विडियो हल देखे Join Now

दूरदर्शी एवं सूक्ष्मदर्शी
[Telescope and Microscope]

(1) **आँख की समंजन क्षमता** (Power of Accomodation of Eye)—आँख के लेन्स का वह गुण, जिससे वह स्वतः ही मोटा या पतला होकर (अर्थात् फोकस दूरी परिवर्तित कर) दूर तथा पास की वस्तुओं का प्रतिबिम्ब रेटिना पर बना देता है, **'आँख की समंजन क्षमता'** कहलाता है।

(2) **स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी** (Least distance of Distinct Vision)—वह निकटतम दूरी जहाँ तक आँख अधिकतम समंजन-क्षमता लगाकर स्पष्ट देख सकती है, **'स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी'** कहलाती है। सामान्य आँख के लिए यह दूरी 25 सेमी होती है।

(3) **दर्शन कोण** (Visual Angle)—कोई वस्तु हमारी आँख पर जितना कोण बनाती है, उसे **'दर्शन कोण'** कहते हैं। उस वस्तु का हमारी आँख को दिखाई देने वाला आकार, दर्शन कोण पर ही निर्भर करता है। दर्शन कोण जितना बड़ा होता है, वस्तु उतनी ही बड़ी दिखाई पड़ती है।

(4) **प्रकाशिक यन्त्रों की आवर्धन क्षमता** (Magnifying Power of Optical Instruments)—किसी प्रकाशिक-यन्त्र की आवर्धन-क्षमता, उस यन्त्र से बने प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बनने वाले दर्शन कोण तथा बिना यन्त्र के, केवल आँख से देखने पर वस्तु द्वारा बने दर्शन कोण के अनुपात के बराबर होती है।

(5) **खगोलीय दूरदर्शी अथवा अपवर्ती दूरदर्शी** (Astronomical Telescope or Refracting Telescope)—दूरदर्शी वह प्रकाशिक यन्त्र है जिसके द्वारा बना दूर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब आँख पर बड़ा दर्शन कोण बनाता है जिससे वह वस्तु आँख को बड़ी दिखाई देती है।

दूरदर्शी की आवर्धन-क्षमता (कोणीय आवर्धन)—

$$M = \frac{\text{अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}{\text{वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण जबकि वस्तु अपनी वास्तविक स्थिति में हो}}$$

Scanned by TapScanner

आवर्धन क्षमता का व्यापक सूत्र–

$$\boxed{M = \frac{f_0}{u_e}}$$

{जहाँ पर, f_0 = अभिदृश्यक की फोकस दूरी तथा
u_e = छोटे प्रतिबिम्ब से नेत्रिका की दूरी।}

यदि अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी D पर बने, तो–

$$\boxed{M = -\frac{f_0}{u_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right)}$$

{जहाँ पर, f_e = नेत्रिका की फोकस-दूरी}

तथा, दूरदर्शी की लम्बाई $= f_0 + u_e$

यदि अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्तता पर बने, तो–

$$\boxed{M = -\frac{f_0}{u_e}}$$

तथा दूरदर्शी की लम्बाई $= f_0 + f_e$

(6) परावर्ती दूरदर्शी (Reflecting Telescope)–

आवर्धन क्षमता–

$$\boxed{\text{दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता } M = \frac{\text{अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}{\text{वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}}$$

यदि प्रतिविम्ब अनन्तता पर बने, तो–

$$\boxed{M = -\frac{f_0}{f_e}}$$

यदि प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बने, तो–

$$\boxed{M = -\frac{f_0}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right)}$$

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

(7) यौगिक अथवा संयुक्त सूक्ष्मदर्शी (Compound Microscope)—

सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन-क्षमता (अथवा कोणीय आवर्धन)

$$= \frac{\text{अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}{\text{वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}$$

जबकि वस्तु स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी D पर हो तथा सीधे देखी जा रही हो

जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बने, तो—

$$\boxed{M = -\frac{v_0}{u_0}\left(1+\frac{D}{f_e}\right)}$$

तथा सूक्ष्मदर्शी की लम्बाई $= v_0 + u_e$

{जहाँ पर, v_0 = प्रतिबिम्ब से अभिदृश्यक की दूरी, D = स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी, u_0 = वस्तु से अभिदृश्यक की दूरी, f_e = नेत्रिका की फोकस दूरी}

जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्तता पर बने, तो—

$$\boxed{M = -\frac{v_0}{u_0}\left(\frac{D}{f_e}\right)}$$

तथा, सूक्ष्मदर्शी की लम्बाई $= v_0 + f_e$

(8) दूरदर्शी की विभेदन क्षमता (Resolving Power of Telescope)—

$$\text{दूरदर्शी की विभेदन क्षमता} = \frac{1}{\text{विभेदन सीमा}}$$

तथा, दूरदर्शी की विभेदन सीमा $= \frac{1\cdot 22\,\lambda}{d}$ रेडियन

{जहाँ पर, λ = प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा d अभिदृश्यक लेन्स का व्यास है।}

महत्त्वपूर्ण--अभिदृश्यक लेन्स का द्वारक जितना बड़ा होता है, दूरदर्शी की विभेदन सीमा उतनी ही कम होती है अथवा विभेदन क्षमता उतनी ही अधिक होती है।

(9) सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता (Resolving Power of Microscope)—सूक्ष्मदर्शी द्वारा निकट स्थित दो समीपवर्ती वस्तुओं के प्रतिबिम्बों को अलग-अलग स्पष्ट देखने की क्षमता, **'सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता'** कहलाती है तथा इसका व्युत्क्रम **'सूक्ष्मदर्शी की विभेदन सीमा'** कहलाता है।

$$\text{सूक्ष्मदर्शी की विभेदन सीमा} = \frac{1\cdot 22\,\lambda}{2\sin\alpha}$$

{जहाँ पर, λ = प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा 2α = प्रकाश किरणों के शंकु का कोण है।}

Scanned by TapScanner

यदि वस्तु व अभिदृश्यक के मध्य वायु न होकर, n अपवर्तनांक का द्रव हो, तो—

$$\text{सूक्ष्मदर्शी की विभेदन सीमा} = \frac{1 \cdot 22\,\lambda}{2n\,\sin\alpha}$$

(10) इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी (Electron Microscope)—इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता बहुत अधिक होती है और यह प्रकाशिक सूक्ष्मदर्शी की तुलना में 5000 गुना विभेदन कर सकती है।

Scanned by TapScanner

विडियो हल देखे Join Now

प्रकाशमिति [Photometry]

(1) प्रकाशमिति (Photometry)—किसी प्रकाश-स्रोत की प्रकाश-उत्सर्जन क्षमता तथा इस उत्सर्जित ऊर्जा द्वारा किसी पृष्ठ पर उत्पन्न प्रदीप्ति के मापन को **प्रकाशमिति** कहते हैं।

(2) घन कोण (Solid Angle)—किसी गोलीय पृष्ठ के क्षेत्रफल की परिसीमा द्वारा, गोले के केन्द्र पर अन्तरित कोण को **'घन कोण'** कहते हैं।

$$\text{घन कोण } \omega = \frac{\text{पृष्ठ का क्षेत्रफल}}{(\text{गोले की त्रिज्या})^2} = \frac{\Delta A}{r^2}$$

घन कोण का मात्रक 'स्टेरेडियन' होता है।

किसी गोले के सम्पूर्ण पृष्ठ द्वारा गोले के केन्द्र पर अन्तरित घन कोण—

$$\omega = \frac{A}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi \text{ स्टेरेडियन}$$

{∵ गोले का सम्पूर्ण पृष्ठ $= 4\pi r^2$}

(3) किसी प्रकाश-स्रोत का विकिरण-फ्लक्स (Radiant Flux of a Light - Source)—"किसी प्रकाश-स्रोत द्वारा, 1 सेकण्ड में उत्सर्जित कुल विकिरण ऊर्जा को, सम्पूर्ण **'विकिरण फ्लक्स'** या **'विकिरणमितीय-शक्ति'** कहते हैं। इसका S.I. मात्रक **'वाट'** होता है।

(4) किसी प्रकाश-स्रोत का ज्योति-फ्लक्स (Luminous Flux of a Light - Source)—"किसी प्रकाश-स्रोत द्वारा 1 सेकण्ड में उत्सर्जित प्रकाशीय ऊर्जा (दृश्य-प्रकाश) को, उस स्रोत का **'ज्योति फ्लक्स'** या **'प्रकाशमितीय फ्लक्स'** या **'प्रकाशमितीय शक्ति'** कहते हैं।" इसका मात्रक **'ल्यूमेन'** होता है।

(5) किसी प्रकाश-स्रोत की ज्योति-तीव्रता (Luminous Intensity of a Light - Source)—"किसी प्रकाश-स्रोत्र द्वारा, किसी दिशा में एकांक घन कोण में उत्सर्जित ज्योति-फ्लक्स को उस दिशा में उस प्रकाश-स्रोत की **'ज्योति-तीव्रता'** कहते हैं।" यदि किसी प्रकाश-स्रोत से, घन कोण $\Delta\omega$ में उत्सर्जित ज्योति-फ्लक्स ΔF हो, तो प्रकाश-स्रोत की ज्योति-तीव्रता—

Scanned by TapScanner

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta \omega}$$

इसका मात्रक **'ल्यूमेन/स्टेरेडियन'** या **'कैण्डेला'** होता है।

ज्योति-फ्लक्स तथा ज्योति-तीव्रता में सम्बन्ध—

$$I = \frac{\text{स्रोत से उत्सर्जित ज्योति-फ्लक्स}}{\text{घन कोण जिसमें ज्योति-फ्लक्स उत्सर्जित होता है}}$$

या, $$I = \frac{F}{4\pi}$$

अथवा $$F = \Delta\pi I$$

(6) विद्युत लैम्पों की ज्योति-दक्षता (Luminous Efficiency of Electric Lamps)—

$$\text{ज्योति-दक्षता} = \frac{\text{लैम्प द्वारा उत्सर्जित ज्योति-फ्लक्स (ल्यूमेन में)}}{\text{लैम्प को दी गई विद्युत शक्ति (वाट में)}}$$

(7) किसी पृष्ठ का प्रदीप्ति-घनत्व अथवा प्रदीपन की मात्रा (Illuminance or Intensity of Illumination of a Surface)—"किसी पृष्ठ का **प्रदीप्ति-घनत्व**, उस पृष्ठ के एकांक क्षेत्रफल पर आपतित ज्योति-फ्लक्स होता है।" यदि किसी पृष्ठ के ΔA क्षेत्रफल पर गिरने वाला ज्योति-फ्लक्स ΔF हो, तो उस क्षेत्रफल पर प्रदीप्ति-घनत्व—

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

इसका मात्रक **'ल्यूमेन/मीटर^2'** या **'लक्स'** होता है।

महत्त्वपूर्ण— 1 फोट = 1 ल्यूमेन/सेमी^{2} = 10^4 ल्यूमेन/मीटर^2 = 10^4 लक्स

(8) प्रदीप्ति घनत्व के लिए व्युत्क्रम वर्ग नियम (Inverse-Square Law for Illuminance)—

$$E = \frac{1}{r^2}$$

{जहाँ पर, E = प्रदीप्ति घनत्व तथा r = प्रकाश स्रोत से पृष्ठ की दूरी}

(9) प्रदीप्ति घनत्व के लिए लैम्बर्ट का कोज्या नियम (Lambert's cosine Law for Illuminance)—यदि किसी प्रकाश-स्रोत की ज्योति तीव्रता I हो तथा इस स्रोत से r दूरी पर स्थित ΔA क्षेत्रफल वाले एक पृष्ठ पर स्रोत का प्रकाश तिरछा पड़ रहा हो, तो—

$$E = \frac{I\cos\theta}{r^2}$$ {जहाँ पर, E = पृष्ठ का प्रदीप्ति-घनत्व है।}

Scanned by TapScanner

तरंग गति
[Wave Motion]

यान्त्रिक तरंगें
[Mechanical Waves]

(1) यान्त्रिक तरंग (Mechanical Wave)--"किसी भौतिक माध्यम में उत्पन्न वह विक्षोभ जो अपना स्वरूप बिना बदले माध्यम में एक निश्चित चाल से आगे बढ़ता है, **'यान्त्रिक तरंग'** कहलाता है। ये तरंगें दो प्रकार की होती हैं–

(I) अनुप्रस्थ तरंगें (Transverse Waves)—जब किसी माध्यम में यान्त्रिक तरंग के संचरित होने पर माध्यम के कण तरंग के चलने की दिशा के लम्बवत् कम्पन करते हैं, तो वह तरंग **'अनुप्रस्थ तरंग'** कहलाती है।

(II) अनुदैर्ध्य तरंगें (Longitudinal Waves)—जब किसी माध्यम में यान्त्रिक तरंग के संचरित होने पर माध्यम के कण तरंग के चलने की दिशा के अनुदिश कम्पन करते हैं, तो वह तरंग **'अनुदैर्ध्य तरंग'** कहलाती है।

(2) तरंग के सम्बन्ध में महत्त्वपूर्ण परिभाषाएँ (Important Definitions regarding Waves)—

(I) आयाम (Amplitude)—माध्यम का कोई भी कण अपनी मध्यमान स्थिति के दोनों ओर जितना अधिक से अधिक विस्थापित होता है उसे कण का **'आयाम'** कहते हैं। इसे a से प्रदर्शित करते हैं।

(II) आवर्तकाल (Periodic Time)—माध्यम का कोई भी कण अपना 1 कम्पन पूरा करने में जितना समय लेता है उसे **'आवर्तकाल'** कहते हैं। इसे T से प्रदर्शित करते हैं।

(III)आवृत्ति (Frequency)—माध्यम का कोई भी कण 1 सेकण्ड में जितने कम्पन करता है, उसे **'आवृत्ति'** कहते हैं। इसे n से प्रदर्शित करते हैं।

(IV)तरंग वेग (Velocity of Wave)--किसी तरंग द्वारा एक सेकण्ड में तय की गई दूरी उस **'तरंग का वेग'** कहलाती है। इसे v से प्रदर्शित करते हैं।

