु का कार्य फलन है। (hc = 1240 eV.nm) **[AIEEE 2009 4/144, –1]**
(1) 1.41 eV (2) 1.51 eV (3) 1.68 eV (4) 3.09 eV

10. **कथन-1 :** जब पराबैंगनी प्रकाश एक प्रकाश–सेल पर आपतित है, तब इसका निरोधी विभव V_0 है और फोटो इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा K_{max} है। जब पराबैंगनी प्रकाश को एक्स–किरणों से बदल दिया जाता है, तब दोनों V_0 एवं K_{max} में वृद्धि हो जाती है **[AIEEE 2010, 4/144, –1]**
कथन-2 : फोटो इलेक्ट्रॉन शून्य से एक अधिकतम चाल की परास में उत्सर्जित होते है क्योंकि आपतित प्रकाश में आवृत्तियों की परास उपस्थित होती है।
(1) कथन–1 सत्य है, कथन–2 सत्य है ; कथन–2, कथन–1 का सही स्पष्टीकरण है।
(2) कथन–1 सत्य है, कथन–2 सत्य है ; कथन–2, कथन–1 का सही स्पष्टीकरण नहीं है।
(3) कथन–1 असत्य है, कथन–2 सत्य है।
(4) कथन–1 सत्य है, कथन–2 असत्य है।

11. यदि 4 kW शक्ति का एक स्त्रोत 10^{20} फोटॉन प्रति सेकण्ड उत्पन्न करता है, तब विकिरण स्पेक्ट्रम के इस भाग का सदस्य होगा **[AIEEE 2010, 4/144, –1]**
(1) एक्स किरणें (2) पराबैंगनी किरणें (3) सूक्ष्मतरंगें (4) गामा किरणें

12. Li^{++} के लिये पहले से तीसरे बोर कक्ष में इलेक्ट्रॉन उत्तेजन के लिये आवश्यक ऊर्जा है :**[AIEEE - 2011, 4/120, –1]**
(1) 12.1 eV (2) 36.3 eV (3) 108.8 eV (4) 122.4 eV

13. इस प्रश्न में प्रकथन–1 एवं प्रकथन–2 दिये गये हैं। प्रकथनों के बाद दिये गये चार विकल्पों में से उस विकल्प को चुनिए जो कि प्रकथनों का सही वर्णन करता है। **[AIEEE - 2011, 1 May, 4/120, –1]**

प्रकथन–1 : आवृत्ति $\nu > \nu_0$ (देहली आवृत्ति) के एकवर्णी प्रकाश से एक धात्विक पृष्ठ को किरणित किया जाता है। अधिकतम गतिज ऊर्जा एवं अवरोधी विभव क्रमशः K_{max} एवं V_0 हैं। यदि पृष्ठ पर आपतित आवृत्ति दोगुनी कर दी जाए, दोनों K_{max} एवं V_0 भी दोगुने हो जाते हैं।

प्रकथन –2 : पृष्ठ से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रोनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा एवं अवरोधी विभव आपतित प्रकाश की आवृत्ति पर रैखिक निर्भर करते हैं।

(1) प्रकथन–1 सही हैं, प्रकथन–2 गलत हैं
(2) प्रकथन–1 सही है, प्रकथन–2 सही है और प्रकथन–2 प्रकथन–1 की सही व्याख्या करता है।
(3) प्रकथन–1 सही है, प्रकथन–2 सही है और प्रकथन–2 प्रकथन–1 की सही व्याख्या नहीं करता है।
(4) प्रकथन–1 गलत है, प्रकथन–2 सही है।

14. एक धीमी गति से गतिशील m_N द्रव्यमान के न्यूट्रॉन (संवेग ≈ 0) का अवशोषण कर द्रव्यमान M का एक नाभिक द्रव्यमान क्रमशः m_1 तथा $5m_1$ के दो नाभिकों में टूटता है ($6\ m_1 = M + m_N$)। यदि द्रव्यमान m_1 वाले नाभिक की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ है, तब दूसरे नाभिक की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य होगी : **[AIEEE 2011, 11 May; 4, –1]**

(1) 5λ (2) $\lambda/5$ (3) λ (4) 25λ

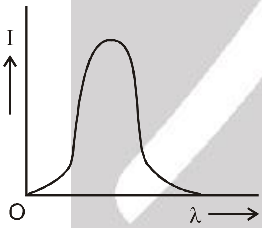
15. हाइड्रोजन परमाणु को इसकी निम्नतम अवस्था से मुख्य क्वाण्टम संख्या 4 वाली एक अवस्था पर उत्तेजित किया जाता है। तब उत्सर्जित स्पेक्ट्रम में स्पेक्ट्रल रेखाओं की संख्या होगी : **[AIEEE 2012 ; 4, –1]**

