UP Board Class 12 Physics Chapter 11 Important Questions विकिरण तथा द्रव्य की द्वैत प्रकृति

अति लघुत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.
डेविसन जर्मर के प्रयोग का मुख्य उद्देश्य क्या था?
उत्तर:
डेविसन जर्मर के प्रयोग का मुख्य उद्देश्य डी - ब्रॉग्ली द्रव्य तरंग सिद्धांत का प्रायोगिक सत्यापन करना था।

प्रश्न 2.
हाइजेनबर्ग का अनिश्चितता सिद्धांत लिखिए।
उत्तर:
इस नियम के अनुसार किसी कण की स्थिति एवं संवेग का एक साथ मापन संभव नहीं है।

प्रश्न 3.
देहली आवृत्ति को परिभाषित कीजिए।
उत्तर:
देहली आवृत्ति प्रकाश ऊर्जा की वह आवृत्ति है जो किसी प्रकाश सुग्राही पदार्थ से इलेक्ट्रॉन के उत्सर्जित होने के लिए आवश्यक होती है।

प्रश्न 4.
कण की तरंग प्रकृति का समर्थन करने वाले प्रयोग का नाम दीजिए।
उत्तर:
डेविसन एवं जर्मर का प्रयोग।

प्रश्न 5.
q आवेश और m द्रव्यमान के आवेशित कण से संबद्ध डी - ब्रॉग्ली तरंगदैर्ध्य का व्यंजक लिखिए। जब इसे विभवान्तर V आरोपित कर त्वरित किया जाता है।
उत्तर:
आवेशित कण की गतिज ऊर्जा विद्युत क्षेत्र द्वारा किये गये कार्य के बराबर होती है।

K = qv

$\frac{1}{2}$ mv^2 = qv

$\frac{P^2}{2m}$ = qv

P = $\sqrt{2mqv}$

प्रश्न 6.
प्रकाश विद्युत प्रभाव के संदर्भ में निरोधी विभव को परिभाषित कीजिए।
उत्तर:
प्रकाश विद्युत प्रभाव की प्रायोगिक व्यवस्था में, एनोड के ऋणात्मक विभव का वह मान जिस पर परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा का मान शून्य हो जाता है, निरोधी विभव कहलाता है।

प्रश्न 7.
प्रकाश विद्युत प्रभाव में आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य को कम करने पर उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन के वेग पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
उत्तर:
उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन का वेग बढ़ जायेगा।

प्रश्न 8.
क्या देहली आवृत्ति प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करती है?
उत्तर:
नहीं, देहली आवृत्ति प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर नहीं करती।

प्रश्न 9.
फोटॉन एक कण है अथवा तरंग।
उत्तर:
फोटॉन एक कण है और इसमें तरंग प्रकृति भी है।

प्रश्न 10.
क्या प्रकाश तरंगों एवं द्रव्य तरंगों में अंतर है?
उत्तर:

हाँ, प्रकाश तरंगें विद्युत चुम्बकीय तरंगें हैं जबकि द्रव्य तरंगें विद्युत चुम्बकीय तरंगें नहीं हैं। द्रव्य तरंगें गतिशील कण के साथ सम्बद्ध तरंगें हैं जिन्हें डी - ब्रॉग्ली तरंगें भी कहते हैं।

प्रश्न 11.
क्या द्रव्य तरंगें विद्युत चुम्बकीय होती हैं? डी - ब्रॉग्ली तरंग समीकरण लिखिए।
उत्तर:
नहीं, द्रव्य तरंगों की प्रकृति विद्युत चुम्बकीय नहीं होती है। डो - ब्रॉग्ली तरंग समीकरण
$\lambda = \frac{h}{mv}$

प्रश्न 12.
निरोधी विभव का मान किस पर निर्भर करता है?
उत्तर:
आपतित प्रकाश को आवृत्ति पर निरोधी विभव का मान निर्भर करता है।

https://www.evidyarthi.in/

प्रश्न 13.
विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा के क्वांटा को क्या कहते हैं?
उत्तर:
फोटॉन

लघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1.
प्रकाश विद्युत प्रभाव की व्याख्या तरंग सिद्धांत के आधार पर नहीं की जा सकती है? कोई दो कारण लिखिए।
उत्तर:
प्रकाश विद्युत प्रभाव (Photo Electric Effect)
"उचित आवृत्ति का प्रकाश धातुओं के पृष्ठ पर डालने पर इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन की घटना प्रकाश - वैद्युत् प्रभाव कहलाती है।" इस घटना की खोज हेनरिच हज के द्वारा 1887 में वैद्युत चुम्बकीय तरंगों के प्रयोगों के समय की गई। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को प्रकाश - इलेक्ट्रॉन कहते हैं, यदि उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को एकत्र करके पुनः उत्सर्जक पृष्ठ (emitting surface) तक पहुँचा दिया जाये तो मिलने वाली विद्युत् धारा प्रकाश - वैद्युत् धारा कहलायेगी। विभिन्न धातुओं के पृष्ठ पर यदि उचित तरंगदैर्ध्य का प्रकाश डाला जाये तो वे प्रकाश - वैद्युत प्रभाव का प्रदर्शन करती हैं। क्षारीय धातुएँ जैसे - लीथियम, सोडियम, पोटैशियम, सीजियम आदि पर दृश्य प्रकाश डालने से ही यह धातुएँ इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन करने लगती हैं। जबकि कुछ अन्य धातुएँ, जैसे - जस्ता, कैडमियम, मैग्नीशियम आदि पराबैगनी किरणें डालने पर इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन करती हैं।

प्रकाश - वैद्युत् प्रभाव एवं तरंग सिद्धांत (Photo electrie effect and Wave Theory)
तरंग सिद्धान्त की असफलता (Failure of Wave Theory): प्रकाश के तरंग सिद्धान्त के अनुसार स्रोत से ऊर्जा का उत्सर्जन एवं किसी पृष्ठ द्वारा इसका अवशोषण (absorption) दोनों ही लगातार होने वाली क्रियाएँ है और ऊर्जा की हर सम्भव मात्रा का उत्सर्जन एवं अवशोषण दोनों ही सम्भव हैं। संसार का कोई भी वैज्ञानिक इस सिद्धान्त के आधार पर प्रकाश - वैद्युत् प्रभाव की व्याख्या न कर सका। प्रकाश - वैद्युत् प्रभाव की व्याख्या करने में तरंग सिद्धान्त निम्न कारणों से असफल रहा-

(1) तरंग सिद्धान्त के अनुसार प्रत्येक आवृत्ति के प्रकाश से इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन होना चाहिए, क्योंकि आपतित प्रकाश से इलेक्ट्रॉन ऊर्जा का अवशोषण करता रहे और जब उत्सर्जन के लिए आवश्यक ऊर्जा एकत्र हो जाये तो उसका उत्सर्जन हो जाना चाहिए। वास्तविकता इससे भिन्न है। वास्तव में आपतित प्रकाश की आवृत्ति जब देहली आवृत्ति (v_0) से अधिक होती है, तभी इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन होता है।

(2) तरंग सिद्धान्त के अनुसार प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करनी चाहिए। तीव्रता बढ़ाने पर प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा बढ़नी चाहिए, क्योंकि तीव्रता बढ़ाने पर पृष्ठ पर आपतित ऊर्जा बढ़ जाती है अत: इलेक्ट्रॉन अधिक ऊर्जा का उत्सर्जन करे और उसकी गतिज ऊर्जा बढ़ जानी चाहिए जबकि वास्तविकता यह है कि प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर नहीं करती है।

(3) तरंग सिद्धान्त के अनुसार पृष्ठ पर प्रकाश के आपतन एवं इलेक्ट्रॉन के उत्सर्जन के मध्य कुछ - न - कुछ समय अवश्य लगना चाहिए, क्योंकि इलेक्ट्रॉन को उत्सर्जन के लिए आवश्यक ऊर्जा का अवशोषण करने में कुछ - न - कुछ समय अवश्य लगना चाहिए। इसके अतिरिक्त प्रकाश तरंगों द्वारा संचरित ऊर्जा धातु के किसी एक इलेक्ट्रॉन को न मिलकर, प्रकाशित क्षेत्रफल में उपस्थित सभी इलेक्ट्रॉनों में वितरित होगी। वास्तविकता इसके भी भिन्न है। वास्तव में प्रकाश के आपतन एवं इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन के मध्य कोई समय - पश्चता नहीं होती है।