(V) तरंगदैर्घ्य (Wave Length)--अनुप्रस्थ तरंगों में किन्हीं दो लगातार शृंगों अथवा गर्तों को बीच की दूरी को तथा अनुदैर्ध्य तरंगों में दो निकटवर्ती सम्पीडनों अथवा विरलनों के बीच की दूरी को **'तरंगदैर्घ्य'** कहते हैं। इसे λ से प्रदर्शित करते हैं।

Scanned by TapScanner

आवृत्ति, वेग तथा तरंगदैर्घ्य में सम्बन्ध—

$$v = n\lambda$$

या, तरंग वेग = आवृत्ति × तरंगदैर्घ्य

(3) अनुप्रस्थ तरंगों की चाल (Speed of Transverse Waves)—ठोसों में दृढ़ता होने के कारण, अनुप्रस्थ तरंगें केवल ठोसों में ही सम्भव होती हैं।

किसी ठोस में अनुप्रस्थ तरंग की चाल—

$$v = \sqrt{\frac{\eta}{d}}$$

{जहाँ पर, η = ठोस पदार्थ का दृढ़ता गुणांक तथा d = घनत्व}

किसी तनी हुई डोरी में अनुप्रस्थ तरंग की चाल—

$$v = \sqrt{\frac{T}{M}}$$

{जहाँ पर, T = डोरी में तनाव तथा m = डोरी की एकांक लम्बाई तथा द्रव्यमान}

या,

$$v = \sqrt{\frac{T}{\pi r^2 d}}$$

{जहाँ पर, T = डोरी में तनाव, r = डोरी की त्रिज्या तथा d = डोरी के पदार्थ का घनत्व}

4) अनुदैर्ध्य तरंगों की चाल (Speed of Longitudinal Waves)—ये तरंगें ठोस, द्रव तथा गैस तीनों ही प्रकार के माध्यमों में संचरित हो सकती हैं।

ठोस में अनुदैर्ध्य तरंगों की चाल—

$$v = \frac{B + (4/3)\,\eta}{d}$$

{जहाँ पर, B, η तथा d क्रमशः ठोस पदार्थ के आयतनात्मक प्रत्यास्थता गुणांक, दृढ़ता गुणांक तथा घनत्व हैं।}

किसी ठोस लम्बी छड़ में अनुदैर्ध्य तरंगों की चाल—

$$v = \sqrt{\frac{Y}{d}}$$

{जहाँ पर, Y = ठोस पदार्थ का यंग प्रत्यास्थता गुणांक तथा d = घनत्व है।}

Scanned by TapScanner

द्रवों में अनुदैर्ध्य तरंगों की चाल—

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{B}{d}}}$$

{जहाँ पर, B = द्रव का आयतनात्मक प्रत्यास्थता गुणांक तथा d = घनत्व है।}

गैसों में अनुदैर्ध्य तरंगों की चाल—

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{B}{d}}}$$

{जहाँ पर, B = गैस का आयतनात्मक प्रत्यास्थता गुणांक तथा d = घनत्व है।}

न्यूटन के अनुसार किसी गैस में ध्वनि की चाल—

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{P}{d}}}$$

{जहाँ पर, P = गैस का प्रारम्भिक दाब तथा d = घनत्व है।}

(5) लाप्लास का संशोधन (Laplace's correction)—लाप्लास के अनुसार गैसों में ध्वनि की चाल—

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{\gamma P}{d}}}$$

{जहाँ पर, $\gamma = 1{\cdot}41$ (वायु के लिए), P = गैस का प्रारम्भिक दाब तथा d = घनत्व}

तथा

$$\boxed{\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\text{गैस की नियत दाब पर विशिष्ट ऊष्मा}}{\text{गैस की नियत आयतन पर विशिष्ट ऊष्मा}}}$$

किसी गैस में ध्वनि की चाल तथा उसी गैस के अणुओं की वर्ग-माध्य-मूल चाल में सम्बन्ध—

$$\boxed{v = \left(\sqrt{\frac{\gamma}{3}}\right) v_{rms}}$$

{जहाँ पर, v_{rms} = गैस के अणुओं की वर्ग-माध्य-मूल चाल है।}

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

प्रगामी तरंगें

[Progressive Waves]

(1) समतल प्रगामी तरंग की समीकरण (Equation of Plane Progressive Wave)—

(I) $$\boxed{y = a \sin 2\pi n \left(t - \frac{x}{v}\right)}$$

{जहाँ पर, a = आयाम, n = आवृत्ति, $y = t$ सेकण्ड बाद कण का विस्थापन तथा v = तरंग की चाल और x = तरंग की प्रथम कण से दूरी है।}

(II) $$\boxed{y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)}$$ {जहाँ पर, λ = तरंगदैर्घ्य है।}

(III) $$\boxed{y = a \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)}$$ {जहाँ पर, T = आवर्तकाल है।}

(2) दो बिन्दुओं के मध्य कलान्तर तथा पथान्तर में सम्बन्ध (Relation between Phase Difference and Path Difference of Two Points)—

(I) $$\boxed{\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \Delta x}$$

{जहाँ पर, $\Delta\phi$ = दो कणों का कलान्तर, λ = तरंगदैर्घ्य तथा Δx = दो कणों की कलाओं की मूल बिन्दुओं से दूरियों का अन्तर है।}

(II) $$\boxed{\Delta\phi = \frac{2\pi}{T} \times \Delta t}$$

{जहाँ पर, T = आवर्तकाल तथा Δt = कलान्तर का समयान्तराल है।}

(3) प्रगामी तरंग में कण का वेग-आयाम तथा त्वरण-आयाम (Velocity-Amplitude and Acceleration-Amplitude of a particle in a Progressive wave)—

(I) कण का अधिकतम वेग—

$$\boxed{u_{max} = \omega a}$$ {जहाँ पर, $\omega = 2\pi n$ तथा a = विस्थापन आयाम}

(II) कण का अधिकतम त्वरण—

$$\boxed{f_{max} = -\omega^2 a}$$

Scanned by TapScanner

(4) तरंग की तीव्रता (Intensity of Wave)—किसी माध्यम में तरंग के संचरण की दिशा के लम्बवत् माध्यम के एकांक क्षेत्रफल में से प्रति सेकण्ड प्रवाहित होने वाली ऊर्जा की मात्रा को उस **'तरंग की तीव्रता'** कहते हैं। इसे I से प्रदर्शित करते हैं। इसका मात्रक जूल/(मीटर^2-सेकण्ड) या वाट/मीटर^2 होता है।

तीव्रता तथा आयाम में सम्बन्ध—यदि किसी ρ घनत्व वाले माध्यम में एक सरल आवर्त प्रगामी तरंग v चाल से संचरित हो रही हो, तो इस तरंग की तीव्रता—

$$\boxed{U = 2\pi^2 n^2 a^2 \rho v}$$

{जहाँ पर, a = आयाम तथा n = आवृत्ति है।}

(5) तरंगों का अध्यारोपण का सिद्धान्त (Principle of superposition of waves)—इस सिद्धान्त के अनुसार, "माध्यम के प्रत्येक कण का किसी क्षण परिणामी विस्थापन दोनों तरंगों द्वारा अलग-अलग उत्पन्न विस्थापनों के सदिश योग के बराबर होता है।"

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

प्रकाश की प्रकृति
[Nature of Light]

(1) प्रकाश की प्रकृति (Nature of Light)—प्रकाश के सम्बन्ध में कुछ महत्त्वपूर्ण तथ्य निम्नलिखित हैं—

(I) प्रकाश सरल रेखा में चलता है।

(II) प्रकाश निर्वात् में भी चल सकता है।

(III) प्रकाश में परावर्तन होता है।

(IV) प्रकाश में अपवर्तन होता है।

(V) प्रकाश में वर्ण-विक्षेपण होता है।

(VI) प्रकाश में ध्रुवण होता है।

(VII) प्रकाश का व्यतिकरण होता है।

(VIII) प्रकाश में विवर्तन होता है।

(IX) प्रकाश पदार्थ से इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित कर सकता है।

(2) न्यूटन का कणिका सिद्धान्त (Newton's Corpuscular Theory)—न्यूटन के द्वारा सन् 1675 ई. में प्रतिपादित प्रकाश के कणिका सिद्धान्त के अनुसार—

(I) प्रत्येक प्रकाश-स्रोत से असंख्य सूक्ष्म व हल्के अदृश्य कण निकलते रहते हैं। ये कण **'कणिकाएँ'** कहलाते है।

(II) ये कणिकाएँ प्रकाश के वेग से सभी दिशाओं में सरल रेखाओं में चलती हैं तथा अपने साथ गतिज ऊर्जा ले जाती हैं।

(III) जब ये कणिकाएँ आँख की रेटिना पर गिरती हैं, तो हमें वस्तुएँ दिखाई देने लगती हैं।

(IV) विभिन्न रंगों के प्रकाश की कणिकाओं का आकार भिन्न-भिन्न होता है।

(3) तरंगाग्र (Wave Front)—"किसी माध्यम में खींचा गया कोई ऐसा पृष्ठ जिसमें स्थित सभी कण कम्पन की समान कला में हों, **'तरंगाग्र'** कहलाता है।"

(4) हारगेन्स का तरंग सिद्धान्त (Huygen's Wave Theory)—सन् 1678 ई. में हॉलैण्ड के वैज्ञानिक हाइगेन्स द्वारा प्रतिपादित तरंग-सिद्धान्त के अनुसार, प्रकाश तरंगों के रूप में चलता है। ये तरंगें प्रकाश-स्रोत से निकलकर सभी दिशाओं में प्रकाश

Scanned by TapScanner

की चाल से चलती हैं। क्योंकि तरंगों को चलने के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है, इसलिए हाइगेन्स ने एक सर्वव्यापी माध्यम **'ईथर'** की कल्पना की। इस काल्पनिक माध्यम के लिए यह माना गया कि यह भारहीन है तथा सभी पदार्थों में प्रवेश कर सकता है। इसमें प्रकाश तरंग के संचरण के लिए आवश्यक सभी गुण होते हैं।

(5) हाइगेन्स का द्वितीयक तरंगिकाओं का सिद्धान्त (Huygen's Principle of Secondary Wavelets)—हाइगेन्स के द्वितीयक तरंगिकाओं के सिद्धान्त के अनुसार—

(I) जब किसी माध्यम में तरंग-स्रोत से तरंगें निकलती हैं, तो स्रोत के चारों ओर स्थित माध्यम के कण कम्पन करने लगते हैं। माध्यम में वह पृष्ठ जिसमें स्थित सभी कण कम्पन की समान कला में होते हैं, **'तरंगाग्र'** कहलाता है। यदि तरंग-स्रोत बिन्दुवत् हो, तो तरंगाग्र गोलीय होता है। स्रोत से बहुत अधिक दूरी पर तरंगाग्र लगभग समतल हो जाता है।

(II) तरंगाग्र पर स्थित प्रत्येक माध्यम-कण एक नये तरंग-स्रोत का कार्य करता है जिससे नई तरंगें सभी दिशाओं में निकलती हैं। इन तरंगों को **'द्वितीयक तरंगिकाएँ'** कहते है तथा ये सभी माध्यम में प्राथमिक तरंग की चाल से आगे बढ़ती हैं।

(III) यदि किसी क्षण आगे बढ़ती हुई इन द्वितीयक तरंगिकाओं का अन्वालोप, अर्थात् उन्हें स्पर्श करते हुए पृष्ठ खींचें, तो यह अन्वालोप उस क्षण तरंगाग्र की नई स्थिति को प्रदर्शित करेगा।

(6) प्रकाशीय पथ (Optical Path)—जब कोई प्रकाश-किरण किसी ऐसे माध्यम में d दूरी तय करती है, जिसका निर्वात् के सापेक्ष अपवर्तनांक n हो तो n व d का गुणनफल उस प्रकाश-किरण द्वारा तय किया गया **'प्रकाशीय पथ'** कहलाता है।

t समय में प्रकाश-किरण द्वारा निर्वात् में तय की गई दूरी $= nd$

(7) प्रकाश के एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाने पर तरंगदैर्घ्य पर प्रभाव (Effect on Wavelenth of Light in going from one Medium to another)—

$$\lambda_w = \frac{\lambda}{n}$$

(जहाँ पर, λ_w = जल में प्रकाश की तरंगदैर्घ्य, n = वायु के सापेक्ष जल का अपवर्तनांक तथा λ = वायु में प्रकाश की तरंगदैर्घ्य)

(8) प्लांक की क्वाण्टम परिकल्पना (Plank's Quantum Hypothesis)—इस परिकल्पना के अनुसार, "विकिरण का उत्सर्जन अथवा अवशोषण सतत न होकर ऊर्जा की निश्चित मात्रा के छोटे-छोटे बण्डलों अथवा पैकिटों के रूप में होता है जिन्हें **'क्वाण्टा'** अथवा **'फोटॉन'** कहते है। प्रत्येक फोटॉन से सम्बद्ध ऊर्जा की मात्रा $h\nu$ होती है, जहाँ पर ν विकिरण की आवृत्ति तथा h प्लांक नियतांक है।"

Scanned by TapScanner

(9) डी-ब्रोगली तरंगदैर्घ्य (De-Broglle Wavelength)—दी-ब्रोगली के अनुसार, प्रकाश की अनुरूपता के अनुसार, गतिमान द्रव्य-कण के साथ सम्बद्ध तरंगदैर्घ्य $\lambda = \frac{h}{P}$ होती है, जहाँ P कण का संवेग है। यदि कण v वेग से गतिमान हो और उसका द्रव्यमान m हो, तो कण का संवेग $P = mv$ होता है। अतः गतिमान द्रव्य-कण के साथ सम्बद्ध तरंगदैर्घ्य—

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{mv}}$$ {जहाँ पर, h = प्लांक नियतांक}

(10) इलेक्ट्रॉन की डी-ब्रोगली तरंगदैर्घ्य (De-Broglle Wavelength of Electron)—

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

{जहाँ पर, K = इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा तथा m = द्रव्यमान}

या,

$$\boxed{\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}}}$$ {जहाँ पर, $K = eV$}

Scanned by TapScanner

व्यतिकरण

[Interference]