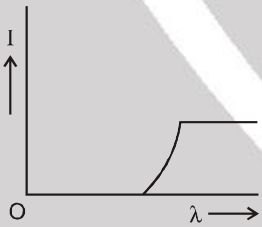
(1) 2 (2) 3 (3) 5 (4) 6

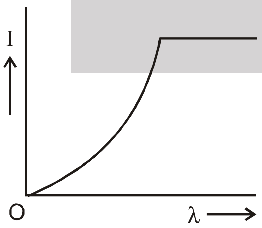
16. एक द्विपरमाणुक अणु m_1 तथा m_2 के दो द्रव्यमानों से बना है जो कि दूरी r पर है। यदि कोणीय संवेग क्वाण्टीकरण के बोर के नियम को लगाकर हम इसकी घूर्णन ऊर्जा की गणना करें, तब इसकी ऊर्जा दी जाएगी : (n एक पूर्णांक है) $(\hbar = \frac{h}{2\pi})$ **[AIEEE 2012 ; 4, –1]**

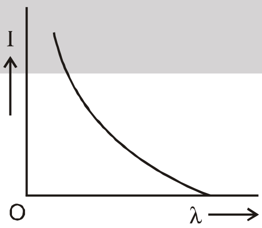
(1) $\frac{(m_1+m_2)^2 n^2\hbar^2}{2m_1^2 m_2^2 r^2}$ (2) $\frac{n^2\hbar^2}{2(m_1+m_2)r^2}$ (3) $\frac{2n^2\hbar^2}{2(m_1+m_2)r^2}$ (4) $\frac{(m_1+m_2)n^2\hbar^2}{2m_1 m_2 r^2}$

17. एक फोटोसैल की एनोड वोल्टता नियत है। कैथोड पर आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य λ धीरे–धीरे परिवर्तित की जाती है। फोटोसैल की प्लेट धारा I इस प्रकार परिवर्तित होती है : **[JEE (Main) 2013, 4/120]**

(1)


(2)


(3)


(4)


18. एक हाइड्रोजन समान परमाणु में इलेक्ट्रॉन क्वाण्टम संख्या n के ऊर्जा स्तर से एक दूसरे क्वाण्टम संख्या (n–1) के ऊर्जा स्तर पर संक्रमण करता है। यदि n>>1, तब उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति इसके समानुपाती है : **[JEE (Main) 2013, 4/120]**

(1) $\frac{1}{n}$ (2) $\frac{1}{n^2}$ (3) $\frac{1}{n^{3/2}}$ (4) $\frac{1}{n^3}$

19. हाइड्रोजन परमाणु के $3 \rightarrow 2$ संक्रमण के संगत विकिरण एव धातु पृष्ठ पर आपतित होकर फोटोइलेक्ट्रॉन उत्पन्न करता है। ये इलेक्ट्रॉन 3×10^{-4} T के एक चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश करते है। यदि इलेक्ट्रॉनों द्वारा अनुगामी अधिकतम वृत्तीय पथ की त्रिज्या 10.0 mm, हो तब धातु का कार्य फलन लगभग है। **[JEE (Main) 2014, 4/120, –1]**

(1) 1.8 eV (2) 1.1 eV (3) 0.8 eV (4) 1.6 eV

20. हाइड्रोजन ($_1H^1$), ड्युटेरियम ($_1H^2$), एकधा आयनित हीलियम $(_2He^4)^+$ और द्विधा आयनित लीथियम $(_3Li^6)^{++}$ सभी में एक इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर है। n = 2 से n = 1 के इलेक्ट्रॉन संक्रमण पर विचार कीजिए। यदि उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्ध्य क्रमशः $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ एवं λ_4 है, तब निम्नलिखित सम्बन्धों में से कौनसा लगभग सही है ? **[JEE (Main) 2014, 4/120, –1]**

(1) $4\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$ (2) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$ (3) $\lambda_1 = \lambda_2 = 4\lambda_3 = 9\lambda_4$ (4) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 3\lambda_3 = 4\lambda_4$

21. जब कोई इलेक्ट्रॉन, होइड्रोजन जैसे परमाणु/आयन की उत्तेजित अवस्था से न्यूनतम ऊर्जा अवस्था में संक्रमण करता है तो उसकी: **[JEE(Main) 2015; 4/120, –1]**

(1) गतिज ऊर्जा में वृद्धि तथा स्थितिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा में कमी होती है।

(2) गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा में कमी हो जाती है।

(3) गतिज ऊर्जा कम होती है, स्थितिज ऊर्जा बढ़ती है और कुल ऊर्जा वही रहती है।

(4) गतिज ऊर्जा व कुल ऊर्जा कम हो जाती हैं किन्तु, स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है।

22. सूची-I (मूल प्रयोग) का सूची-II (उसके परिणाम) के साथ सुमेलन (मैच) कीजिये और निम्नांकित विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिये : **[JEE(Main) 2015; 4/120, –1]**

