CHAPTER - 11 DUAL NATURE OF RADIATION AND MATTER
विकिरण तथा द्रव्य की द्वैत प्रकृति

Objective Questions/ वस्तुनिष्ठ प्रश्न

1) **When light is incident on the surface of a metal, the phenomenon of emission of electrons from the surface is called-**

(a) Photoelectric emission.
(b) Photometry.
(c) Photosynthesis.
(d) photography.

जब प्रकाश किसी धातु की सतह पर आपतित होता है तो सतह से इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन की घटना कहलाती है-

(a) प्रकाश विद्युत उत्सर्जन। (b) फोटोमेट्री।
(c) प्रकाश संश्लेषण। (d) फोटोग्राफी।

Ans- (a)

2) **Photoelectric emission from a surface starts only when the incident light on the surface has a certain-**

(a) minimum frequency (b) minimum speed
(c) minimum intensity (d) minimum wavelength

किसी सतह से प्रकाश विद्युत उत्सर्जन तभी प्रारंभ होता है जबकि पृष्ठ आपतित प्रकाश की होती है एक निश्चित --

(a) न्यूनतम आवृत्ति (b) न्यूनतम चाल
(c) न्यूनतम तीव्रता (d) न्यूनतम तरंग दैर्ध्य

Ans- (a)

3) **In photoelectric , the threshold frequency of light is that at which-**

(a) Only photo electrons are emitted.
(b) The velocity of the photoelectron is important.
(c) The rate of emission of photoelectrons is minimum.
(d) none of these.

प्रकाश विद्युत् में आपत्ति प्रकाश की देहली आवृत्ति वह है जिसपर-

(a) फोटो इलेक्ट्रॉन मात्र उत्सर्जित होते हैं।
(b) फोटो इलेक्ट्रॉन का वेग महत्त्व होता है।
(c) फोटो इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन की दर न्यूनतम होती है।
(d) इनमें से कोई नहीं।

Ans- (a)

4) **Which of the following metals has minimum work function -**

(a) Iron (b) Copper
(c) Barium (d) Sodium.

निम्नलिखित में से किस धातु का न्यूनतम कार्य फलन है -

(a) आयरन (b) कॉपर
(c) बेरियम (d) सोडियम।

Ans- (d)

5) **The work function of a metal surface is 2.1 electron volts. The maximum kinetic energy of the photo-electron emitted from it is 0.1 electron volts. The energy of the incident photon is-**

(a) 21eV (b) 0.9eV
(c) 2.2eV (d) 2.0eV

एक धातु पृष्ठ का कार्य फलन 2.1 इलेक्ट्रॉन वोल्ट है।इससे उत्सर्जित फोटो- इलेक्ट्रॉन की महत्तम गतिज ऊर्जा 0.1 इलेक्ट्रॉन वोल्ट है।आपतित फोटॉन की ऊर्जा है-

(a) 21eV (b) 0.9eV
(c) 2.2eV (d) 2.0eV

Ans- (c)

6) **Energy of photon is-**

(a) $h\nu$ (b) $h\nu/c^2$
(c) $h\nu/c^2$ (d) $h\nu/c^2$

फोटॉन की ऊर्जा है-

(a) $h\nu$ (b) $h\nu/c^2$
(c) $h\nu/c^2$ (d) $h\nu/c^2$

Ans- (a)

7) **Which of the following represents the momentum of the photon -**

(a) $h\nu$ (b) $h\nu/c^2$
(c) h/λ (d) hc/λ

निम्न में से कौन सा फोटोन के संवेग को व्यक्त करता है-

(a) $h\nu$ (b) $h\nu/c^2$
(c) h/λ (d) hc/λ

Ans- (c)

8) **The dimension of Planck's constant is -**

(a) force x time
(b) force x distance
(c) force x distance x time
(d) force x distance/time

प्लांक नियतांक की विमा है -

(a) बल x समय (b) बल x दूरी
(c) बल x दूरी x समय (d) बल x दूरी /समय

Ans- (c)

9) **If the frequency of incident light is doubled in the experiment of photoelectric effect, then the stopping potential will become -**