1) **दो तरंगों का व्यतिकरण** (Interference of Two Waves)—जब किसी माध्यम में एक ही आवृत्ति की दो तरंगें एक साथ एक ही दिशा में चलती हैं, तो उनके अध्यारोपण से माध्यम के विभिन्न बिन्दुओं पर परिणामी तीव्रता उन तरंगों की अलग-अलग तीव्रताओं के योग से भिन्न होती है। माध्यम के कुछ बिन्दुओं पर परिणामी तरंग की तीव्रता बहुत अधिक पायी जाती है जबकि कुछ बिन्दुओं पर बहुत कम अथवा शून्य रहती है। यह घटना **'व्यतिकरण'** कहलाती है।

परिणामी तीव्रता (Resultant Intensity)—यदि एक ही आवृत्ति की दो सरल आवर्त प्रगामी तरंगें एक ही दिशा में चल रही हों और उनके आयाम a_1 व a_2 हों तथा माध्यम के किसी बिन्दु पर उनके बीच कलान्तर ϕ हो, तो उस बिन्दु पर परिणामी तीव्रता—

$$\boxed{I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\ \cos\phi}$$

{जहाँ पर, $I_1 = Ka_1^2$ तथा $I_2 = Ka_2^2$ और K एक नियतांक है।}

संपोषी व्यतिकरण (Constructive Interference)—किसी बिन्दु पर संपोषी व्यतिकरण अर्थात् अधिकतम तीव्रता के लिए—

$$\begin{aligned} I_{max} &= I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \\ &= \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2 \\ &= K(a_1 + a_2)^2 \end{aligned} \qquad \{\because \cos\phi = +1\}$$

विनाशी व्यतिकरण (Destructive Interference)—किसी बिन्दु पर विनाशी व्यतिकरण अर्थात् न्यूनतम तीव्रता के लिए—

$$\begin{aligned} I_{min} &= I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} \\ &= \left(\sqrt{I_1} \sim \sqrt{I_2}\right)^2 \\ &= K(a_1 - a_2)^2 \end{aligned} \qquad \{\because \cos\phi = -1\}$$

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

(2) फ्रिंज-चौड़ाई नापकर प्रकाश की तरंगदैर्घ्य ज्ञात करना (Determination of Wavelength of Light by measuring Fring-width)—

दीप्त फ्रिंजों की स्थितियाँ (Positions of Bright Fringes)—

$$\boxed{x = m \frac{D\lambda}{d}}$$

{जहाँ पर, x = पथान्तर, λ = तरंगदैर्घ्य, d = स्लिटों के बीच अन्तराल, D = स्लिटों की पर्दे से दूरी तथा $m = 0, 1, 2, 3, ...$}

अदीप्त फ्रिंजों की स्थितियाँ (Positions of Dark Fringes)—

$$\boxed{x = \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{D\lambda}{d}}$$ {जहाँ पर, $m = 1, 2, 3, ...$}

फ्रिंज-चौड़ाई (Fringe-width)—

$$\boxed{W = \frac{D\lambda}{d}}$$

{जहाँ पर, W = दीप्त अथवा अदीप्त फ्रिंज की चौड़ाई है।}

कोणीय फ्रिंज चौड़ाई (Angular Fringe-width)—

mवीं फ्रिंज की कोणीय स्थिति—

$$\boxed{\theta_m = \frac{m\lambda}{d}}$$

तथा, $(m + 1)$ वीं फ्रिंज की कोणीय स्थिति—

$$\boxed{\theta_{m+1} = \frac{(m-1)\lambda}{d}}$$

दो क्रमागत फ्रिंजों के मध्य कोणीय दूरी (कोणीय फ्रिंज चौड़ाई)—

$$\boxed{\theta = \frac{\lambda}{d}}$$

(3) एक व्यतिकारी पुंज के मार्ग में पतली पारदर्शक प्लेट रखने का प्रभाव (Effect of Introducing a Thin Transparent Plate in the Path of one of the Interfering Beams)—एक व्यतिकारी पुंज के मार्ग में पतली पारदर्शक प्लेट रखने पर mवीं दीप्ति फ्रिंज का विस्थापन—

$$\boxed{x_0 = \frac{D}{d}(n-1)t}$$ {जहाँ पर t = प्लेट की मोटाई है।}

Scanned by TapScanner

(4) पतली फिल्म में प्रकाश का व्यतिकरण (Interference of Light in Thin Film)—

$$\boxed{\delta = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda}$$

{जहाँ पर, δ = दो किरणों के बीच पथान्तर, λ = तरंगदैर्घ्य तथा $m = 1, 2, 3, ...$}

तथा $\boxed{\delta = m\lambda}$ {जहाँ पर, $m = 1, 2, 3, ...$}

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

विवर्तन

[Diffraction]

(1) प्रकाश का विवर्तन (Diffraction of Light)—"किसी अवरोध अथवा छिद्र के तीक्ष्ण किनारों पर प्रकाश के आंशिक रूप से मुड़ने की घटना **विवर्तन** कहलाती है।"

(2) पतली झिर्री अथवा रेखा-छिद्र द्वारा प्रकाश का विवर्तन (Diffraction of Light by a Narrow Slit)—चौड़ाई e के रेखा-छिद्र के विवर्तन प्रतिरूप में निम्निष्ठों की दिशाओं के लिए—

$$\boxed{e \sin\theta = \pm m\lambda}$$ {जहाँ पर, $m = 1, 2, 3, ...$}

(3) केन्द्रीय उच्चिष्ठ की कोणीय चौड़ाई (Angular Width of Central Maximum)—केन्द्रीय उच्चिष्ठ की दोनों ओर की कुल कोणीय चौड़ाई—

$$\boxed{2\theta = \frac{2\lambda}{e}}$$ {जहाँ पर, $\frac{\lambda}{e}$ = कोणीय फैलाव}

यदि रेखा-छिद्र से पर्दे की दूरी D हो, तो पर्दे पर केन्द्रीय उच्चिष्ठ की रैखिक चौड़ाई—

$$\boxed{2x = \frac{2\lambda}{e} \times D}$$

यदि रेखा-छिद्र के काफी समीप रखे फोकसन-लेन्स की फोकस दूरी f हो, तो पर्दे पर केन्द्रीय उच्चिष्ठ की रैखिक चौड़ाई—

$$\boxed{2x = \frac{2\lambda}{e} \times f}$$

Scanned by TapScanner

प्रकाश का ध्रुवण
[Polarisation of Light]

(1) प्रकाश का ध्रुवण (Polarisation of Light)—जब कोई प्रकाश की तरंग किसी टूरमैलीन क्रिस्टल पर डाली जाती है तो प्रकाश की तरंग के केवल वे ही कम्पन बाहर निकल पाते हैं, जो कि क्रिस्टल की अक्ष के समान्तर होते हैं, शेष कम्पन क्रिस्टल द्वारा रोक दिये जाते हैं। इस प्रकार क्रिस्टल से निकलने के पश्चात् प्रकाश की तरंग के कम्पन तरंग की गति के लम्बवत् तल में केवल एक ही दिशा में होते हैं। ऐसी तरंगें **'समतल-ध्रुवित तरंगें'** कहलाती हैं और यह घटना **'प्रकाश का ध्रुवण'** कहलाती है।

(2) ब्रुस्टर का नियम (Brewster's Law)—इस नियम के अनुसार, परावर्तित प्रकाश में ध्रुवित प्रकाश की मात्रा, आपतन कोण पर निर्भर करती है। एक विशेष आपतन कोण के लिए परावर्तित प्रकाश पूर्ण रूप से समतल-ध्रुवित होता है तथा इसके कम्पन आपतन-तल के लम्बवत् होते हैं। यह आपतन कोण 'ध्रुवण कोण' i_p कहलाता है। किसी पारदर्शी माध्यम के अपवर्तनांक (n) तथा ध्रुवण कोण (i_p) में निम्नलिखित सम्बन्ध होता है—

$$\boxed{n = \tan i_p}$$

{जहाँ पर, वायु काँच के लिए कोण $i_p = 57°$}

ब्रुस्टर के नियम का निष्कर्ष—ब्रुस्टर के नियम से यह निष्कर्ष प्राप्त होता है, कि जब प्रकाश किसी पारदर्शी माध्यम के पृष्ठ पर ध्रुवण कोण पर आपतित होता है, तो परावर्तित तथा अपवर्तित किरणें परस्पर लम्बवत् होती हैं।

$$\boxed{i_p + r = 90°}$$

{जहाँ पर, r = अपवर्तन कोण}

(3) मैलस का नियम (Law of Malus)—इस नियम के अनुसार, "जब किसी ध्रुवक से आने वाला पूर्ण रूप से समतल-ध्रुवित प्रकाश किसी विश्लेषक पर गिरता है, तो विश्लेषक से निर्गत प्रकाश की तीव्रता, विश्लेषक की ध्रुवण दिशा तथा विश्लेषक पर आपतित प्रकाश के वैद्युत वेक्टर के बीच के कोण की कोज्या (cos) के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होती है।"

Scanned by TapScanner

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

{जहाँ पर, I = विश्लेषक से निर्गत प्रकाश की तीव्रता, I_0 = विश्लेषक पर गिरने वाले समतल-ध्रुवित प्रकाश की तीव्रता तथा θ = ध्रुवण प्रकाश के बीच का कोण है।}

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

प्रकाश वैद्युत प्रभाव
[Photoelectric Effect]

1. प्रकाश वैद्युत प्रभाव (Photoelectric Effect)—प्रकाश-किरणों के प्रभाव से धातु से इलेक्ट्रॉनों के उत्सर्जन की घटना को **'प्रकाश वैद्युत प्रभाव'** अथवा **'प्रकाश वैद्युत उत्सर्जन'** कहा जाता है।

प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा—

$$\boxed{E_K = eV_0}$$

{जहाँ पर, e = इलेक्ट्रॉन का आवेश तथा V_0 = निरोधी विभव}

2. प्रकाश वैद्युत समीकरण (Photoelectric Equation)—

$$\frac{1}{2} m v_{max}^2 = h(\nu - \nu_0)$$

तथा $$E_K = m v_{max}^2 = h(\nu - \nu_0)$$

और $$W = h\nu_0$$

{जहाँ पर, E_K = प्रकाश-इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा, W = कार्यफलन, ν_0 = प्रकाश की देहली आवृत्ति, $h\nu_0$ = प्रकाश के फोटॉन की ऊर्जा, v_{max} = प्रकाश-इलेक्ट्रॉनों का अधिकतम वेग}

3. प्रकाश वैद्युत सेल (Photoelectric Cells)—वह युक्ति जिसके द्वारा प्रकाश-ऊर्जा को सीधे ही विद्युत-ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सकता है, **'प्रकाश वैद्युत सेल'** कहलाती है। रचना के आधार पर प्रकाश वैद्युत सेलें अनेक प्रकार की होती हैं। इनमें तीन मुख्य सेल निम्नलिखित हैं—

(I) प्रकाश-उत्सर्जक सेल (Photo-emissive cell),

(II) प्रकाश-वोल्टीय सेल (Photo-voltaic cell),

(III) प्रकाश-चालकीय सेल (Photo-conductive cell).

Scanned by TapScanner

आवेशित कण का पथ

[Path of Charged Particle]

1. **गैसों में वैद्युत विसर्जन** (Electric Discharge through Gases)—यदि साधारण दाब पर वायु में कुछ सेमी की दूरी पर रखे दो इलेक्ट्रोडों के मध्य कुछ विभवान्तर स्थापित किया जाये तो उनके मध्य वैद्युत प्रवाह नहीं होता, लेकिन यदि विभवान्तर में वृद्धि करके उसे कई हजार वोल्ट कर दिया जाये तो चिनगारियों के रूप में वैद्युत प्रवाह होने लगता है। गैसों में होने वाला इस प्रकार का वैद्युत प्रवाह **'वैद्युत विसर्जन'** कहलाता है।

2. **कैथोड किरणें** (Cathode Rays)—यदि किसी विसर्जन नली में गैस का दाब लगभग 10^{-2} मिमी व 10^{-3} मिमी (पारा) के मध्य रखकर उसके इलेक्ट्रोडों के मध्य प्रेरण कुण्डली द्वारा लगभग 10000 वोल्ट का विभवान्तर लगाया जाये तो नली में कैथोड के सामने वाली नली की दीवार प्रतिदीप्ति से चमकने लगती है जिसका रंग नली के काँच के संगठन पर निर्भर करता है। यदि प्रतिदीप्ति काँच पर एक प्रकार की अदृश्य किरणों के गिरने से उत्पन्न होती है। ये किरणें नली के कैथोड से निकलती हैं। ये **'कैथोड किरणें'** कहलाती हैं। ये किरणें तीव्रगामी ऋणावेशित कण हैं जिन्हें **'इलेक्ट्रॉन'** कहा जाता है। प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ kg तथा (ऋण) आवेश $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ कूलॉम होता है। इसकी खोज सन् 1897 में जे. जे. टॉमसन ने की थी।

3. **एकसमान वैद्युत क्षेत्र में गतिमान आवेशित कण द्वारा अर्जित गतिज ऊर्जा** (Kinetic Energy acquired by a charged Particle moving in a uniform Electric Field)—यदि m द्रव्यमान के एक कण पर q आवेश हो और उसे एकसमान वैद्युत क्षेत्र E में रखा जाये तो V विभवान्तर द्वारा त्वरित होने पर उस कण द्वारा अर्जित गतिज ऊर्जा—

$$\boxed{K = \frac{1}{2} mv^2 = qV}$$

4. **एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र में आवेशित कण का गमन पथ** (Trajectory of a charged Particle in a uniform Magnetic Field)—यदि कोई आवेशित कण जैसे इलेक्ट्रॉन (आवेश $-e$), वेग $\vec{v}$ से किसी एकसमान चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ में क्षेत्र की

Scanned by TapScanner

दिशा के लम्बवत् प्रवेश करे और चुम्बकीय क्षेत्र कागज के तल के लम्बवत् नीचे की ओर दिष्ट हो, तो चुम्बकीय क्षेत्र $\vec{B}$ के कारण इलेक्ट्रॉन पर लगने वाला बल—

$$F = evB = \frac{mv^2}{r}$$

$$\text{तथा } r = \frac{mv}{eB}$$

{जहाँ पर, m = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान तथा r = इलेक्ट्रॉन के पथ की त्रिज्या है।}