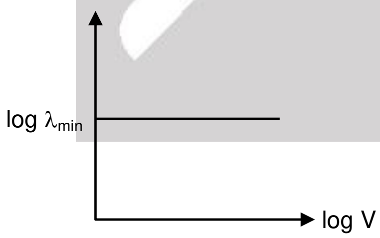
	सूची- I		सूची - II
(A)	फ्रेंक हर्ट्स प्रायेाग	(i)	प्रकाश की कणिका प्रकृति
(B)	प्रकाश विद्युत प्रयोग	(ii)	अणु के विविक्त ऊर्जा स्तर
(C)	डेवीसन जर्मर प्रयोग	(iii)	इलेक्ट्रॉन की तंरग प्रकृत्ति
		(iv)	परमाणु की संरचना

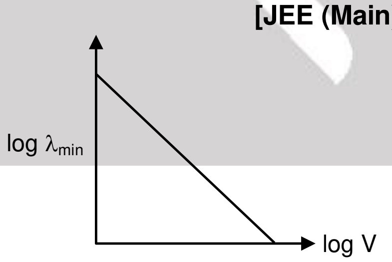
(1) (A) - (i) (B) - (iv) (C) - (iii) (2) (A) - (ii) (B)-(iv) (C) - (iii)
(3) (A) - (ii) (B) (i) (C) -(iii) (4) (A) - (iv) (B) - (iii) (C) - (ii)

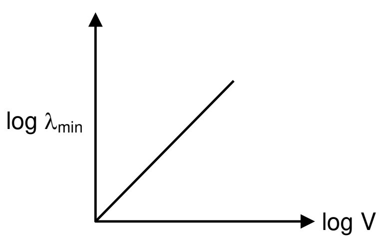
23. एक फोटो –सेल पर λ, तरंगदैर्ध्य का प्रकाश आपतित है। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गति 'v' है। यदि तरंगदैर्ध्य $\frac{3\lambda}{4}$, हो तब उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम चाल होगी। **[JEE(Main) 2016; 4/120, –1]**

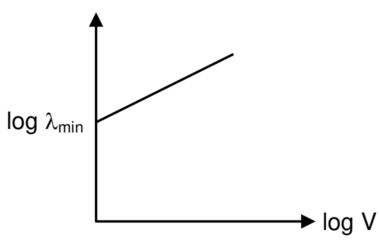
(1) $< v\left(\frac{4}{3}\right)^{1/2}$ (2) $= v\left(\frac{4}{3}\right)^{1/2}$ (3) $= v\left(\frac{3}{4}\right)^{1/2}$ (4) $> v\left(\frac{4}{3}\right)^{1/2}$

24. X-किरणें उत्पन्न करने के लिये एक इलेक्ट्रोन पुंज को विभवान्तर V से त्वरित करके धातु लक्ष्य पर आपतित किया जाता है। इससे अभिलाक्षणिक (characteristic) एवं अविरल (continuous) X-किरणें उत्पन्न होती है। यदि X-किरण स्पेक्ट्रम का न्यूनतम् संभव तरंगदैर्ध्य λ_{min} है तो $\log \lambda_{min}$ व $\log V$ के साथ बदलाव किस चित्र में सही दिखाया गया है। **[JEE (Main) 2017, 4/120, –1]**

(1) 

(2) 

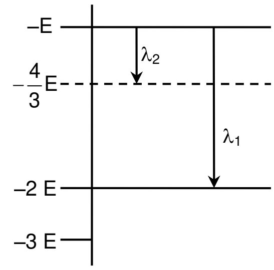
(3) 

(4) 

25. द्रव्यमान m एवं प्रारम्भिक वेग υ के एक कण A की टक्कर द्रव्यमान m/2 के स्थिर कण B से होती है। यह टक्कर सम्मुख एवं प्रत्यावस्था है। टक्कर के बाद डि–ब्रॉग्ली तरंगदैर्ध्यों λ_A से λ_B का अनुपात होगा। **[JEE (Main) 2017 ; 4/120, –1]**

(1) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=\frac{1}{2}$ (2) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=\frac{1}{3}$ (3) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=2$ (4) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=\frac{2}{3}$

26. एक अणु के कुछ ऊर्जा स्तरों की चित्र में दिखाया गया है। तरंगदैर्ध्यों के अनुपात $r = \lambda_1/\lambda_2$ का मान होगा। **[JEE (Main) 2017; 4/120, –1]**



(1) $r=\frac{1}{3}$ (2) $r=\frac{4}{3}$ (3) $r=\frac{2}{3}$ (4) $r=\frac{3}{4}$

27. यदि लाइमन श्रेणी की सीमा आवृति ν_L है जो फुण्ड श्रेणी की सीमा आवृति होगी— **[JEE (Main) 2018; 4/120, –1]**