प्रश्न 2.
डी - ब्रॉग्ली परिकल्पना लिखिए। कोई इलेक्ट्रॉन विरामावस्था से विभव V वोल्ट द्वारा त्वरित किया जाता है तो इलेक्ट्रॉन की डी - चॉग्ली तरंगदैर्ध्य का सूत्र प्राप्त कीजिए।
उत्तर:
डी - ब्रॉग्ली परिकल्पना: जिस प्रकार तरंगों के रूप में विकिरण ऊर्जा से कणों के लाक्षणिक गुणों का सम्बद्ध होना पाया जाता है, ठीक उसी प्रकार गतिशील द्रव्य कणों के साथ तरंगों के लाक्षणिक गुण सम्बद्ध होने चाहिए अर्थात् गतिशील द्रव्य कणों को तरंगों की भाँति व्यवहार करना चाहिए।
त्वरित इलेक्ट्रॉनों से संबंद्ध डी - ब्रॉग्ली तरंगदैय: P संवेग वाले इलेक्ट्रॉनों से सम्बद्ध डी - ब्रॉग्ली तरंगों की तरंगदैर्ध्य
$\lambda = \frac{h}{P}$
यदि इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान m_e एवं ऊर्जा K_{max} हो तो संवेग
$P = \sqrt{2m_e K}$
अतः $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e K}}$
यदि इलेक्ट्रॉन V विभवान्तर से त्वरित किया जाये तो कण की गतिज

ऊर्जा K = eV

अतः
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_e eV}}$$
$$= \frac{6.62 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-19} V}}$$
$$= \frac{12.27 \times 10^{-10}}{\sqrt{V}} \text{ Å}$$
$$\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}} \text{ Å}$$

प्रश्न 3.
संग्राहक प्लेट के विभव के साथ प्रकाश विद्युत धारा में परिवर्तन को दर्शाने वाला उचित ग्राफ खींचिए, जबकि
(i) नियत आवृत्ति परन्तु विभिन्न तीव्रताएँ

https://www.evidyarthi.in/

$I_1 > I_2 > I_3$

(ii) नियत तीव्रता परन्तु विभिन्न आवृत्तियाँ

$v_1 > v_2 > v_3$

अथवा

एक समान आवृत्ति तथा भिन्नतीव्रताओं के दो आपतित विकरणों से प्राप्त प्रकाश विद्युत धाराओं का पट्टिका विभव के साथ आलेख खींचिए।

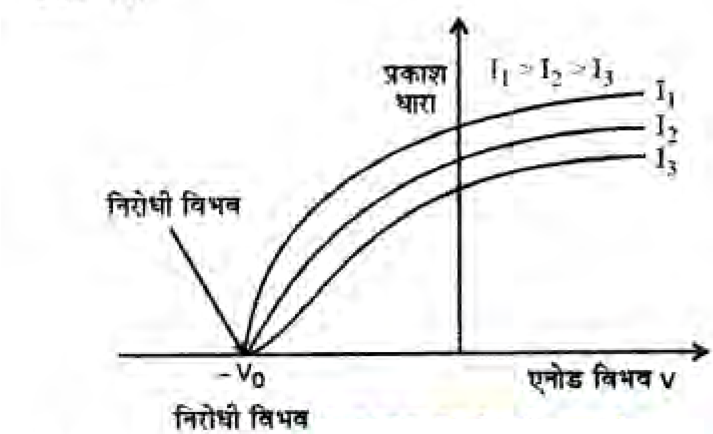
अथवा

देहली आवृत्तियों $v_A > v_B$ के दो प्रकाश सुग्राही पदार्थों A और B के आपतित विकिरणों की तीव्रता के साथ निरोधी विभव के विचरण को दर्शाने के लिए ग्राफ खींचिए।