इलेक्ट्रॉन के आवेश तथा द्रव्यमान का अनुपात (e/m)—

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$$

5. धन किरणें तथा धन आयन (Positive Rays and Positive Ions)—सन् 1886 में गोल्डस्टीन नामक वैज्ञानिक ने अपने प्रयोगों के आधार पर बताया कि यदि कैथोड किरणों की विसर्जन नली में लगे हुए कैथोड में छिद्र कर दिये जायें तो कैथोड के पीछे की नली का काँच चमकने लगता है। इस चमक का रंग कैथोड किरणों द्वारा उत्पन्न होने वाली चमक से अलग होता है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि कैथोड के छिद्रों में से किसी अन्य प्रकार की किरणें निकलकर काँच पर गिरती हैं। ये किरणें **'धन किरणें'** कहलाती हैं। ये किरणें उन परमाणुओं से बनी होती हैं जिनसे एक-एक इलेक्ट्रॉन निष्कासित हो जाता है और उन पर इलेक्ट्रॉन के आवेश के बराबर धन आवेश रह जाता है। **इन्हें 'धन आयन'** कहा जाता है।

6. समस्थानिक (Isotopes)—'समस्थानिकों' की खोज टॉमसन ने धन किरणों के अध्ययन द्वारा की थी। 'एक ही तत्त्व के ऐसे परमाणु, जिनके परमाणु क्रमांक समान तथा द्रव्यमान संख्याएँ (परमाणु भार) भिन्न होती हैं, वे **समस्थानिक** कहलाते हैं।

7. कैथोड-किरण कम्पनदर्शी अथवा दोलनदर्शी (Cathode-Ray Oscilloscope)—'कैथोड-किरण कम्पनदर्शी' अथवा 'दोलनदर्शी' कैथोड किरणों (इलेक्ट्रॉनों) के गुणों पर आधारित एक ऐसा यन्त्र है जिसका इलेक्ट्रॉनिक्स में अधिकाधिक उपयोग किया जाता है। इसके द्वारा वैद्युत तरंगों की आकृति को पर्दे पर स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है। यह यन्त्र निम्नलिखित दो सिद्धान्तों पर कार्य करता है—

(I) कैथोड किरणों का वैद्युत क्षेत्र में विक्षेपित होना।

(II) कैथोड किरणों का प्रतिदीप्ति उत्पन्न करना।

8. टेलीविजन (Television)—वह युक्ति जिसके द्वारा बहुत दूर की वस्तुओं को स्पष्ट देखा जा सकता है **'टेलीविजन'** कहलाती है। इसे हिन्दी में 'दूरदर्शन' कहा जाता है। इसका आविष्कार सन् 1923 में जॉन बेयर्ड द्वारा किया गया था।

Scanned by TapScanner

9. रेडार (Radar)—वह यन्त्र जिसकी सहायता से रेडियो तरंगों द्वारा किसी दूरस्थ वस्तु (स्थिर या गतिमान) की उपस्थिति, दूरी एवं गति की दिशा का ज्ञान होता है 'रेडार' कहलाता है।

टेलीविजन तथा रेडार में प्रयुक्त होने वाली तरंगों की तरंगदैर्घ्य और आवृत्ति–

(I) टेलीविजन में प्रयुक्त होने वाली रेडियो तरंगों की तरंगदैर्घ्य 10^4 मीटर से 0·1 मीटर तक तथा आवृत्ति 3×10^4 हर्ट्ज से 3×10^9 हर्ट्ज तक होती है।

(II) रेडार में सूक्ष्म तरंगें प्रयुक्त होती हैं जिनकी तरंगदैर्घ्य 0·3 मीटर से 10^{-3} मीटर तक तथा आवृत्ति 1×10^9 हर्ट्ज से 3×10^{11} हर्ट्ज तक होती है।

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

विकिरण

[Radiation]

1. विकिरण ऊर्जा (Radiant Energy)—वस्तुएँ प्रत्येक समय अपने ताप के कारण ऊर्जा का संतत रूप से उत्सर्जन करती रहती हैं। यही ऊर्जा **'ऊष्मीय-विकिरण'** अथवा **'विकिरण ऊर्जा'** कहलाती है।

2. किसी पृष्ठ की उत्सर्जन क्षमता (Emissive Power of a Surface)—किसी पृष्ठ के प्रति एकांक क्षेत्रफल द्वारा एक सेकण्ड में उत्सर्जित होने वाली कुल विकिरण ऊर्जा की मात्रा उस **'पृष्ठ की उत्सर्जन क्षमता'** कहलाती है। इसे e से निरूपित करते हैं। इसका मात्रक जूल प्रति मीटर^2 प्रति सेकण्ड होता है।

किसी पृष्ठ के प्रति एकांक क्षेत्रफल द्वारा 1 सेकण्ड में तरंगदैर्घ्य λ पर प्रति एकांक तरंगदैर्घ्य परास में उत्सर्जित विकिरण ऊर्जा की मात्रा उस पृष्ठ की तरंगदैर्घ्य λ पर **'स्पेक्ट्रमी उत्सर्जन क्षमता'** (e_λ) कहलाती है। इसका मात्रक जूल-मीटर^2-सेकण्ड$^{-1}$-ऐंग्स्ट्राम$^{-1}$ होता है।

3. किसी पृष्ठ की अवशोषण क्षमता (Absorptive Power of a Surface)—किसी पृष्ठ द्वारा किसी समय में अवशोषित विकिरण-ऊर्जा की मात्रा तथा उसी समय में उस पृष्ठ पर आपतित कुल विकिरण-ऊर्जा की मात्रा का अनुपात उस **'पृष्ठ की अवशोषण क्षमता'** या **'अवशोषण गुणांक'** कहलाती है। इसे a से प्रदर्शित करते हैं। यह एक अनुपात है इसलिए इसका कोई मात्रक नहीं होता।

किसी पृष्ठ द्वारा किसी समय में तरंगदैर्घ्य λ पर प्रति एकांक तरंगदैर्घ्य परास में अवशोषित विकिरण-ऊर्जा तथा आपतित विकिरण-ऊर्जा का अनुपात उस पृष्ठ की तरंगदैर्घ्य λ पर **'स्पेक्ट्रमी अवशोषण क्षमता'** a_λ कहलाती है।

4. आदर्श कृष्ण पिण्ड (Perfectly Black Body)—वह वस्तु जो अपने पृष्ठ पर गिरने वाले सम्पूर्ण विकिरण को (चाहे उनकी तरंगदैर्घ्य कुछ भी हो) पूर्ण रूप से अवशोषित कर लेती है, **'आदर्श कृष्ण पिण्ड'** अथवा **'कृष्णिका'** कहलाती है। आदर्श कृष्णिका के लिए—

$$\boxed{a_\lambda = 1}$$

5. किरचॉफ का नियम (Kirchhoff's Law)—किरचॉफ के नियम के अनुसार, "किसी निश्चित ताप पर किसी दी हुई तरंगदैर्घ्य के लिए सभी वस्तुओं की उत्सर्जन-क्षमता

Scanned by TapScanner

तथा अवशोषण-क्षमता की निष्पत्ति एक ही होती है और यह उसी ताप पर एक आदर्श कृष्णिका की उत्सर्जन-क्षमता के बराबर होती है।"

$$\frac{e_\lambda}{a_\lambda} = E_\lambda$$

{जहाँ पर, e_λ = वस्तु के पृष्ठ की उत्सर्जन क्षमता, a_λ = वस्तु के पृष्ठ की अवशोषण क्षमता तथा E_λ = आदर्श कृष्णिका की उत्सर्जन-क्षमता है।}

6. स्टीफन का नियम (Stefan's Law)—स्टीफन के नियम के अनुसार, "किसी कृष्णिका के एकांक पृष्ठ-क्षेत्रफल से प्रति सेकण्ड उत्सर्जित होने वाली विकिरण ऊर्जा उसके परमताप की चतुर्थ घात के अनुक्रमानुपाती होती है।" यदि किसी कृष्णिका का परमताप T हो, तो उसके प्रति एकांक पृष्ठ-क्षेत्रफल से प्रति सेकण्ड उत्सर्जित होने वाली ऊर्जा—

$$E = \sigma T^4$$

{जहाँ पर σ यह नियतांक है जिसे 'स्टीफन का नियतांक' कहते हैं।}

7. न्यूटन का शीतलन नियम (Newton's Law of Cooling)—न्यूटन के शीतलन के नियम के अनुसार, "जब कोई गर्म वस्तु वायु में ठण्डी की जाती है तो वस्तु की ऊष्मा-हानि की दर वस्तु तथा उसके चारों ओर के माध्यम के ताप-अन्तर के अनुक्रमानुपाती होती है।" अर्थात्

ऊष्मा हानि की दर $\propto$ ताप-अन्तर

8. वीन का नियम (Wien's Law)—वीन के नियम के अनुसार, "कृष्णिका का ताप बढ़ाते जाने पर, कृष्णिका से उत्सर्जित अधिकतम-ऊर्जा विकिरण निम्न तरंगदैर्घ्य की ओर विस्थापित होता जाता है।"

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \text{ या, } \lambda_m \times T = b$$

{जहाँ पर, b एक नियतांक है जिसका मान $2{\cdot}9 \times 10^{-3}$ मीटर-K होता है।}

9. प्लांक की परिकल्पना (Planck's Hypothesis)—सन् 1900 में प्लांक द्वारा प्रस्तुत परिकल्पना के अनुसार, "विकिरण का उत्सर्जन संतत न होकर ऊर्जा की निश्चित मात्रा के छोटे-छोटे बण्डलों अथवा पैकिटों के रूप में होता है। ये बण्डल **'क्वाण्टा'** कहलाते हैं।" बाद में इन बण्डलों का नाम **'फोटॉन'** रखा गया। प्रत्येक फोटॉन से सम्बद्ध ऊर्जा की मात्रा $h\nu$ होती है। जहाँ पर ν विकिरण की आवृत्ति तथा h प्लांक-नियतांक है।

Scanned by TapScanner

10. फोटॉन का गतिक द्रव्यमान (Dynamic Mass of Photon)—

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

{जहाँ पर, m = फोटॉन का गतिक द्रव्यमान, h = प्लांक नियतांक, ν = विकिरण की आवृत्ति, c = प्रकाश की चाल तथा λ = फोटॉन की तरंगदैर्घ्य है।}

11. फोटॉन का संवेग (Momentum of Photon)—

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

{जहाँ पर p = फोटॉन का संवेग है।}

Scanned by TapScanner

परमाणु की संरचना तथा स्पेक्ट्रमों की उत्पत्ति

[Structure of the Atom and Origin of Spectra]

(1) परमाणु (Atom)—सन् 1803 में डाल्टन द्वारा प्रतिपादित परमाणु सिद्धान्त के अनुसार प्रत्येक पदार्थ छोटे-छोटे कणों से मिलकर बना है, जिन्हें **'परमाणु'** कहा जाता है। डाल्टन के अनुसार परमाणु को किसी भी भौतिक अथवा रासायनिक विधि द्वारा विभाजित नहीं किया जा सकता है।

(2) परमाणु का टॉमसन मॉडल (Thamson's Model of Atom)—सर्वप्रथम सन् 1904 में टॉमसन द्वारा सुझाये गये परमाणु के रूप को **'परमाणु का टॉमसन मॉडल'** कहा जाता है। इसके अनुसार परमाणु 10^{-10} मीटर त्रिज्या का एक धनावेशित गोला है जिसमें परमाणु का द्रव्यमान तथा धनावेश समान रूप से वितरित होते हैं। इस गोल में स्थान-स्थान पर इलेक्ट्रॉन धँसे रहते हैं और इनकी संख्या इतनी होती है कि इनका ऋण आवेश परमाणु के धन आवेश के बराबर होता है।

(3) नाभिक का आकार (Size of Nucleus)—α-कणों के प्रकीर्णन द्वारा नाभिक के आकार का आकलन किया जा सकता है। रेडियोऐक्टिव पदार्थ में से α-कण वेग के साथ (गतिज ऊर्जा से) निकलते हैं। यदि नाभिक पर आवेश Ze कूलॉम तथा α-कण पर $2e$ कूलॉम हो, तो—

$$r_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2Ze^2}{K}$$

{जहाँ पर, r_0 = α-कण की नाभिक के निकटतम पहुँचने की दूरी, K = α-कण की प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा तथा $1/4\pi\varepsilon_0 = 9 \times 10^9$ न्यूटन-मीटर^2/कूलॉम^2 है।}

(4) परमाणु का रदरफोर्ड मॉडल (Rutherford's Model of Atom)—सन् 1911 में रदरफोर्ड द्वारा प्रस्तुत परमाणु के मॉडल के अनुसार परमाणु का द्रव्यमान (इलेक्ट्रॉनों के द्रव्यमान को छोड़कर) तथा समस्त धन आवेश परमाणु के केन्द्र पर 10^{-15} मीटर की कोटि की त्रिज्या के नाभिक में संकेन्द्रित है। नाभिक के चारों ओर 10^{-10} मीटर की कोटि की त्रिज्या के खोखले गोले में इलेक्ट्रॉन वितरित रहते हैं जिनका कुल ऋण आवेश नाभिक के धन आवेश के बराबर होता है। ये इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर विभिन्न कक्षाओं में घूमते रहते हैं जिसके लिए इन्हें आवश्यक अभिकेन्द्र बल, इलेक्ट्रॉन तथा नाभिक के मध्य स्थिर वैद्युत आकर्षण बल से प्राप्त होता है।

Scanned by TapScanner

(5) परमाणु का बोहर मॉडल (Bohr's Model of Atom)—प्रो. नील्स बोहर ने सन् 1913 में रदरफोर्ड के परमाणु मॉडल में मैक्स प्लांक के क्वाण्टम सिद्धान्त का प्रयोग कर रफरफोर्ड मॉडल की कमियों को दूर करते हुए निम्नलिखित तीन परिकल्पनाएँ प्रस्तुत कीं—

(I) इलेक्ट्रॉन केवल उन्हीं कक्षाओं में घूम सकते हैं जिनमें उनका कोणीय संवेग $h/2\pi$ का पूर्ण गुणज हो, जहाँ पर h प्लांक का सार्वत्रिक नियतांक है। यदि इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान m हो तथा v वेग से r त्रिज्या की कक्षा में घूम रहा हो तो उसका कोणीय संवेग mvr होगा।