(a) twice (b) half
(c) less than twice (d) more than twice

यदि प्रकाश विद्युत प्रभाव के प्रयोग में आपतित प्रकाश की आवृत्ति दुगनी कर दी जाए तो निरोधी विभव हो जाएगा -

(a) दुगना (b) आधा
(c) दुगने से कम (d) दुगने से अधिक

Ans- (d)

© JCERT not to be republished

10) The ratio of de-Broglie wavelength associated with two electrons accelerated 25V and 36V is-

(a) 25/36 (b) 36/25

(c) 5/6 (d) 6/5

25V और 36V त्वरित दो इलेक्ट्रॉनों से जुड़े डी-ब्रॉग्ली तरंग दैर्ध्य का अनुपात है-

(a) 25/36 (b) 36/25

(c) 5/6 (d) 6/5

Ans- (d)

11) The photocurrent generated is in the order of -

(a) ampere (b) milliampere

(c) microampere (d) none of the above.

उत्पन्न प्रकाशिक धारा किस क्रम में होती है -

(a) एम्पीयर (b) मिलीएम्पियर

(c) माइक्रोएम्पीयर (d) उपरोक्त में से कोई नहीं।

Ans- (c)

Subjective Questions/विषयनिष्ठ प्रश्न

1) What is the phenomenon of emission of electrons from the surface of a metal on illumination called?

किसी धातु के पृष्ठ पर प्रकाश डालने पर उस पृष्ठ में से इलेक्ट्रॉनों उत्सर्जित होने की घटना को क्या कहते हैं ?

Ans- Photoelectric Effect

उत्तर - प्रकाश विद्युत् प्रभाव

2) What is the rest mass of a photon?

फोटोन का विराम द्रव्यमान क्या होता है ?

Ans- zero

3) Two particles have equal momenta. What is the ratio of their de-Broglie wavelengths?

दो कणों का संवेग बराबर होता है। उनके डी-ब्रॉग्ली तरंग दैर्ध्य का अनुपात क्या है?

Ans- $P_1 = P_2$

ratio $\lambda_1 : \lambda_2 = 1:1$

4) Write Einstein's photo-electric equation.

आइंस्टीन का प्रकाश - विद्युत् समीकरण लिखें।

Ans- $\frac{1}{2}mv^2_{max} = h(\nu - \nu_0)$

5) Describe the laws of photoelectric effect?

फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के नियमों का वर्णन करें?

Ans- The laws of photoelectric effects are as below:

1. Given metal and frequency of incident radiation, the number of photoelectrons ejected per second is directly proportional to the intensity of the incident light.
2. With a given metal, there exists some certain minimum frequency of the incident radiation below which no emission of photoelectrons takes place. This frequency is called threshold frequency.
3. With a threshold frequency set, the maximum kinetic energy of the emitted photoelectron is independent of the intensity of the incident light but depends only upon frequency (or wavelength) of the incident light.
4. The photoelectric emission is an instantaneous process. The time lag between the incidence of radiation and emissions of photo electrons is very small, less than even 10^{-9} seconds.

उत्तर- फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के नियम इस प्रकार हैं:

1. दी गई धातु और आपतित विकिरण की आवृत्ति, प्रति सेकंड उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों की संख्या आपतित प्रकाश की तीव्रता के समानुपाती होती है।
2. किसी दिए गए धातु के साथ, आपतित विकिरण की कुछ निश्चित न्यूनतम आवृत्ति मौजूद होती है जिसके नीचे फोटोइलेक्ट्रॉन का कोई उत्सर्जन नहीं होता है। इस आवृत्ति को दहलीज आवृत्ति कहा जाता है।
3. दहलीज आवृत्ति सेट के साथ, उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा आपतित प्रकाश की तीव्रता से स्वतंत्र होती है, लेकिन केवल आपतित प्रकाश की आवृत्ति (या तरंग दैर्ध्य) पर निर्भर करती है।
4. फोटोइलेक्ट्रिक उत्सर्जन तात्कालिक प्रक्रिया पर है। विकिरणों की घटना और फोटो इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन के बीच का समय अंतराल बहुत छोटा है, यहां तक कि 10^{-9} सेकंड से भी कम।

6) Write and explain Einstein's Equation of the Photoelectric Effect?

फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव के आइंस्टीन के समीकरण को लिखें और समझाएं?

Ans- Einstein explained the photoelectric effect on the basis of Planck's quantum theory, according to which light radiation travels in the form of discrete photons. The energy of photon is $h\nu$,

$E = h\nu$ ...(1)

Where '**h**' is Planck's constant, and 'ν' is the frequency of the emitted radiation.

The quantum energy provided by the photons is partially used by the electron to overcome the molecular attraction of the surface.

This energy is constant for a surface, and is denoted by Φ. It is called the work function of a surface and is constant for a given material.

Therefore,

The kinetic energy of a photoelectron = (energy provided by the photon) – (energy used to come out of the surface).

Thus the equation is given, K.E. = $h\nu - \Phi$ ...(2)

This is Einstein's photoelectric equation.

उत्तर - आस्टीन ने प्लैंक के क्वांटम सिद्धांत के आधार पर फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव की व्याख्या की, जिसके अनुसार प्रकाश विकिरण असतत फोटोन के रूप में यात्रा करता है। फोटॉन ऊर्जा $h\nu$ है।

$E = h\nu$ ...(1)

जहाँ 'h' प्लैंक स्थिरांक है, और 'ν' उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति है।

सतह के आणविक आकर्षण को दूर करने के लिए फोटॉनों द्वारा प्रदान की जाने वाली क्वांटम ऊर्जा आंशिक रूप से इलेक्ट्रॉन द्वारा उपयोग की जाती है।

यह ऊर्जा एक सतह के लिए स्थिर है, और इसे Φ द्वारा निरूपित किया जाता है। इसे किसी सतह का कार्य फलन कहा जाता है और यह किसी दिए गए पदार्थ के लिए स्थिर होता है।
अतः एक फोटोइलेक्ट्रॉन की

गतिज ऊर्जा = (फोटॉन द्वारा प्रदान की गई ऊर्जा) - (सतह से बाहर आने के लिए उपयोग की गई ऊर्जा)।

इस प्रकार समीकरण दिया गया है, K.E. = $h\nu - \Phi$ ...(2)

यह आइंस्टीन का फोटोइलेक्ट्रिक समीकरण है।

© JCERT not to be republished

7) Write properties of the Photon.

फोटॉन के गुण लिखिए।

Ans- Properties of the Photon

1. For a photon, all the quantum numbers are zero.
2. A photon does not have any mass, charge and they are not reflected in a magnetic and electric field.
3. The photon moves at the speed of light in empty space.
4. During the interaction of matters with radiation, radiation behaves as it is made up of small particles called photons.
5. Photons are virtual particles. The photon energy is directly proportional to its frequency and inversely proportional to its wavelength.
6. The momentum and energy of the photons are related as given below

E = p.c where
p = magnitude of the momentum
c = speed of light

उत्तर - फोटॉन के गुण

1. एक फोटॉन के लिए, सभी क्वांटम संख्याएँ शून्य होती हैं।
2. एक फोटॉन का कोई द्रव्यमान, आवेश नहीं होता है और वे चुंबकीय और विद्युत क्षेत्र में परिलक्षित नहीं होते हैं।
3. फोटॉन खाली जगह में प्रकाश की गति से चलता है।
4. विकिरण के साथ पदार्थ की परस्पर क्रिया के दौरान, विकिरण व्यवहार करता है जैसे यह छोटे कणों से बना होता है जिन्हें फोटॉन कहा जाता है।
5. फोटोन आभासी कण होते हैं। फोटॉन ऊर्जा इसकी आवृत्ति के सीधे आनुपातिक और इसकी तरंग दैर्ध्य के व्युत्क्रमानुपाती होती है।
6. फोटॉनों के संवेग और ऊर्जा का संबंध नीचे दिए गए अनुसार है

E = p. c जहां, **p** = संवेग का परिमाण, **c** = प्रकाश की गति

8) Define threshold frequency (ν_0).