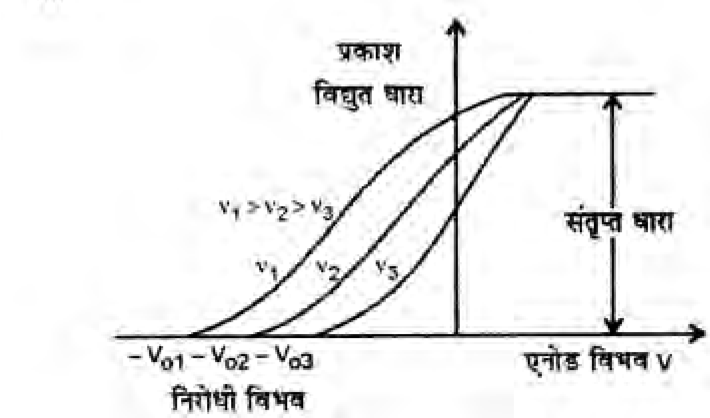
(i) किस प्रकरण में निरोधी विभव अधिक है और क्यों?

(ii) क्या ग्राफ की प्रवणता उपयोग किए गए पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है? व्याख्या कीजिए।

उत्तर—(i)



(ii)



(i) हम जानते हैं-

$hv = hv_0 = eV_0$

अत: B का निरोधी विभव अधिक होगा क्योंकि इसकी देहली आवृत्ति v_B कम है।

(ii)

y = mx + c से

$V_0 = \frac{h}{e}v - \frac{h}{e}v_0$

अतः प्रवणता m = $\frac{h}{e}$ नियत है जो पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर नहीं करती है।

प्रश्न 4.

एक प्रोटॉन तथा एक इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा समान (बराबर) है। किससे सम्बद्ध डी - ब्रॉग्ली तरंगदैर्ध्य का मान कम होगा? इसका कारण लिखिए।

उत्तर:

$\lambda = \frac{h}{\mathrm{P}} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2m\mathrm{E_K}}}$

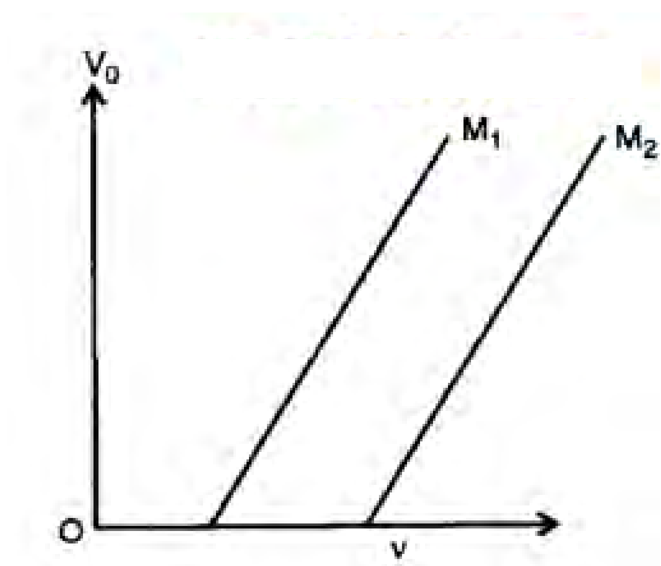
अतः $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$

E_K नियम होने पर

अत: प्रोटॉन के लिए तरंगदैर्ध्य का मान कम होगा।

प्रश्न 5.

दो विभिन्न प्रकाश सुग्राही पृष्ठों M_1 और M_2 पर आपतित प्रकाश की आवृत्ति v के साथ निरोधी विभव (V_0) का विचरण आरेख में दर्शाए अनुसार है। इनमें से अधिक कार्य - फलन वाले पृष्ठ की पहचान कीजिए।