(1) $\nu_L/16$ (2) $\nu_L/25$ (3) $25\nu_L$ (4) $16\nu_L$

28. एक इलेक्ट्रॉन किसी हाइड्रोजन परमाणु के विभिन्न उत्तेजित अवस्थाओं से विकिरण उत्सर्जित करके निम्नतम अवस्था में आ जाता है। माना कि λ_n तथा λ_g nवीं अवस्था तथा निम्नतम अवस्था में इलेक्ट्रॉन की डी ब्रोगली तंरगदैर्ध्य है। माना nवीं अवस्था से निम्नतम अवस्था में संक्रमण द्वारा उत्सर्जित फोटोन की तरंगदैर्घ्य Λ_n है। n के बड़े मान के लिए (यदि A तथा B स्थिरांक है) **[JEE (Main) 2018; 4/120, –1]**

(1) $\wedge_n^2 \approx A + B\lambda_n^2$ (2) $\wedge_n^2 \approx \lambda$ (3) $\wedge_n \approx A + \frac{B}{\lambda_n^2}$ (4) $\wedge_n \approx A + B\lambda_n$

Answers

EXERCISE-1

भाग - I

खण्ड (A) :

A-1. $\frac{P^2}{2m}=\left(\frac{1.24\times10^4}{4000}-2.5\right)eV=0.6eV$;

$P = \sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times0.6\times1.6\times10^{-19}}$

$= 4.2 \times 10^{-25}$ kg.m/s

A-2. $(0.6\times10^{15}h-2e)$ J = 0.48 eV

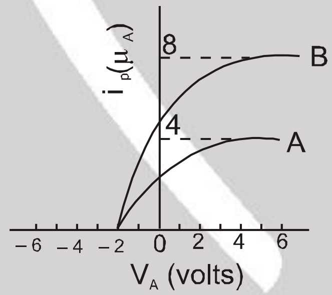
A-3. $I = \eta \,.\, \frac{P}{E_\lambda}\times\frac{e}{100} = 1.84 \times 10^{-6}$ amp

A-4. $dV_s = \frac{hc}{e}.\frac{d\lambda}{\lambda^2} = -\frac{hc}{228e}\times 10^7 = -5.5\times10^{-2}$ volt

A-5. $\left(\frac{9\times10^{15}}{2\pi e}h-2\right)$ eV = 3.93 eV

A-6. $\frac{P\lambda}{hc\times10^6}e$ A = 3.2 μ A

A-7.



खण्ड (B) :

B-1. (a) $N=\frac{7\times10^{-4}}{hc}=3.5\times10^{21}$,

(b) $\frac{7\times10^{-4}}{hc^2}=1.2\times10^{13}$,

(c) $\frac{7\times10^{-4}\times4\pi(1.5\times10^{11})^2}{hc}=9.9\times10^{44}$

B-2. 5×10^{-8} N

B-3. $\frac{1.3\times30}{3\times10^8}=1.3\times10^{-7}$ N

B-4. $\frac{354\times10^{-8}}{hc} = 1.77 \times 10^{19}$

खण्ड़ (C) :

C-1. $\lambda_d = \sqrt{\frac{h.\lambda.\lambda_{th}}{2m.c.(\lambda_{th}-\lambda)}} = \sqrt{\frac{6\times10^{-7}h}{m_e c}}$ m = 12.08 Å

C-2. $\lambda = \frac{2\lambda_1\lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2+\lambda_2^2}}$

खण्ड़ (D) :

D-1. $\lambda = 2\pi r = 2\pi \times 0.529$ Å = 1.058 π Å

D-2. (a) $r = 0.529 \times \frac{2^2}{2} = 1.058$ Å ;

$E = -13.6 \times \frac{2^2}{2^2} = -13.6$ eV

(b) $r = 0.529 \times \frac{3^2}{2} = 2.38$ Å ;

$E = -13.6 \times \frac{2^2}{3^2} = -6.04$ eV.

D-3. He^{+1}

D-4. $K = T = \frac{2E_0}{3K} = 1.05 \times 10^5$ K

D-5. $\upsilon = \frac{6}{h}\left[13.6e - \frac{hc\times10^{10}}{1215}\right] = 5\times10^{15}$ Hz,

खण्ड़ (E) :

E-1. (a) 91 nm (b) 23 nm

E-2. $\frac{v_0}{r_0}.\frac{z^2}{n^3} = \frac{2.19\times10^6}{0.529\times10^{-10}}\times\frac{Z^2}{n^3} = 2.07 \times 10^{16}\ s^{-1}$