देहली आवृत्ति (ν_0) को परिभाषित करें।

Ans- Threshold frequency (ν_0)

The minimum frequency of incident light or radiation that will produce a photoelectric effect i.e. the extraction of photoelectrons from the surface of a metal is known as the threshold frequency for the metal. It is constant for a specific metal but may be different for different metals.

If ν = frequency of incident photon and ν_0 = threshold frequency, then,

If $\nu < \nu_0$, there will be no ejection of photoelectrons and hence, no photoelectric effect.

If $\nu = \nu_0$, photoelectrons are ejected from the metal surface, in this case, the kinetic energy of the electron is zero.

If $\nu > \nu_0$, then photoelectrons will eject from the surface with kinetic energy

उत्तर - देहली आवृत्ति (ν_0)

यह घटना प्रकाश या विकिरण की न्यूनतम आवृत्ति है जो एक फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव उत्पन्न करेगी यानी धातु की सतह से फोटोइलेक्ट्रॉनों की निकासी धातु के लिए थ्रेसहोल्ड आवृत्ति के रूप में जानी जाती है। यह एक विशिष्ट धातु के लिए स्थिर है लेकिन विभिन्न धातुओं के लिए भिन्न हो सकता है।

यदि ν = आपतित फोटॉन की आवृत्ति और ν_0 = देहली आवृत्ति, तब,

यदि $\nu < \nu_0$, तो फोटोइलेक्ट्रॉन का कोई इजेक्शन नहीं होगा और इसलिए, कोई फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव नहीं होगा।

यदि $\nu = \nu_0$, धातु की सतह से फोटोइलेक्ट्रॉनों को बाहर निकाल दिया जाता है, इस मामले में, इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा शून्य होती है

यदि $\nu > \nu_0$, तो गतिज ऊर्जा के साथ फोटोइलेक्ट्रॉन सतह से बाहर निकलेंगे

9) Define work function or threshold energy (Φ).

कार्य फलन या थ्रेसहोल्ड एनर्जी (Φ) को परिभाषित करें।

Ans- Work Function or Threshold Energy (Φ)

The minimum energy required to emit photoelectrons from a metal is called the work function of that metal.

$\Phi = h\nu_0 = hc/\lambda_{th}$

The work function is a characteristic of a given metal. If E = energy of incident photon, then

- If $E < \Phi$, there will be no photoelectric effect.
- If $E = \Phi$, there will be only a photoelectric effect but the kinetic energy of the emitted photoelectron will be zero.
- If $E > \Phi$, the photoelectric effect will occur with the capture of kinetic energy by the emitted electron.

उत्तर - कार्य फलन या थ्रेसहोल्ड एनर्जी (Φ)

उस न्यूनतम ऊर्जा को जो किसी धातु से प्रकाश इलेक्ट्रान उत्सर्जित करने के लिए आवश्यक है , उस धातु का कार्य फलन कहते हैं।

$\Phi = h\nu_0 = hc/\lambda_{th}$

कार्य फलन किसी दिए गए धातु की विशेषता है। यदि E = आपतित फोटॉन की ऊर्जा, तब

- यदि $E < \Phi$, कोई प्रकाश-विद्युत प्रभाव नहीं होगा।
- यदि $E = \Phi$, केवल प्रकाश विद्युत प्रभाव होगा लेकिन उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा शून्य होगी
- यदि $E > \Phi$, उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन द्वारा गतिज ऊर्जा के साथ फोटोइलेक्ट्रिक प्रभाव होगा।

10) What are matter waves?

द्रव्य-तरंगे क्या हैं?

Ans- Waves associated with moving particles of matter are called de-Broglie waves or matter waves.

The wavelength **λ** of a matter-wave can be determined by -

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

where ***h*** represents Planck's constant, and p represents the traveling particle's momentum.

उत्तर - पदार्थ के गतिमान कणों से जुड़ी तरंगों को डी-ब्रॉग्ली तरंगें या पदार्थ तरंगें कहा जाता है।

तरंग दैर्ध्य (λ) का निर्धारण किया जा सकता है-

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

जहां ***h*** प्लैंक स्थिरांक का प्रतिनिधित्व करता है, और p यात्रा करने वाले कण की गति का प्रतिनिधित्व करता है।

© NCERT not to be republished