https://www.evidyarthi.in/

उत्तर:
M_2 का कार्य - फलन अधिक है।

प्रश्न 6.
(a) प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रयोग के उन दो मुख्य प्रेक्षणों को लिखिए जिनकी व्याख्या केवल आइंस्टीन की प्रकाश विद्युत समीकरण द्वारा ही की जा सके।
(b) किसी प्रकाश सेल के 'एनोड विभव के साथ प्रकाश विद्युत धारा के विचरण को दर्शाने के लिए ग्राफ खींचिए।
उत्तर:
(a) आइंस्टीन का प्रकाश विद्युत समीकरण: विकिरण का ऊर्जा क्वाण्टम (Einstein's photo electric equation: Energy Quantum of Radiation)
जब प्रकाश वैद्युत् प्रभाव की व्याख्या तरंग सिद्धान्त के आधार पर सम्भव न हो सकी तब सन् 1905 में आइन्स्टीन (Einstein) ने प्लांक के क्वाण्टम सिद्धान्त के आधार पर प्रकाश - वैद्युत् प्रभाव की व्याख्या की। आइन्स्टीन के अनुसार जब hv ऊर्जा का कोई फोटॉन किसी धातु की सतह पर आपतित (incident) होता है तो यह अपनी समस्त ऊर्जा धात् में स्थित किसी एक इलेक्ट्रॉन को दे देता है। इलेक्ट्रॉन को प्राप्त यह कर्जा निम्न दो रूपों में व्यय (used up) होती है-
(i) इलेक्ट्रॉन को धातु के अन्दर से मुक्त करके सतह तक लाने में कार्य - फलन (Φ_0) के रूप में और
(ii) ऊर्जा का शेष भाग उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन को गतिज ऊर्जा प्रदान करने (imparting) में व्यय होता है। अतः
$hv = K_{max} + \Phi_0$ ....(2)
चूंकि Φ0 का मान किसी पृष्ठ के लिए निश्चित होता है अत: आवृत्ति v बढ़ाने पर उत्सर्जित प्रकाश इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा बढ़ेगी और v का मान घटाने पर गतिज ऊर्जा घटेगी।
जब $v = v_0$ तो $K_{max} = 0$
अत: समी. (3) से,
$hv_0 = \Phi_0$

या $\boxed{\phi_0 = h\, v_0}$ ...(3)

यदि देहली आवृत्ति v_0 ज्ञात हो सो कार्य - फलन Φ_0 का मान इस समीकरण से ज्ञात किया जा सकता है-
समी. (2) से,
$hv = K_{max} + hv_0$

या $K_{max} = hv - hv_0$
या $K_{max} = h(v - v_0)$ ....(4)
यदि निरोधी विभव V_0 हो तो
$K_{max} = V_0.e = \frac{1}{2} mv^2_{max}$ ....(5)
यहाँ m, इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान है।
अत: समी. (4) से,

$$\boxed{eV_0 = \frac{1}{2} mv^2_{max} = h(v - v_0)} \quad ...(6)$$

इस समीकरण को आइन्स्टीन का प्रकाश - वैद्युत् समीकरण (Einstein's photo - electric equation) कहते हैं। इसकी सहायता से प्रकाश-वैद्युत् प्रभाव की व्याख्या निम्न प्रकार की जा सकती है-
(1) $\because v^2_{max} \geq 0$
$\therefore (v - v_0) \geq 0$
या $v \geq v_0$
स्पष्ट है कि प्रकाश - वैद्युत प्रभाव के लिए आपतित प्रकाश की आवृत्ति (v) का मान देहली आवृत्ति (v_0) के बराबर या इससे अधिक होना चाहिए।

(2) समी. (6) से स्पष्ट है कि प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा $\left(\frac{1}{2} mv^2_{\max}\right)$ का मान आवृत्ति (v) बढ़ाने पर बढ़ेगा और घटाने पर घटेगा। इस प्रकार प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा आपतित प्रकाश की आवृत्ति के अनुक्रमानुपाती होगी।

(3) आपतित प्रकाश की तीव्रता बढ़ाने पर पृष्ठ पर आपतित फोटॉनों की संख्या बढ़ेगी अर्थात् पृष्ठ से इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन की दर (rate of emission of electrons) आपतित प्रकाश की तीव्रता के अनुक्रमानुपाती होगी।

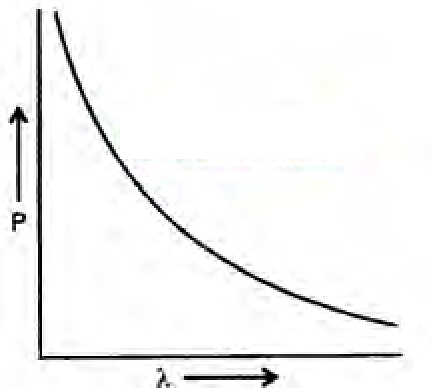
(4) आपतित प्रकाश की तीव्रता बढ़ाने पर फोटॉनों की संख्या बढ़ेगी लेकिन फोटॉनों की ऊर्जा नहीं बढ़ेगी। अतः प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर नहीं करेगी।