E-3. n = 5 **E-4.** He^+ 4,

E-5. $\frac{E}{c}.\frac{1}{m} = \frac{13.6\times3e}{4cm_p} = 3.25$ m/s

E-6. $\frac{(E-E')}{E} \times 100 = 0.55 \times 10^{-6}$ %

E-7. (a) $\frac{hc}{13.6\times8e} = 113.7$ Å (b) 3

E-8. $K_{recoil} = \left(\frac{6.4\times10^3e}{c}\right)^2 \times \frac{1}{2\times(9.3\times10^{26})}$ J

$= 3.9 \times 10^{-4}$ eV

खण्ड़ (F) :

F-1. $T_{min} = \frac{T}{2} = 10.2 = 20.4$ eV

खण्ड़ (G) :

G-1. $\lambda = \frac{hc}{40\times10^3e}$ m = 31.05 pm

G-2. लगभग 0.1%

G-3. $v_1 = \frac{hc}{1.5e(\lambda_1+26\times10^{-12})}$ V = 15.9 kV

G-4. $\lambda_1 = \frac{hc}{20\times10^3\times(0.7)e} = 88.6$ pm,

$\lambda_2 = \frac{hc}{20\times10^3\times(0.7\times0.3)e} = 295.6$ pm,

$\lambda_3 = \frac{hc}{20\times10^3\times0.7\times(0.3)^2e} = 985.6$ pm,

G-5. (i) k_α (ii) 102 keV.

G-6. $\lambda_1 = \left(\frac{26-1}{29-1}\right)^2$ 193 pm = 154 pm

G-7. n = 6, Z = 3 **G-8.** 42

खण्ड़ (H) :

H-1. $\phi = \sin^{-1}(0.2231) \approx 12.89^\circ$

भाग - II

खण्ड़ (A) :

A-1. (B) **A-2.** (C) **A-3.** (A)
A-4. (A) **A-5.** (B) **A-6.** (B)
A-7. (B) **A-8.** (B)

खण्ड़ (B) :

B-1. (D)

खण्ड़ (C) :

C-1. (B) **C-2.** (D) **C-3.** (C)
C-4. (A) **C-5.** (C) **C-6.** (D)

खण्ड़ (D) :

D-1. (B) **D-2.** (B) **D-3.** (C)
D-4. (C) **D-5.** (B) **D-6.** (A)
D-7. (D) **D-8.** (B) **D-9.** (B)
D-10. (C) **D-11.** (D) **D-12.** (C)
D-13. (B)

खण्ड़ (E) :

E-1. (D) **E-2.** (D) **E-3.** (C)
E-4. (B) **E-5.** (A) **E-6.** (C)
E-7. (A)

खण्ड़ (F) :

F-1. (A)

खण्ड़ (G) :

G-1. (A) **G-2.** (C) **G-3.** (B)
G-4. (A)

खण्ड़ (H) :

H-1. (D) **H-2.** (A)

भाग - III

1. (A) → r, (B) → s, (C) → p, (D) → q
2. (A) → r ; (B) → q,s ; (C) → p ; (D) → q,s
3. (A) →p,r ; (b) → q,s ; (C) → q,s ; (D) → p,r

EXERCISE-2

भाग - I

1.	(D)	**2.**	(D)	**3.**	(D)
4.	(B)	**5.**	(D)	**6.**	(C)
7.	(B)	**8.**	(B)	**9.**	(D)
10.	(B)	**11.**	(C)	**12.**	(D)
13.	(D)	**14.**	(B)	**15.**	(D)
16.	(B)	**17.**	(C)	**18.**	(D)
19.	(D)	**20.**	(D)	**21.**	(A)
22.	(B)	**23.**	(A)	**24.**	(A)
25.	(D)	**26.**	(C)	**27.**	(B)
28.	(C)	**29.**	(A)		

भाग - II

1.	57	**2.**	4	**3.**	4
4.	0	**5.**	3	**6.**	4
7.	2	**8.**	6	**9.**	25
10.	55	**11.**	12		

भाग - III

1.	(ABC)	**2.**	(ABC)	**3.**	(ABD)
4.	(CD)	**5.**	(BCD)	**6.**	(AB)
7.	(CD)	**8.**	(AD)	**9.**	(ABCD)
10.	(ABC)	**11.**	(ACD)	**12.**	(CD)
13.	(AB)				

भाग - IV

1.	(B)	**2.**	(A)	**3.**	(C)
4.	(D)	**5.**	(C)	**6.**	(D)
7.	(B)	**8.**	(B)	**9.**	(A)
10.	(C)	**11.**	(C)	**12.**	(C)

EXERCISE-3

भाग - I

1.	(B)	**2.**	(B)	**3.**	(A)
4.	(B)	**5.**	(C)	**6.**	(C)
7.	(A)	**8.**	(A)	**9.**	(B)
10.	(D)	**11.**	(A)	**12.**	3
13.	(D)	**14.**	(B)	**15.**	(C)
16.	(A)	**17.**	(C)	**18.**	(B)
19.	7	**20.**	(B)	**21.**	1
22.	(AC)	**23.**	(B)	**24.**	(A)
25.	2	**26.**	(AC)	**27.**	2
28.	(B)	**29.**	(ABD)	**30.**	6
31.	(B)	**32.**	(5)	**33.**	(A)
34.	24.00	**35.**	3		