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

{जहाँ पर, $n = 1, 2, 3, ...$ कक्षा की क्रम संख्या या मुख्य क्वाण्टम संख्या है।}

(II) स्थायी कक्षाओं में घूमते समय इलेक्ट्रॉन ऊर्जा का उत्सर्जन नहीं करते जबकि उनमें अभिकेन्द्रीय त्वरण होता है। इससे परमाणु का स्थायित्व बना रहता है।

(III) जब परमाणु को किसी कारण से बाह्य ऊर्जा मिलती है, तो उसका कोई इलेक्ट्रॉन अपनी निश्चित कक्षा को छोड़कर किसी ऊँची कक्षा में चला जाता है। परमाणु की इस अवस्था को 'उत्तेजित अवस्था' कहा जाता है। इलेक्ट्रॉन ऊँची कक्षा में केवल 10^{-8} सेकण्ड के लिए ठहरकर तुरन्त नीचे की कक्षा में वापस लौटता है और लौटते समय विद्युत चुम्बकीय तरंगों के रूप में ऊर्जा उत्सर्जित करता है। यदि उच्च कक्षा में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा E_2 तथा निचली कक्षा में E_1 हो, तो उत्सर्जित तरंगों की आवृत्ति ν निम्नवत् होगी—

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

यह समीकरण **'बोहर का आवृत्ति प्रतिबन्ध'** कहलाता है।

(6) हाइड्रोजन-सदृश परमाणुओं का बोहर का सिद्धान्त (Bohr's Theory of Hydrogen-like Atoms)—हाइड्रोजन-सदृश परमाणु में एकल इलेक्ट्रॉन परमाणु के नाभिक के चारों ओर एक स्थायी कक्षा में घूमता है। यदि इलेक्ट्रॉन के आवेश, द्रव्यमान व वेग क्रमशः e, m व v तथा कक्षा की त्रिज्या r और नाभिक पर धन आवेश Ze हो जहाँ Z परमाणु क्रमांक है (हाइड्रोजन परमाणु के लिए $Z = 1$) तो इलेक्ट्रॉन को अपनी कक्षा में घूमने के लिए आवश्यक अभिकेन्द्र बल, नाभिक व इलेक्ट्रॉन के मध्य स्थिर वैद्युत आकर्षण बल से प्राप्त होता है। तब—

$$r = n^2 \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m Z e^2}$$

{जहाँ पर, h = प्लांक नियतांक तथा $n = 1, 2, 3, ...$ क्वाण्टम संख्या है।}

Scanned by TapScanner

बोहर त्रिज्या (Bohr's Radius)—हाइड्रोजन परमाणु ($Z = 1$) की प्रथम कक्षा ($n = 1$) की त्रिज्या—

$$r_1 = \frac{h^2 \varepsilon_0}{\pi m e^2}$$

स्थायी कक्षाओं में इलेक्ट्रॉन का वेग (Velocity of Electron in Stationary Orbits)—

$$v = \frac{Ze^2}{2h\varepsilon_0} \frac{1}{n}$$

स्थायी कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा (Energy of Electron in Stationary Orbits)—

$$E = -\frac{mZ^2e^4}{8\varepsilon_0{}^2h^2}\left[\frac{1}{n^2}\right]$$

यदि इलेक्ट्रॉनों के लौटने में उत्सर्जित विद्युत चुम्बकीय तरंगों (ऊर्जा) की आवृत्ति v के संगत तरंगदैर्घ्य λ हो, तो—

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2R\left(\frac{1}{n_1{}^2} - \frac{1}{n_2{}^2}\right)$$

{जहाँ पर, $R = \frac{me^4}{8\varepsilon_0{}^2ch^3}$ रिडबर्ग नियतांक है।}

(7) प्रकाश का उत्सर्जन (Emission of Light)—

$$\lambda = \frac{12375}{\Delta E}\text{ Å}$$

{जहाँ पर, λ = उत्सर्जित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य तथा ΔE = दो ऊर्जा-स्तरों की ऊर्जाओं का अन्तर है।}

(8) हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम (Hydrogen Spectrum)—'बामर' ने हाइड्रोजन के स्पेक्ट्रम का विस्तृत अध्ययन किया। इस स्पेक्ट्रम में काली पृष्ठभूमि पर अनेक पृथक्-पृथक् चमकीली रेखाएँ होती हैं। इन्हें बामर श्रेणी की रेखाएँ कहा जाता है। ये रेखाएँ स्पेक्ट्रम के दृश्य भाग में होती हैं। स्पेक्ट्रम के अदृश्य भाग में भी अन्य विभिन्न श्रेणियाँ होती हैं। इन विभिन्न श्रेणियों की रेखाओं की तरंगदैर्घ्य के व्यापक सूत्र निम्नलिखित हैं—

(I) लाइमन श्रेणी के लिए—

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right]$$

{जहाँ पर λ = तरंगदैर्घ्य तथा $n = 2, 3, 4, ...$}

Scanned by TapScanner

(II) बामर श्रेणी के लिए–

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right] \qquad \{\text{जहाँ पर, } n = 3, 4, 5, ...\}$$

(III) पाशन श्रेणी के लिए–

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right] \qquad \{\text{जहाँ पर, } n = 4, 5, 6, ...\}$$

(IV) ब्रैकेट श्रेणी के लिए–

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right] \qquad \{\text{जहाँ पर, } n = 5, 6, 7, ...\}$$

(V) फुण्ड श्रेणी के लिए–

$$\frac{1}{\lambda} = R\left[\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right] \qquad \{\text{जहाँ पर, } n = 6, 7, 8, ...\}$$

व्याख्या–हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की विभिन्न श्रेणियों की व्याख्या क्वाण्टम यान्त्रिकी द्वारा की जा सकती है। क्वाण्टम यान्त्रिकी के अनुसार यदि हाइड्रोजन परमाणु की आयनित अवस्था को शून्य ऊर्जा-स्तर माना जाये, तो परमाणु के विभिन्न ऊर्जा-स्तरों की ऊर्जाओं को निम्नलिखित सूत्र के द्वारा व्यक्त कर सकते हैं–

$$E_n = -\frac{Rhc}{n^2}$$

{जहाँ पर, R = रिडबर्ग नियतांक, h = प्लांक नियतांक, c = प्रकाश की चाल तथा $n = 1, 2, 3, ...$}

(9) उत्तेजन विभव (Excitation Potential)–वह न्यूनतम त्वरक विभव जो किसी इलेक्ट्रॉन को इतनी ऊर्जा दे सके कि यह इलेक्ट्रॉन किसी परमाणु से टकराने पर उसे उत्तेजित कर सके, परमाणु का **'उत्तेजन विभव'** या **'ऊर्जन'** कहलाता है।

(10) आयनन विभव (Ionisation Potential)–वह न्यूनतम त्वरक विभव जो किसी इलेक्ट्रॉन को इतनी ऊर्जा प्रदान कर सके कि वह परमाणु को आयनित कर सके, परमाणु का **'आयनन विभव'** कहलाता है।

(11) उत्सर्जन स्पेक्ट्रम (Emission Spectrum)–किसी दीप्त-स्रोत द्वारा उत्सर्जित प्रकाश का स्पेक्ट्रम, उस स्रोत का **'उत्सर्जन-स्पेक्ट्रम'** कहलाता है। ये तीन प्रकार के होते हैं–

(I) रेखीय स्पेक्ट्रम (Line Spectrum)–इस स्पेक्ट्रम में काली पृष्ठभूमि पर रंगीन चमकीली रेखाएँ दिखाई देती हैं, जिन्हें **'स्पेक्ट्रमी रेखाएँ'** कहते हैं। इनमें से प्रत्येक स्पेक्ट्रमी रेखा की तरंगदैर्घ्य निश्चित होती है।

Scanned by TapScanner

(II) बैण्ड स्पेक्ट्रम (Band Spectrum)—इस स्पेक्ट्रम में काली पृष्ठभूमि पर प्रकाश की पट्टियाँ होती हैं। प्रत्येक पट्टी का एक किनारा तीक्ष्ण व चमकदार होता है तथा दूसरे किनारे की ओर चमक धीरे-धीरे कम या धुँधली होती जाती है। पट्टी के चौड़े किनारे को पट्टी का शीर्ष कहा जाता है। जब एक अच्छे स्पेक्ट्रोमीटर से इन पट्टियों को देखते हैं, तो प्रत्येक पट्टी में अनेक स्पेक्ट्रमी रेखाएँ दिखाई देती हैं।

(III) संतत या अविरत स्पेक्ट्रम (Continuous Spectrum)—इस स्पेक्ट्रम में लाल रंग से लेकर बैंगनी रंग तक के सभी रंगों की समस्त तरंगदैर्घ्य उपस्थित रहती हैं। इन रंगों के मध्य कोई रिक्त स्थान नहीं होता तथा पास-पास वाले रंग परस्पर इस प्रकार मिले रहते हैं कि दो रंगों के मध्य कोई निश्चित पृथक्कारी रेखा नहीं होती है।

(12) अवशोषण स्पेक्ट्रम (Absorption Spectrum)—यदि किसी अविरत स्पेक्ट्रम देने वाले तीव्र प्रकाश-स्रोत तथा स्पेक्ट्रोमीटर के मध्य कोई पारदर्शी ठोस, द्रव या गैस रख दिया जाये, तो पदार्थ स्पेक्ट्रम का कुछ भाग अवशोषित कर लेते हैं। इससे स्रोत के अविरत स्पेक्ट्रम में कुछ काली रेखाएँ या पट्टियाँ आ जाती हैं। यह स्पेक्ट्रम उस पदार्थ का **'अवशोषण स्पेक्ट्रम'** कहलाता है।

(13) सूर्य का स्पेक्ट्रम तथा फ्रॉउनहोफर रेखाएँ (Solar Spectrum and Fraunhofer Lines)—जब सूर्य के प्रकाश को किसी लेन्स अथवा दर्पण के द्वारा एकत्रित करके स्पेक्ट्रोमीटर के रेखा-छिद्र पर डाला जाता है, तो एक संतत स्पेक्ट्रम दिखाई देता है। इस स्पेक्ट्रम को ध्यान से देखने पर इसके प्रत्येक भाग में अनेक काली रेखाएँ दिखाई देती हैं। इन रेखाओं को सर्वप्रथम सन् 1802 में 'वोलेस्टन' ने देखा लेकिन इनका विस्तृत अध्ययन सन् 1814 से 1821 तक 'फ्रॉउनहोफर' ने किया था। इसीलिए ये रेखाए **'फ्रॉउनहोफर रेखाएँ'** कहलाती हैं। उन्होंने लगभग 600 रेखाएँ देखीं लेकिन अभी तक लगभग 20,000 रेखाएँ देखी जा चुकी हैं।

(14) प्रतिदीप्ति (Fluorescence)—अनेक पदार्थ ऐसे होते हैं कि यदि उन पर ऊँची आवृत्ति का (जैसे—पराबैंगनी, नीला आदि) प्रकाश डाला जाये, तो वे उसे अवशोषित कर लेते हैं तथा अपने अन्दर से अपेक्षाकृत नीची आवृत्ति का प्रकाश उत्सर्जित करने लगते हैं। यह उत्सर्जन केवल तभी तक होता है जब तक कि पदार्थ पर प्रकाश डाला जाता है। प्रकाश के उत्सर्जन की यह घटना **'प्रतिदीप्ति'** कहलाती है तथा जिन पदार्थों में यह घटना घटित होती है वे **'प्रतिदीप्त पदार्थ'** कहलाते हैं।

(15) स्फुरदीप्ति (Phosphorescence)—प्रतिदीप्त पदार्थ केवल तभी तक प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं जब तक कि उन पर प्रकाश डाला जाता है, लेकिन कुछ पदार्थ ऐसे भी होते हैं कि जब उन पर प्रकाश डालना बन्द कर दिया जाता है, उसके

Scanned by TapScanner

बाद भी वे कुछ समय तक प्रकाश उत्सर्जित करते रहते हैं। यह घटना **'स्फुरदीप्ति'** कहलाती है।

(16) **लेसर** (Laser)—लेसर की खोज सन् 1960 में हुई थी। LASER का अंग्रेजी में पूर्ण वाक्य है—'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation', इसका हिन्दी अर्थ है—**'विकिरण के उद्दीपित उत्सर्जन द्वारा प्रकाश का प्रवर्धन'**। इस प्रकार **'लेसर'** वह युक्ति है जिसके द्वारा एक तीक्ष्ण, एकवर्णी, समान्तर तथा उच्च कला-सम्बद्ध प्रकाश पुंज प्राप्त किया जाता है।

(17) **मेसर** (Maser)—मेसर की खोज सर्वप्रथम सन् 1954 में 'गोर्डन' तथा 'टाउन' ने की थी। MASER का अंग्रेजी में पूर्ण नाम 'Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation'. इसका हिन्दी अर्थ है—**'विकिरण के उद्दीपित उत्सर्जन द्वारा माइक्रो-तरंगों का प्रवर्धन'**। लेसर द्वारा दृश्य प्रकाश-तरंगों का कला-सम्बद्ध, एकवर्णी, संकीर्ण तथा अतितीक्ष्ण पुंज प्राप्त होता है। इसी प्रकार का पुंज मेसर द्वारा अदृश्य माइक्रो-तरंगों का प्राप्त होता है। इसीलिए **'लेसर'** को **'प्रकाशकीय मेसर'** भी कहा जाता है।

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

एक्स-किरणें

[X-Rays]

एक्स-किरणें (X-Rays)—जर्मन वैज्ञानिक प्रो. रॉन्जन ने सन् 1895 में देखा कि जब तीव्र वेग से चलने वाली कैथोड किरणें किसी उच्च परमाणु-भार तथा उच्च द्रवणांक वाली धातु के टुकड़े से टकराती हैं, तो एक प्रकार की नई किरणें उत्पन्न होती हैं जो आँख से दिखाई नहीं देतीं, लेकिन फोटोग्राफी की प्लेट पर उसी प्रकार क्रिया करती हैं जैसे कि प्रकाश-किरणें करती हैं। इन अज्ञात व अदृश्य किरणों को **'एक्स-किरणें'** कहा जाता है।

एक्स-किरणों की अधिकतम आवृत्ति—

$$\nu_{max} = \frac{eV}{h}$$

{जहाँ पर, eV = इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा तथा h = प्लांक नियतांक है।}