(5) प्रकाश फोटॉन की इलेक्ट्रॉन के साथ टक्कर (collision) दो कठोर गोलों (hard spheres) की टक्कर की भाँति होती है, अतः जैसे ही फोटॉन इलेक्ट्रॉन से टकराता है, अपनी समस्त ऊर्जा इलेक्ट्रॉन को दे देता है और इलेक्ट्रॉन तुरन्त निकल जाता है। इस प्रकार प्रकाश के आपतन एवं इलेक्ट्रॉन के उत्सर्जन के मध्य कोई समय - पश्चता (Time - lag) नहीं होती है।

(b) तरंग सिद्धान्त के अनुसार प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करनी चाहिए। तीव्रता बढ़ाने पर प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा बढ़नी चाहिए, क्योंकि तीव्रता बढ़ाने पर पृष्ठ पर आपतित ऊर्जा बढ़ जाती है अत: इलेक्ट्रॉन अधिक ऊर्जा का उत्सर्जन करे और उसकी गतिज ऊर्जा बढ़ जानी चाहिए जबकि वास्तविकता यह है कि प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर नहीं करती है।

प्रश्न 7.
किसी प्रोटॉन से संबद्ध डी - ब्रॉग्ली तरंगदैर्घ्य और उसके संवेग की बीच ग्राफ खींचिए।

उत्तर:



प्रश्न 8.
एक दी गई प्रकाश सुग्राहक सतह से हरे रंग के प्रकाश से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं और पीले रंग के प्रकाश से नहीं। बैंगनी एवं लाल प्रकाश से क्या होगा? अपने उत्तर का तर्क प्रस्तुत कीजिए।
उत्तर:
दृश्य प्रकाश के विभिन्न रंगों की आवृत्ति अवरोही क्रम में
$v_V > v_I > v_B > v_G > v_Y > v_O > v_R$
चूंकि हरे रंग के प्रकाश से उत्सर्जित होते हैं, पीले रंग के प्रकाश से नहीं। अत: देहली आवृत्ति हरे रंग के प्रकाश की आवृत्ति के बराबर होगी। देहली आवृत्ति से अधिक आवृत्ति प्रकाश से ही इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित हो सकते हैं। अत: बैंगनी रंग के प्रकाश से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होंगे, लाल रंग के प्रकाश से नहीं।

प्रश्न 9.
फोटॉन क्या है? दिखाइए कि इसका विराम दव्यमान शून्य होता है या विरामावस्था में फोटॉन का अस्तित्व नहीं है।
उत्तर:
फोटॉन, ऊर्जा के पैकेट या बण्डल हैं जो स्रोत से उत्सर्जित होते हैं। एक फोटॉन की ऊर्जा $E = hv = \frac{hc}{\lambda}$
जहाँ h प्लांक नियतांक, v आवृत्ति एवं λ तरंगदैर्ध्य है। हम जानते हैं कि आपेक्षिकता सिद्धांत से किसी गतिशील कण का गतिक द्रव्यमान
$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{C^2}}}$
जहाँ m_0, कण का विराम द्रव्यमान है और v उसकी चाल तथा C प्रकाश की चाल है।
$\therefore m_0 = m\sqrt{1-\frac{v^2}{C^2}}$
∵ फोटॉन की चाल v = C है अतः
$m_0 = m\sqrt{1-\frac{C^2}{C^2}}$
$\therefore m = 0$
स्पष्ट है कि फोटॉन का विराम दव्यमान शून्य होता है।

प्रश्न 10.
एक इलेक्ट्रॉन एवं एक प्रोटॉन एक ही दिशा में समान गतिज ऊर्जा से गतिशील है। इन कणों से सम्बद्ध डी - ब्रॉग्ली तरंगदैर्ष्यों का अनुपात ज्ञात कीजिए।
उत्तर:

गतिशील कण के साथ सम्बद्ध तरंगों की डी - ब्रॉग्ली तरंगदैर्ध्य

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}}$

$\therefore \quad \lambda_e = \frac{h}{\sqrt{2m_e K}}$

और $\quad \lambda_P = \frac{h}{\sqrt{2m_P K}}$

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_P} = \sqrt{\frac{m_P}{m_e}}$$