भाग - II

1.	(3)	**2.**	(3)	**3.**	(2)
4.	(3)	**5.**	(4)	**6.**	(3)
7.	(1)	**8.**	(3)	**9.**	(1)
10.	(4)	**11.**	(2)	**12.**	(3)
13.	(4)	**14.**	(3)	**15.**	(4)
16.	(4)	**17.**	(4)	**18.**	(4)
19.	(2)	**20.**	(3)	**21.**	(1)
22.	(3)	**23.**	(4)	**24.**	(2)
25.	(3)	**26.**	(1)	**27.**	(2)
28.	(3)				

High Level Problems (HLP)

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. एक m द्रव्यमान का छोटा कण इस तरह गति करता है कि स्थितिज ऊर्जा $U = \frac{1}{2}mb^2r^2$ है जहाँ b एक स्थिरांक तथा r कण की मूल बिन्दु (नाभिक) से दूरी है। कोणीय संवेग के क्वाण्टीकरण तथा वृतीय कक्ष के बोहर सिद्धान्त को मानते हुये दर्शाइये की nवी कक्षा की त्रिज्या $\sqrt{n}$ के समानुपाती है।

2. r दूरी पर इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन के बीच स्थितिज ऊर्जा $\frac{-ke^2}{3r^3}$ द्वारा दी जाती है। बोहर सिद्धान्त का उपयोग करके इस प्रकार के काल्पनिक हाइड्रोजन परमाणु के ऊर्जा स्तर प्राप्त कीजिए।

3. 10.19 eV उत्तेजन ऊर्जा की अवस्था में संक्रमण में हाइड्रोजन परमाणु 4890 Å का फोटॉन उत्सर्जित करता है। प्रारम्भिक अवस्था की बन्धन ऊर्जा ज्ञात करो। संक्रमण की अवस्था भी ज्ञात करो।

4. यह मानिए कि कुछ स्थितियों में हाइड्रोजन परमाणु में केवल वही संक्रमण सम्भव है जिसमें मुख्य क्वान्टम संख्या n, 2 से बदलती है। (i) हाइड्रोजन द्वारा उत्सर्जित न्यूनतम तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो। (ii) दृश्य परास (380 nm से 780 nm) में हाइड्रोजन द्वारा उत्सर्जित तरंगदैर्ध्यों की सूची बताइये।

5. मूल अवस्था में स्थिर He^+ आयन से उत्सर्जित λ = 18.0 nm तरंग दैर्ध्य वाली विद्युत चुम्बकीय तरंग से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन का वेग ज्ञात कीजिये।

6. (I) प्रकाश की अधिकतम तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो जो मूल अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु को आयनित कर सकें

(II) पहली उतेजन अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु पर λ तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश आपतित होता है। बाहर निकलने वाले इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा ज्ञात करो

7. एक λ तरंगदैर्ध्य वाला एक वर्णी प्रकाश पुंज सीजियम सतह (कार्य फलन Φ = 1.9 eV) पर आपतित होकर फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है। ये फोटो इलेक्ट्रॉन मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु से टकराते हैं। λ का अधिकतम मान ज्ञात करिये जिसके लिये (a) हाइड्रोजन परमाणु आयनित हो सके (b) हाइड्रोजन परमाणु मूल अवस्था से पहली उत्तेजित अवस्था तक उत्तेजित हो सके। (c) उत्तेजित हाइड्रोजन परमाणु दृश्य प्रकाश का उत्सर्जन कर सके।

8. मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु को 975Aº तरंगदैर्ध्य वाली एक वर्णी विकिरण द्वारा उत्तेजित किया जाता है। इसके परिणामस्वरूप स्पैक्ट्रम में कितनी विभिन्न संभावित रेखाऐं होगी। उनमें से सबसे अधिक लम्बी तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो। आप यह मान सकते हैं कि हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6 eV है।

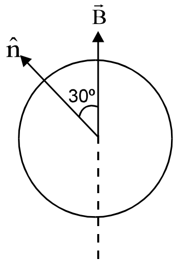
9. n = 2 उत्तेजित अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु का औसत आयुकाल 10^{-8} s है। इलेक्ट्रॉन के मूल अवस्था में आने से पहले लगाये गये औसत चक्कर ज्ञात करो।