एक्स-किरणों की न्यूनतम तरंगदैर्घ्य—

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$

{जहाँ पर, c = प्रकाश की चाल है।}

उदाहरण— **एक कूलिज नलिका के कैथोड तथा लक्ष्य-इलेक्ट्रोड के मध्य विभवान्तर 30 किलोवोल्ट है। उत्सर्जित एक्स-किरणों की न्यूनतम तरंगदैर्घ्य क्या होगी ? जबकि $h = 6{\cdot}6 \times 10^{-34}$ जूल-सेकण्ड, $e = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ कूलॉम तथा $c = 3{\cdot}0 \times 10^{8}$ मीटर/सेकण्ड है।** **[U.P. Board, 2008]**

हल :

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV} = \frac{6{\cdot}6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{1{\cdot}6 \times 10^{-19} \times 30 \times 10^{3}} \text{ मीटर}$$

$$= 0{\cdot}41 \times 10^{-10} \text{ मीटर} = 0{\cdot}41 \text{ Å}$$ **Ans.**

● ● ●

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

रेडियोऐक्टिवता
[Radioactivity]

(1) रेडियोऐक्टिवता (Radioactivity)—सन् 1896 में फ्रांस के वैज्ञानिक बेकुरल ने देखा कि कुछ तत्त्वों तथा उनके लवणों से विशेष गुण वाली अदृश्य बेधी किरणें निकलती रहती हैं, जो अपारदर्शी पदार्थों में प्रवेश करने की क्षमता रखती हैं और फोटोग्राफिक प्लेट को प्रभावित करती हैं। ये किरणें 'रेडियोऐक्टिव किरणें' या 'बेकुरल किरणें' कहलाती हैं और जिन पदार्थों से ये किरणें निकलती हैं वे 'रेडियोऐक्टिव पदार्थ' कहलाते हैं; जैसे—यूरेनियम, रेडियम आदि। इन पदार्थों का स्वतः बेधी किरणें उत्सर्जित करने का गुण **'रेडियोऐक्टिवता'** कहलाता है।

(2) रेडियोऐक्टिव किरणें (Radioactive Rays)—रेडियोऐक्टिव किरणें तीन प्रकार की होती हैं—एक तो वे जो कि वैद्युत क्षेत्र में ऋण प्लेट की ओर मुड़ जाती हैं, दूसरी वे जो कि धन प्लेट की ओर मुड़ जाती हैं और तीसरी वे जो कि वैद्युत-क्षेत्र से बिना प्रभावित हुए सीधी निकल जाती हैं। प्रथम प्रकार की किरणों को **'ऐल्फा-किरणें'** (α-rays), द्वितीय प्रकार की किरणों को **'बीटा-किरणें'** (β-rays) तथा तृतीय प्रकार की किरणों को **'गामा-किरणें'** (γ-rays) कहा जाता है।

α, β तथा γ-किरणों में तुलनात्मक अन्तर—

क्र.सं.	लक्षण	α-किरणें	β-किरणें	γ-किरणें
1.	प्रकृति	धनावेशित α-कणों से बनी हैं, आवेश $+2e$, संहति = 4 प्रोटॉन तथा द्रव्यमान हीलियम नाभिक है।	ऋणावेशित β-कणों से बनी हैं, आवेश $-1e$, संहति = $\frac{1}{1840}$ हाइड्रोजन परमाणु का भाग।	अद्रव्य, उदासीन तथा X-किरणों की तरह विद्युत चुम्बकीय विकिरण हैं।
2.	वेग	प्रकाश के वेग का $\frac{1}{10}$ भाग।	प्रकाश के वेग के लगभग समान।	प्रकाश के वेग के समान।

Scanned by TapScanner

3.	गतिज ऊर्जा	संहति अधिक होने के कारण गतिज ऊर्जा अधिक।	संहति कम होने के कारण गतिज ऊर्जा कम।	संहतिविहीन होती हैं।
4.	भेदन शक्ति	संहति अधिक होने के कारण भेदन शक्ति कम।	भेदन शक्ति α-कण की तुलना में 100 गुनी अधिक तीव्र (संहति एवं वेग कम होने के कारण)।	अपद्रव्य प्रकृति के कारण भेदन शक्ति अत्यधिक, α-कण से 1,000 गुनी अधिक।
5.	गैसों को आयनित करने की शक्ति	γ-किरणों की तुलना में 10,000 गुना अधिक।	γ-किरणों की तुलना में 100 गुना अधिक।	गैसों को आयनिक नहीं कर सकतीं।
6.	विद्युत क्षेत्र का प्रभाव	ऋणावेश की ओर आकर्षित होती हैं।	धनावेश की ओर आकर्षित होती हैं।	अप्रभावित रहती हैं।
7.	फोटोग्राफिक प्लेट पर प्रभाव	प्लेट को बहुत अधिक काला कर देती हैं।	α-किरणों की तुलना में प्लेट को कम काला करती हैं।	प्लेट को सबसे कम काला करती हैं।

(3) **रेडियोऐक्टिव क्षय** (Radioactive Decay)—किसी रेडियोऐक्टिव पदार्थ के परमाणुओं में α अथवा β-कण तथा γ-किरणें निकलते रहने से उसका परमाणु भार तथा परमाणु क्रमांक परिवर्तित हो जाते हैं। यह घटना **'रेडियोऐक्टिव क्षय'** या **'रेडियोऐक्टिव विघटन'** कहलाती है।

α-कणों का उत्सर्जन—नाभिक के 2 प्रोटॉन और 2 न्यूट्रॉन परस्पर संयोग करके α-कण ($_2He^4$) का निर्माण करते हैं—

$$2_1p^1 + 2_0n^1 \rightarrow {}_2He^4$$

अतः नाभिक में एक α-कण के उत्सर्जन से उसके परमाणु द्रव्यमान में 4 इकाई की कमी तथा परमाणु संख्या में 2 इकाई की कमी हो जाती है।

उदाहरण—

$$_{92}U^{238} \rightarrow {}_{90}Th^{234} + {}_2He^4$$

(यूरेनियम) (थोरियम) (α-कण)

β-कणों का उत्सर्जन—β-कण को $_{-1}e^0$ से प्रदर्शित करते हैं। नाभिक में न्यूट्रॉन के टूटने से β-कण बनते हैं।

$$_0n^1 \rightarrow {}_{-1}e^0 + {}_1p^1$$

नाभिक से एक बीटा-कण के उत्सर्जन से जो नया तत्त्व बनता है उसके परमाणु द्रव्यमान में कोई परिवर्तन नहीं होता, परन्तु परमाणु संख्या में 1 इकाई की वृद्धि होती है।

Scanned by TapScanner

उदाहरण—

$$_{88}Ra^{228} \rightarrow {}_{89}Ac^{228} + {}_{-1}e^{0}$$

(रेडियम) (ऐक्टीनियम) (β-कण)

γ-किरणों का उत्सर्जन—γ-किरणें प्रकाश के सदृश लघु तरंगदैर्घ्य वाली विद्युत चुम्बकीय विकिरणें हैं। ये किरणें परमाणु के नाभिक से निकलती हैं। इन किरणों के उत्सर्जन से परमाणु क्रमांक या द्रव्यमान संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता है।

(4) रेडियोऐक्टिव क्षय से सम्बन्धित रदरफोर्ड तथा सोडी का नियम (Rutherford and Soddy Law for Radioactive Decay)—

इस नियम के अनुसार, "किसी भी क्षण रेडियोऐक्टिव परमाणुओं के क्षय होने की दर, उस क्षण उपस्थित परमाणुओं की संख्या के अनुक्रमानुपाती होती है।"

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

{जहाँ पर, N_0 तथा N क्रमशः प्रारम्भ में ($t = 0$ क्षण पर) तथा t समय पश्चात् किसी रेडियोऐक्टिव पदार्थ में परमाणुओं की संख्याएँ तथा λ = क्षय नियतांक है।}

(5) अर्द्धआयु (Half-Life)—'किसी रेडियोऐक्टिव पदार्थ की **'अर्द्ध-आयु'** वह समय है, जिसमें उसके किसी नमूने की आधी मात्रा विघटित हो जाती है।' इसे $t_{1/2}$ से व्यक्त करते हैं। यदि किसी रेडियोऐक्टिव पदार्थ की प्रारम्भिक मात्रा N_0 है तो T समय अर्थात् n अर्द्ध-आयु कालों ($n \times t_{1/2}$) के पश्चात् उसकी शेष अविघटित मात्रा—

$$N = N_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^n \text{ तथा } T = n \times t_{1/2}$$

{जहाँ पर, $t_{1/2}$ = अर्द्धआयु तथा n = पूर्णांक है।}

(6) अर्द्ध-आयु तथा क्षय-नियतांक में सम्बन्ध (Relation betwee Half-Life and Decay Constant)—

$$T = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0{\cdot}6931}{\lambda}$$

(7) रेडियोऐक्टिवता का मात्रक (Unit of Radioactivity)—इसका मात्रक क्यूरी (C) है। यदि किसी रेडियोऐक्टिव पदार्थ में $3{\cdot}7 \times 10^{10}$ विघटन प्रति सेकण्ड होते हैं, तो उस पदार्थ की सक्रियता 1 क्यूरी कही जाती है।

1 मिलीक्यूरी (mC) = $3{\cdot}7 \times 10^{7}$ विघटन/सेकण्ड

तथा, 1 माइक्रोक्यूरी (μC) = $3{\cdot}7 \times 10^{4}$ विघटन/सेकण्ड

(8) रेडियोऐक्टिव पदार्थ की माध्य अथवा औसत आयु (Average Life of a Radioactive Substance)—किसी रेडियोऐक्टिव पदार्थ के सभी नाभिकों की आयुओं का औसत उस पदार्थ की **'औसत आयु'** अथवा **'माध्य आयु'** कहलाती है। इसे τ से निरूपित करते हैं। इसका मान क्षय-नियतांक λ के व्युत्क्रम के बराबर होता है।

अर्थात $\tau = \frac{1}{\lambda}$

तथा $T = 0{\cdot}6931\,\tau$ या, $\tau = 1{\cdot}443\,T$ $\left\{\because T = \frac{0{\cdot}6931}{\lambda}\right\}$

$\therefore$ $T = \frac{0{\cdot}6931}{\lambda}$

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

नाभिक की संरचना
[Structure of Nucleus]

(1) नाभिक की संरचना (Structure of Nucleus)--परमाणु के केन्द्र का सूक्ष्म, दृढ़ तथा सघन भाग **'नाभिक'** कहलाता है। नाभिक की त्रिज्या 10^{-12} सेमी से कम होती है तथा परमाणु का समस्त द्रव्यमान नाभिक में केन्द्रित रहता है। परमाणु के नाभिक में प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन होते हैं, जिन्हें सामूहिक रूप से **'न्यूक्लिऑन'** कहते हैं। प्रोटॉन धनावेशित न्यूक्लिऑन तथा न्यूट्रॉन उदासीन न्यूक्लिऑन है। परमाणु का धनावेश प्रोटॉनों के कारण तथा द्रव्यमान प्रोट्रॉनों तथा न्यूट्रॉनों के कारण होता है। प्रोटॉन-प्रोटॉन के मध्य प्रतिकर्षण (समान आवेशों के कारण) होते हुए भी न्यूक्लिऑन आपस में बँधे रहते हैं। इससे पता चलता है कि नाभिक के अन्दर कोई अत्यन्त शक्तिशाली बल कार्य करता है, जो न्यूक्लिऑनों को आपस में बाँधे रखता है। यह बल **'नाभिकीय बल'** कहलाता है।

(2) नाभिक का आकार (Size of Nucleus)--रदरफोर्ड ने पतले धातु के पत्रों पर α-प्रकीर्णन प्रयोग के माध्यम से परमाणु के नाभिक के आकार (10^{-15} मीटर) का मोटा आकलन किया। इसके अतिरिक्त नाभिक का आकार ज्ञात करने के लिए उच्च ऊर्जा के इलेक्ट्रॉनों तथा न्यूट्रॉनों को प्रकीर्णन हेतु प्रयुक्त करके भी कई प्रकीर्णन प्रयोग किये गये, जिनके आधार पर यह ज्ञात हुआ कि नाभिक का आयतन उसमें विद्यमान न्यूक्लिऑनों की संख्या के अनुक्रमानुपाती होता है, जो कि नाभिक की द्रव्यमान संख्या A है। यदि नाभिक की त्रिज्या R हो, तो--

$$\boxed{R = R_0 A^{1/3}}$$

{जहाँ पर, R_0 एक नियतांक है जिसका मान लगभग $1{\cdot}2 \times 10^{-15}$ मीटर होता है।}

नाभिक की त्रिज्या को प्रायः फर्मी में व्यक्त किया जाता है।

$$1 \text{ फर्मी } (F) = 10^{-15} \text{ मीटर}$$

अतः,
$$R = 1{\cdot}2\, A^{1/3}\, F$$

(3) नाभिक की आकृति (Shape of Nucleus)--नाभिक को सामान्यतः गोलाकार माना जाता है। कुछ नाभिक गोलीयपन से विचलित भी होते हैं लेकिन यह विचलन लगभग 10% ही होता है।

Scanned by TapScanner

(4) नाभिक का घनत्व (Density of Nucleus)—यदि एक न्यूक्लिऑन का औसत द्रव्यमान m हो तथा किसी नाभिक की द्रव्यमान संख्या A हो, तो—

नाभिक का द्रव्यमान—

$$\boxed{M = mA}$$

नाभिक का आयतन—

$$\boxed{V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi(R_0 A^{1/3})^3 = \frac{4}{3}\pi {R_0}^3 A}$$

नाभिक का घनत्व—

$$\boxed{\rho = \frac{M}{V} = \frac{mA}{\frac{4}{3}\pi {R_0}^3 A} = \frac{3M}{4\pi {R_0}^3}}$$

(5) कृत्रिम अथवा प्रेरित रेडियोऐक्टिवता (Artifical or Induced Radioactivity)—'क्यूरी' तथा 'जौलियट' नामक वैज्ञानिकों ने सन् 1934 में नाभिकों के कृत्रिम विघटन से कृत्रिम रेडियोऐक्टिवता की खोज की। उन्होंने बताया कि कुछ हल्के तत्त्वों; जैसे—ऐलुमिनियम तथा बोरॉन आदि पर α-कणों की बौछार करने से प्राप्त विघटन उत्पाद पॉजिट्रॉन उत्सर्जित करते हैं और यह उत्सर्जन α-कणों की बौछार रुक जाने के बाद भी कुछ समय तक होता रहता है। "यह घटना जिसमें एक स्थायी तत्त्व, कृत्रिम विघटन द्वारा एक रेडियोऐक्टिव समस्थानिक में परिवर्तित हो जाता है, **'कृत्रिम रेडियोऐक्टिवता'** अथवा **'प्रेरित रेडियोऐक्टिवता'** कहलाता है।"

(6) नाभिकों का वर्गीकरण (Classification of Nuclei)—प्रोटॉनों की संख्या (परमाणु-क्रमांक) अथवा न्यूक्लिऑनों की कुल संख्या (द्रव्यमान संख्या) के आधार पर विभिन्न प्रकार के नाभिकों को निम्नलिखित दो वर्गों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

(I) समस्थानिक अथवा समप्रोटॉनिक (Isotopes or Isoprotons)—किसी एक ही तत्त्व के ऐसे विभिन्न परमाणु जिनके नाभिकों में प्रोटॉनों की संख्या समान होती है लेकिन न्यूट्रॉनों की संख्या भिन्न-भिन्न होती है **'समस्थानिक'** अथवा **'समप्रोटॉनिक'** कहलाते हैं; जैसे—क्लोरीन के दो समस्थानिक ${}_{17}Cl^{35}$ तथा ${}_{17}Cl^{37}$ हैं।

(II) समभारिक (Isobars)—ऐसे नाभिक जिनमें न्यूक्लिऑनों की कुल संख्या समान होती है लेकिन प्रोटॉनों तथा न्यूट्रॉनों की संख्याएँ भिन्न-भिन्न होती हैं, **'समभारिक'** कहलाते हैं। इनके परमाणु क्रमांक भिन्न-भिन्न तथा द्रव्यमान संख्याएँ समान होती हैं; जैसे—${}_1H^3$ तथा ${}_2He^2$.