10. एक हाइड्रोजन समान आयनित परमाणु में एक एकल इलेक्ट्रॉन स्थिर धनात्मक आवेश के चारों ओर कक्षीय रूप में घूम रहा है। यदि n = 12 से n = 6 के स्थानान्तरण में 4861Å तरंगदैर्ध्य वाली स्पैक्ट्रम रेखा प्राप्त की जाती है। n = 9 से n = 6 के स्थानान्तरण के कारण प्राप्त स्पैक्ट्रम रेखा की तरंगदैर्ध्य क्या होगी तथा तत्व भी बताइये।

11. हाइड्रोजन के हल्के तथा भारी परमाणु (H और D) के लिये अन्तर ज्ञात करो

(a) मूल अवस्था में इलेक्ट्रॉन की बन्धन ऊर्जा के मध्य (b) लाइमन श्रेणी की पहली रेखा की तरंगदैर्ध्य के मध्य

12. हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था (ground state) में एक इलेक्ट्रॉन R त्रिज्या की वृत्ताकार कक्षा में वामावर्त दिशा में घूम रहा है। **[JEE 1996, 5]**



(i) इलेक्ट्रॉन के कक्षीय चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण के लिये व्यंजक ज्ञात करो।

(ii) परमाणु को एक समान चुम्बकीय प्रेरण B में इस प्रकार रखा गया है कि इलेक्ट्रॉन की कक्षा के लम्बवत् तल, चुम्बकीय प्रेरण के साथ 30º का कोण बनाता है। कक्षीय गति अवस्था में इलेक्ट्रॉन पर कार्यरत बल आघूर्ण ज्ञात करो।

13. एक प्रोटोन तथा एक न्यूट्रोन जो प्रारम्भ में विराम पर है मूल अवस्था में संयुक्त होकर हाइड्रोजन परमाणु बनाते हैं। एक एकल फोटोन इस प्रक्रिया में उत्सर्जित होता है। तरंगदैर्ध्य क्या होगी ?

14. 65 eV गतिज ऊर्जा का एक न्यूटॉन विराम अवस्था में स्थित एकल आयनित हीलियम परमाणु से अप्रत्यास्थ रूप से टकराता है यह इसकी मूल दिशा के सापेक्ष 90º के कोण पर प्रकिर्णित होता है **[1993; 9 + 1M]**

(a) टक्कर के पश्चात् न्यूटॉन तथा हीलियम परमाणु की ऊर्जा का अनुमत मान ज्ञात करों।

(b) यदि परमाणु विकिरण उत्सर्जन के पश्चात उत्तेजित अवस्था प्राप्त करता है तब उत्सर्जित विकिरण की आवृति ज्ञात करो। [दिया गया : हीलियम परमाणु का द्रव्यमान = 4 × (न्यूटॉन का द्रव्यमान, हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा = 13.6 eV]

15. मानिये r दूरी पर स्थित इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन के बीच स्थितिज ऊर्जा $U = ke\,\ell n\frac{r}{a}$ से दी जाती है, यहाँ $r < a$ तथा k, e, a धनात्मक स्थिरांक है। इस प्रकार के परमाणु के लिये n वें ऊर्जा स्तर की ऊर्जा बोहर सिद्धान्त से ज्ञात करिये।

16. एक इलेक्ट्रॉन एवं एक पॉजीट्रान से बना हुआ पॉजीट्रोनियम उनके उभयनिष्ठ द्रव्यमान केन्द्र के चारों ओर चक्कर लगा रहे है। सम्बन्ध स्थापित एवं गणना कीजिए–

(i) प्रथम उत्तेजित अवस्था में इलेक्ट्रॉन एवं पाँजिट्रान के बीच दूरी।

(ii) मूल ऊर्जा स्तर में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा।

17. एक प्रकाश–वैद्युत प्रभाव के समायोजन में, 3.2×10^{-3} वॉट शक्ति का प्रकाश का एक बिन्दु स्रोत 5.0 eV ऊर्जा के एकवर्णीय फोटॉन उत्सर्जित कर रहा है। यह स्रोत 3.0 eV कार्य फलन की धातु के 8.0×10^{-3} मी. त्रिज्या के स्थिर गोले के केन्द्र से 0.8 मी की दूरी पर स्थित है। फोटो–लेक्ट्रॉन उत्सर्जन की क्षमता प्रति 10^6 आपतित फोटॉन के लिये एक ही है। मान लो कि आरम्भ में गोला विलगित तथा उदासीन (neutral) है तथा फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन के तुरन्त बाद ही वहाँ से चले जाते हैं। **[JEE 1995,10]**

(a) प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की संख्या ज्ञात करो।

(b) आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य तथा उत्सर्जित तीव्रतम फोटो इलेक्ट्रॉन की डी–ब्रॉगली तरंगदैर्ध्य के बीच अनुपात ज्ञात करो।

(c) यह पाया गया कि प्रकाश–स्रोत को चालू करने (switch on) के कुछ समय t बाद फोटो इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन रूक गया। क्यों?

(d) समय t का मान ज्ञात करो।

18. आर्गन की K_β x-किरण की तरंगदैर्ध्य 0.36 nm है। आर्गन परमाणु से सबसे बाहरी कक्ष से इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने के लिए न्यूनतम आवश्यक ऊर्जा 16.53 eV है। आर्गन परमाणु के K कक्ष से सबसे बाहरी इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने के लिये आवश्यक ऊर्जा (keV में) ज्ञात करो ।

19. एक ब्लेक होल इसके द्रव्यमान M तथा त्रिज्या $R_s = \frac{2GM}{C^2}$ की गणीतीय गोलीय सतह द्वारा अभिलाक्षणिक हैं। यदि ब्लेक होल से वस्तु की त्रिज्यीय दूरी r इस प्रकार है कि $r < R_s$ तब वस्तु को ब्लेक होल द्वारा ढक दिया जाता है तथा r को तेजी से घटते हुए शून्य किया जाता है। **[Olympiad_2015]**

(a) यह मानिये कि M द्रव्यमान का ब्लेक होल वृत्तीय कक्षा में एक प्रोटोन को ग्रहण करके ब्लेक होल प्रोटोन परमाणु (BHP) बनाता है। इस परमाणु की न्यूनतम त्रिज्या r_B ज्ञात करो।

(b) M का संख्यात्मक ऊपरी बन्द मान ज्ञात करो ताकि स्थायी BHP उपस्थित हो सके।

(c) मूल अवस्था से इस BHP परमाणु को वियोजित करने के लिए F_{min} का आवश्यक न्यूनतम मान Mev में ज्ञात करो।

(d) 1974 में, स्टीफन हाकिंग ने प्रदर्शित किया कि क्वाण्टम प्रभाव के कारण कृष्णिका वस्तु का निर्माण होता है जिसका ताप $T_{BH} = \frac{10^{23}K}{M}$ है। स्थायी BHP परमाणु की अस्तित्वता के संभावना की व्यवस्था कीजिए।

HLP Answers

2. $E = \left(\frac{nh}{2\pi}\right)^6 \frac{1}{6\,(Ke^2)^2 m^3}$

3. $\frac{13.6}{(4)^2} = 0.85eV (n = 4$ से $n = 2)$

4. (a) $\frac{9}{8R} = 103$ nm (b) $\frac{16}{3R} = 487$ nm

5. $\sqrt{\frac{2}{m_e}\cdot\left[\frac{10^9 hc}{18} - 54.4\ e\right]} = 2.2 \times 10^6$ m/s

6. (I) 913Å, (II) 10.2 eV

7. (a) $\lambda = \frac{hc}{(13.6+1.9)\ eV} = 80$ nm; (b) $\lambda = \frac{hc}{(10.2+1.9)\ eV} = 102$ nm ; (c) $\frac{hc}{(12.08+1.9)\ eV} = 89$ nm

8. 6, $\lambda_{min} = \frac{16\times 9}{7R} = 18800$ Aº,

9. $10^{-8} \times \frac{2.19\times10^6}{2\pi(0.529\times10^{-10})} \times \frac{(1)^2}{(2)^3} = 8.2 \times 10^6$

10. 6563 Å, Z = 3

11. $E_D - E_H = 3.7$ meV, $\lambda_H - \lambda_D = 33$ pm

12. (i) $\frac{he}{4\pi m}$ (ii) $\frac{h\,e\,B}{8\,\pi\,m}$

13. 912 Å

14. (a) 6.36 eV, 0.312 eV (का न्यूट्रॉन), 17.84 eV, 16.328 eV (का परमाणु)
(b) 1.82×10^{15} Hz, 11.67×10^{15} Hz, 9.84×10^{15} Hz.

15. $\frac{1}{2}ke\left(1 + 2\ln\left(\frac{nh}{2\pi\sqrt{kema^2}}\right)\right)$

16. (i) $r_0 = \frac{2h^2}{\pi^2 m} \times \frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2} = 4.23$ Å (ii) $\frac{1}{2}m\left(\frac{e^2\pi}{4\pi\varepsilon_0 h}\right)^2$ J = 3.4 eV

17. (a) $10^5\ s^{-1}$ (b) 286.18 (d) $\frac{1000}{9}$ sec = 111s

18. $\left[\frac{hc}{0.36\times10^{-9}e} + 16.53\right]$eV = 4 KeV

19. (a) $r_B = \frac{h^2}{GMm^2}$ (b) $M < 2 \times 10^{11}$ Kg. (c) $E_{min.} = 55$MeV

(d) $M = 10^{11}$ Kg के लिये $T_{BH} = \frac{10^{23}K}{10^{11}} = 10^{12}$K इस ताप पर तापीय ऊर्जा $kT_{BH} = 82$ MeV आवश्यक वियोजन ऊर्जा 55 MeV है। अतः BHP तापीय अस्थाई होता है।