(7) मूल कण तथा उनके ऐण्टिकण (Fundamental Particles and their Antiparticles)—वे कण जिनको किन्हीं अन्य कणों से निर्मित नहीं किया जा सकता

Scanned by TapScanner

अर्थात् जिनकी कोई संरचना नहीं होती, **'मूल-कण'** कहलाते हैं। कुछ मुख्य मूल-कण निम्नलिखित हैं—

(I) इलेक्ट्रॉन (Electron)—इलेक्ट्रॉन की खोज सन् 1897 में जे. जे. टॉमसन ने की थी। यह परमाणु का प्रथम मूल-कण है जिस पर $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ कूलॉम का ऋण आवेश होता है। इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $9{\cdot}1 \times 10^{-31}$ किग्रा है। इसे e^- या ${}_{-1}\beta^0$ से निरूपित करते हैं।

(II) प्रोटॉन (Proton)—प्रोटॉन की खोज सन् 1919 में रदरफोर्ड ने की थी। प्रोटॉन पर $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ कूलॉम का धन आवेश होता है। प्रोटॉन का द्रव्यमान $1{\cdot}673 \times 10^{-27}$ किग्रा होता है। इसे p^+ या ${}_1H^1$ से निरूपित करते हैं।

(III) न्यूट्रॉन (Neutron)—न्यूट्रॉन की खोज सन् 1932 में चैडविक ने की थी। यह विद्युत उदासीन कण है, अतः इस पर कोई आवेश नहीं होता। न्यूट्रॉन का द्रव्यमान $1{\cdot}675 \times 10^{-27}$ किग्रा होता है। इसे n या ${}_0n^1$ से निरूपित करते हैं।

(IV) पॉजिट्रॉन (Positron)—पॉजिट्रॉन की खोज सन् 1932 में एण्डरसन ने की थी। इस पर इलेक्ट्रॉन के बराबर आवेश होता है और इसका द्रव्यमान भी इलेक्ट्रॉन के बराबर होता है लेकिन यह धन आवेशित कण है। इसे e^+ या ${}_{+1}\beta^0$ से निरूपित करते हैं।

(V) एण्टिप्रोटॉन (Antiproton)—इसकी खोज सन् 1955 में हुई। इस पर प्रोटॉन के बराबर आवेश होता है और इसका द्रव्यमान भी प्रोटॉन के बराबर होता है लेकिन यह ऋण आवेशित कण है। इसे p^- से निरूपित करते हैं।

(VI) ऐण्टिन्यूट्रॉन (Antineutron)—इसकी खोज सन् 1956 में हुई। इस पर कोई आवेश नहीं होता और इसका द्रव्यमान न्यूट्रॉन के द्रव्यमान के बराबर होता है। इसे $\bar{n}$ से निरूपित करते हैं।

(VII) न्यूट्रिनो तथा ऐण्टिन्यूट्रिनो (Neutrino and Antineutrino)—इन कणों की खोज सन् 1956 में हुई। इन कणों का द्रव्यमान व आवेश शून्य होते हैं लेकिन इनमें ऊर्जा तथा संवेग होते हैं। ये दोनों स्थायी कण हैं। इन्हें क्रमशः ν तथा $\bar{\nu}$ से निरूपित करते हैं।

(VIII) पाई-मैसोन (Pi-Meson)—इन कणों की खोज अन्तरिक्ष किरणों से सन् 1947 में हुई। ये तीन प्रकार के होते हैं—

(1) धन पाई मैसोन (π^+), (2) ऋण पाई मैसोन (π^-), (3) उदासीन पाई मैसोन (π^0)।

(IX) म्यू-मैसोन (Mu-Meson)—इस कण की खोज ऐण्डरसन और नैडरमेयर ने सन् 1936 में की। ये ऋणात्मक व धनात्मक दोनों ही प्रकार के होते हैं। इन दोनों का विराम-द्रव्यमान इलेक्ट्रॉन के विराम-द्रव्यमान का 207 गुना होता है। इन्हें क्रमशः μ^- तथा μ^+ से निरूपित करते हैं।

Scanned by TapScanner

(X) फोटॉन (Photon)—ये प्रकाश की चाल से गति करते हैं और विद्युत चुम्बकीय तरंगों की ऊर्जा के बण्डल होते हैं। इसका विराम-द्रव्यमान शून्य तथा गतिज द्रव्यमान $h\nu/c^2$ होता है। इसे γ से निरूपित करते हैं।

उदाहरण 1. जर्मेनियम नाभिक का अर्द्धव्यास $_4Be^3$ के अर्द्धव्यास का दोगुना नापा जाता है। जर्मेनियम में न्यूक्लिऑनों की संख्या क्या होगी ? [C.P.M.T., 2007]

हल : ∵ रदरफोर्ड के प्रयोग द्वारा नाभिक की त्रिज्या $R = R_0A^{1/3}$

{जहाँ पर, A = द्रव्यमान संख्या}

$$\therefore \quad \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{1/3} \qquad ...(I)$$

∴ ज्ञात है—$R_2 = 2R_1$ तथा $A_1 = 9$

∴ समीकरण (1) से,

$$\frac{2R_1}{R_1} = \left(\frac{A_2}{9}\right)^{1/3}$$

$$\Rightarrow \quad 2^3 = \frac{A_2}{9} \text{ या, } A_2 = 9 \times 8 = 72 \qquad \textbf{Ans.}$$

STUDY KNOWLEDGE

Scanned by TapScanner

नाभिकीय ऊर्जा

[Nuclear Energy]

(1) द्रव्यमान-ऊर्जा समीकरण (Mass-Energy Equation)—'आइन्सटीन' के सापेक्षिकता के सिद्धान्त के अनुसार द्रव्यमान तथा ऊर्जा परस्पर सम्बन्धित हैं और प्रत्येक पदार्थ में उसके द्रव्यमान के कारण ही ऊर्जा होती है। यदि किसी पदार्थ के द्रव्यमान में Δm की क्षति हो जाये, तो इससे उत्पन्न ऊर्जा—

$$\boxed{\Delta E = (\Delta m)\, C^2}$$ {जहाँ पर, C प्रकाश की चाल है।}

इसे **'आइन्सटीन का द्रव्यमान-ऊर्जा समीकरण'** कहते हैं।

(2) परमाणु-द्रव्यमान मात्रक (Atomic mass unit)—परमाणुओं, नाभिकों तथा मूल कणों (इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन, न्यूट्रॉन आदि) के द्रव्यमान अत्यन्त कम होने के कारण इनके द्रव्यमानों को एक बहुत छोटे मात्रक द्वारा व्यक्त किया जाता है, जिसे **'परमाणु-द्रव्यमान मात्रक'** (amu) कहते हैं। कार्बन परमाणु ($_6C^{12}$) के द्रव्यमान का बारहवाँ भाग **1 amu** कहलाता है।

$$\boxed{1 \text{ amu} = 1{\cdot}66 \times 10^{-27} \text{ किग्रा}}$$

तथा,

$$\boxed{1 \text{ amu} \cong 931 \text{ MeV}}$$

(3) नाभिक की द्रव्यमान क्षति (Mass Defect of Nucleus)—किसी भी नाभिक का वास्तविक द्रव्यमान नाभिक में विद्यमान न्यूक्लिऑनों (प्रोटॉन न न्यूट्रॉन) के द्रव्यमानों के योग से कुछ कम होता है। इस द्रव्यमान-अन्तर को उस नाभिक की **'द्रव्यमान-क्षति'** कहते हैं। अतः

द्रव्यमान-क्षति = {प्रोटॉनों का द्रव्यमान + न्यूट्रॉनों का द्रव्यमान}

– {नाभिक का द्रव्यमान}

यदि किसी परमाणु X का परमाणु–क्रमांक Z तथा द्रव्यमान-संख्या A हो, तो नाभिक में प्रोटॉनों की संख्या Z तथा न्यूट्रॉनों की संख्या A – Z होगी। यदि प्रोटॉन का द्रव्यमान m_p, न्यूट्रॉन का द्रव्यमान m_n तथा नाभिक का द्रव्यमान m_N हो, तो उस नाभिक की द्रव्यमान-क्षति—

$$\boxed{\Delta m = [Zm_p + (A - Z)\, m_n] - m_N}$$

Scanned by TapScanner

(4) नाभिक की बन्धन-ऊर्जा (Binding Energy of Nuclues)—'किसी नाभिक की बन्धन-ऊर्जा वह न्यूनतम ऊर्जा होती है जो उस नाभिक के न्यूक्लिऑनों को अनन्त दूरी तक अलग-अलग करने के लिए आवश्यक होती है। इसे प्रायः प्रति न्यूक्लिऑन बन्धन ऊर्जा के रूप में व्यक्त करते हैं। बन्धन-ऊर्जा किसी नाभिक के स्थायित्व की माप होती है।

(5) नाभिकीय विखण्डन अभिक्रिया (Nuclear Fission Reaction)—वह अभिक्रिया जिसमें कोई भारी नाभिक एक न्यूट्रॉन का प्रग्रहण करके लगभग बराबर के दो हल्के नाभिकों में टूट जाता है **'नाभिकीय विखण्डन अभिक्रिया'** कहलाती है। इस क्रिया में प्राप्त ऊर्जा **'नाभिकीय ऊर्जा'** कहलाती है। जैसे—यूरेनियम-235 के नाभिकीय विखण्डन की अभिक्रिया में 1 ग्राम यूरेनियम-235 से लगभग $8{\cdot}4 \times 10^7$ किलो जूल ऊर्जा उत्सर्जित होती है।

$$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{56}Ba^{139} + {}_{36}Kr^{94} + 3{}_0n^1 + \text{ऊर्जा } (8{\cdot}4 \times 10^7 \text{ KJ})$$

(6) शृंखला अभिक्रिया (Chain Reaction)—जब यूरेनियम पर न्यूट्रॉनों की बमबारी की जाती है, तो प्रत्येक यूरेनियम नाभिक लगभग बराबर के दो भागों में विखण्डित हो जाता है और इसके साथ ही अपार ऊर्जा व दो या तीन नये न्यूट्रॉन भी निकलते हैं। ये न्यूट्रॉन अनुकूल परिस्थितियाँ प्राप्त होने पर अन्य यूरेनियम नाभिकों को भी इसी प्रकार विखण्डित करते हैं। इस प्रकार नाभिकों के विखण्डन की एक शृंखला बन जाती है जो एक बार प्रारम्भ होने पर स्वतः ही चलती रहती है जब तक कि समस्त यूरेनियम समाप्त नहीं हो जाता। यह प्रक्रिया **'शृंखला अभिक्रिया'** कहलाती है।

(7) अनियन्त्रित शृंखला अभिक्रिया (Uncontrolled Chain Reaction)—यह अभिक्रिया परमाणु बम में होती है। इस अभिक्रिया में प्रत्येक विखण्डन से उत्पन्न न्यूट्रॉनों में से औसतन एक से अधिक न्यूट्रॉन आगे विखण्डन करते हैं, जिससे विखण्डनों की संख्या तेजी से बढ़ती है। अतः यह अभिक्रिया अत्यन्त तीव्र गति से होती है तथा कुछ ही क्षणों में सम्पूर्ण पदार्थ का विखण्डन हो जाता है।

(8) नियन्त्रित शृंखला अभिक्रिया (Controlled Chain Reaction)—यह अभिक्रिया परमाणु भट्टी में होती है। इस अभिक्रिया में कृत्रिम उपायों द्वारा इस प्रकार नियन्त्रण किया जाता है कि प्रत्येक विखण्डन से उत्पन्न न्यूट्रॉनों में से केवल एक ही न्यूट्रॉन आगे विखण्डन कर पाये, जिससे इसमें विखण्डनों की दर नियत रहती है तथा उत्पन्न ऊर्जा का उपयोग लाभदायक कार्यों में किया जाता है।

(9) परमाणु बम (Atom Bomb)—'परमाणु बम का आधुनिक नाम **'नाभिकीय बम'** है। यह एक ऐसी युक्ति है जिसमें तीव्रगामी न्यूट्रॉनों के द्वारा विखण्डनीय पदार्थ में

Scanned by TapScanner

'अनियन्त्रित' शृंखला अभिक्रिया को बनाये रखकर उस पदार्थ से अत्यन्त कम समय में अपार ऊर्जा मुक्त करायी जाती है।

(10) **नाभिकीय रिएक्टर** (Nuclear Reactor)—यह संयन्त्र जिसमें नियन्त्रित दशाओं में विखण्डन की प्रक्रिया सम्पन्न होती है, **'नाभिकीय रिएक्टर'** कहलाता है। इसमें विखण्डन प्रक्रम के लिए विखण्डन योग्य पदार्थ यूरेनियम ऑक्साइड अथवा यूरेनियम कार्बाइड के रूप में यूरेनियम-235 का उपयोग ईंधन के रूप में होता है। इसे नाभिकीय ईंधन कहते हैं। इसमें शृंखला अभिक्रिया को नियन्त्रित करने के लिए **'कैडमियम'** अथवा **'बोरॉन की छड़ें'** प्रयुक्त की जाती हैं।

(11) **नाभिकीय संलयन अभिक्रिया** (Nuclear Fusion Reaction)—वह अभिक्रिया जिसमें दो बहुत हल्के नाभिक (समान या असमान) परस्पर संयुक्त होकर एक भारी नाभिक बनाते हैं, **'नाभिकीय संलयन अभिक्रिया'** कहलाती है। इसमें निर्मुक्त ऊर्जा **'नाभिकीय संलयन ऊर्जा'** कहलाती है। जैसे—ड्यूटीरियम तथा ट्राइटियम के संलयन से हीलियम-4 का नाभिक व न्यूट्रॉन बनता है तथा इसके साथ अत्यधिक मात्रा में ऊर्जा निकलती है।

$$\underset{\text{(ड्यूटीरियम)}}{{}_1H^2} + \underset{\text{(ट्राइटियम)}}{{}_1H^3} \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 + \text{ऊर्जा } (17{\cdot}2 \times 10^6 \text{ किलो जूल/मोल})$$

(12) **हाइड्रोजन बल** (Hydrogen Bomb)—हाइड्रोजन बम में भारी हाइड्रोजन (${}_1H^2$) का प्रयोग किया जाता है। भारी हाइड्रोजन के नाभिकों के संलयन से ट्राइटियम (${}_1H^3$) बनती है। फिर ट्राइटियम और भारी हाइड्रोजन के संलयन से हीलियम-4 नाभिक बनता है।

$${}_1H^2 + {}_1H^2 \rightarrow {}_1H^3 + {}_1H^1 + \text{ऊर्जा } (4{\cdot}0 \text{ MeV})$$

$${}_1H^2 + {}_1H^3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 + \text{ऊर्जा } (17{\cdot}6 \text{ MeV})$$

Scanned by TapScanner

अर्द्धचालक : सन्धि डायोड तथा ट्रांजिस्टर

[Semiconductors : Junction Diode and Transistor]

(1) अर्द्धचालक (Semiconductors)—ऐसे ठोस पदार्थ जिनकी वैद्युत चालकता, चालकों से कम लेकिन अचालकों से अधिक होती है '**अर्द्धचालक**' कहलाते हैं; जैसे—सिलिकन, कार्बन, जर्मेनियम आदि। अर्द्धचालक निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(I) निज अर्द्धचालक (Intrinsic Semiconductors)—वह 'शुद्ध' अर्द्धचालक जिसमें कोई अपद्रव्य न मिला हो, '**निज अर्द्धचालक**' कहलाता है। अपनी प्राकृतिक अवस्था में शुद्ध जर्मेनियम 'निज अर्द्धचालक' है।

(II) बाह्य अर्द्धचालक (Extrinsic Semiconductors)—यदि निज अर्द्धचालक में किसी ऐसे पदार्थ की अल्प मात्रा (जिसकी संयोजकता 5 अथवा 3 हो) शुद्ध जर्मेनियम या सिलिकन क्रिस्टल में अपद्रव्य के रूप में मिश्रित कर दी जाये तो क्रिस्टल की चालकता में काफी वृद्धि हो जाती है। ऐसे अशुद्ध अर्द्धचालकों को '**बाह्य**' या '**अपद्रव्य**' या '**अपमिश्रित**' अर्द्धचालक कहा जाता है। बाह्य अर्द्धचालक निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(a) *n*-टाइप अर्द्धचालक (*n*-type Semiconductor)—अशुद्ध जर्मेनियम क्रिस्टल '***n*-टाइप अर्द्धचालक**' कहलाते हैं। इनमें आवेश वाहक ऋणात्मक (मुक्त इलेक्ट्रॉन) होते हैं। अपद्रव्य परमाणु 'दाता परमाणु' कहलाते हैं क्योंकि ये क्रिस्टल को चालक इलेक्ट्रॉन प्रदान करते हैं।

(b) *p*-टाइप अर्द्धचालक (*p*-type Semiconductor)—यदि जर्मेनियम या सिलिकन क्रिस्टल में संयोजकता 3 वाला कोई अपद्रव्य परमाणु मिश्रित कर दिया जाये तो वह क्रिस्टल '***p*-टाइप अर्द्धचालक**' कहलाते हैं। इनमें आवेश वाहक धनात्मक (कोटर) होते हैं। अपद्रव्य परमाणु 'ग्राही परमाणु' कहलाते हैं क्योंकि ये परमाणु धनात्मक कोटर बनाने की क्रिया में शुद्ध अर्द्धचालक से इलेक्ट्रॉनों को ग्रहण करते हैं।

(2) *p-n* सन्धि डायोड (*p-n* Junction Diode)—यह एक मूल अर्द्धचालक युक्ति है। यह एक अर्द्धचालक क्रिस्टल होता है जिसके एक क्षेत्र में दाता अपद्रव्यों की अधिकता तथा दूसरे क्षेत्र में ग्राही अपद्रव्यों की अधिकता होती है। ये क्षेत्र क्रमशः *n*-क्षेत्र तथा *p*-क्षेत्र कहलाते हैं और इन क्षेत्रों के मध्य की परिसीमा '***p-n* सन्धि**' कहलाती है।

Scanned by TapScanner

(3) ट्रांजिस्टर (Transistor)—p व n प्रकार के अर्द्धचालकों से निर्मित वह युक्ति जो कि ट्रायोड वाल्व के स्थान पर प्रयुक्त की जाती है **'ट्रांजिस्टर'** कहलाती है। ट्रांजिस्टर का आविष्कार सर्वप्रथम अमेरिकी वैज्ञानिक 'बार्डीन', 'शोकले' तथा 'बेरिन' ने सन् 1948 में किया था। ट्रांजिस्टर निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(I) *p-n-p* ट्रांजिस्टर—इस ट्रांजिस्टर में n-टाइप अर्द्धचालक की एक बहुत महीन तराश, p-टाइप अर्द्धचालक के दो छोटे-छोटे गुटकों के बीच में दबी रहती है। बीच के तराश को आधार (B), बायीं ओर के गुटके को उत्सर्जक (E) तथा दायीं ओर के गुटके को संग्राहक (C) कहते हैं।

(II) *n-p-n* ट्रांजिस्टर—इस ट्रांजिस्टर में p-टाइप अर्द्धचालक की एक बहुत महीन तराश, n-टाइप अर्द्धचालक के दो छोटे-छोटे गुटकों के बीच में दबी रहती है। इस ट्रांजिस्टर में उत्सर्जक को, आधार के सापेक्ष ऋणात्मक विभव तथा संग्राहक को धनात्मक विभव दिया जाता है।

(4) *p-n-p* ट्रांजिस्टर की क्रिया (Working of *p-n-p* Transistor)—

$$i_E = i_B + i_C$$

{जहाँ पर, i_E = उत्सर्जक धारा, i_B = आधार-धारा तथा i_C = संग्राहक-धारा}

(5) *n-p-n* ट्रांजिस्टर की क्रिया (Working of *n-p-n* Transistor)—

$$i_E = i_B + i_C$$

(6) *p-n-p* ट्रांजिस्टर उभयनिष्ठ-आधार प्रवर्धक की भाँति (*p-n-p* Transistor as a Common-Base Amplifer)—

$$V_{CB} = V_{CC} - i_C R_L$$

{जहाँ पर, V_{CB} = संग्राहक-आधार वोल्टेज, V_{CC} = उच्च वोल्टेज बैटरी द्वारा उत्क्रम अभिनत, i_C = संग्राहक-धारा तथा R_L = लोड प्रतिरोध है।}

उभयनिष्ठ आधार प्रवर्धक के लाभ (Gains of Common-Base Amplifer)—

(I) a.c. धारा-लाभ—

$$\alpha\,(\text{a.c.}) = \left(\frac{\Delta i_C}{\Delta i_E}\right) V_{CB}$$

{जहाँ पर, α = a.c. धारा लाभ, Δi_C = संग्राहक धारा में परिवर्तन, Δi_E = उर्त्सजक धारा में परिवर्तन तथा V_{CB} = संग्राहक आधार वोल्टेज है।}

(II) वोल्टेज लाभ—

$$A_V = \alpha(\text{a.c.}) \times \text{प्रतिरोध-लाभ}$$

{जहाँ पर, A_V = वोल्टेज लाभ}

Scanned by TapScanner

(III) शक्ति लाभ—

$$\boxed{A_p = \alpha \times A_V = \alpha^2 \times \text{प्रतिरोध लाभ}}$$

{जहाँ पर A_p = शक्ति लाभ}

(7) *p-n-p* ट्रांजिस्टर उभयनिष्ठ-उत्सर्जक प्रवर्धक की भाँति (*p-n-p* Transistor as a Common-Emitter Amplifier)—

$$\boxed{V_{CE} = V_{CC} - i_C R_L}$$

{जहाँ पर, V_{CE} = संग्राहक उत्सर्जक वोल्टेज, V_{CC} = उच्च वोल्टेज बैटरी द्वारा उत्क्रम अभिनत, i_C = संग्राहक धारा तथा R_L = लोड प्रतिरोध है।}

उभयनिष्ठ-उत्सर्जक प्रवर्धक के लाभ (Gains of Common-Emitter Amplifier)—

(I) a.c. धारा-लाभ—

$$\boxed{\beta(\text{a.c.}) = \left(\frac{\Delta i_C}{\Delta i_B}\right) V_{CE}}$$

{जहाँ पर, β = a.c. धारा-लाभ, Δi_C = संग्राहक धारा में परिवर्तन, Δi_B = आधार धारा में परिवर्तन तथा V_{CE} = संग्राहक उत्सर्जक वोल्टेज है।}

(II) वोल्टेज-लाभ—

$$\boxed{A_V = \beta(\text{a.c.}) \times \text{प्रतिरोध-लाभ}}$$

{जहाँ पर, A_V = वोल्टेज-लाभ}

(III) शक्ति-लाभ—

$$\boxed{A_p = \beta^2(\text{a.c.}) \times \text{प्रतिरोध-लाभ}\}$$

{जहाँ पर, A_p = शक्ति-लाभ}

(8) ट्रांजिस्टर के नियतांक तथा उनमें सम्बन्ध (Constants or Parameters of a Transistor and Their Relationship)—ट्रांजिस्टर के नियतांक α तथा β होते हैं जोकि उसके धारा-लाभ हैं—

$$\boxed{\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \text{ तथा } \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}}$$

और $\boxed{(1-\alpha)(1+\beta) = 1}$

Scanned by TapScanner

द्विआधारी संख्या प्रणाली तथा लॉजिक गेट पर कम्प्यूटर

[Computer]

(1) इलेक्ट्रॉनिक परिपथ (Electronic Circuits)—इलेक्ट्रॉनिक परिपथ निम्नलिखित दो प्रकार के होते हैं—

(I) एनालॉग परिपथ (Analogue Circuits)—वे परिपथ जिनमें वोल्टेज (अथवा धारा) समय के साथ निरन्तर परिवर्तित होती रहती है, **'एनालॉग परिपथ'** कहलाते हैं। इस प्रकार की वोल्टेज (अथवा धारा) को 'एनालॉग सिग्नल' कहा जाता है।

(II) डिजिटल परिपथ (Digital Circuits)—वे परिपथ जिनमें वोल्टेज (अथवा धारा) के केवल दो ही स्तर होते हैं (शून्य तथा कोई निश्चित मान) **'डिजिटल परिपथ'** कहलाते हैं। वे सिग्नल जिनमें वोल्टेज (अथवा धारा) के केवल दो ही स्तर होते हैं 'डिजिटल सिग्नल' कहलाते हैं।

(2) संख्या पद्धतियाँ (Number Systems)—

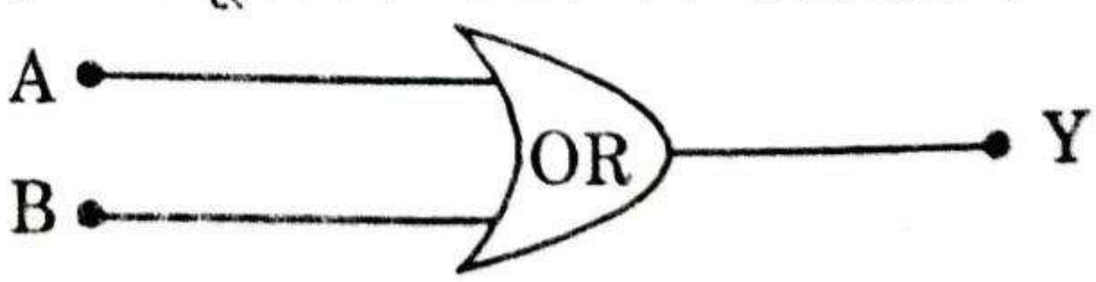
(I) दशमलव संख्या पद्धति (Dicimal Number System)—इस पद्धति में दस अंकों 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 के संगत दस विविक्त अवस्थाएँ प्राप्त होती हैं। इन अंकों का प्रयोग दशमलव पद्धति में किसी भी संख्या को निरूपित करने के लिए किया जाता है। किसी भी संख्या में प्रत्येक अंक का एक 'स्थानिक मान' होता है। इस पद्धति में किसी भी संख्या के प्रत्येक अंक का स्थान 10 की एक विशेष घात का स्थान होता है। इसलिए दशमलव संख्या पद्धति का आधार (base) 10 होता है।

(II) बाइनरी (द्विआधारी) संख्या पद्धति—इस पद्धति में किसी भी संख्या को निरूपित करने के लिए केवल दो अंक '0' तथा '1' प्रयोग किये जाते हैं। इसलिए बाइनरी संख्या पद्धति का आधार (base) 2 होता है। दो द्विआधारी (बाइनरी) संख्याओं '0' तथा '1' को बिट (bits) कहा जाता है। अतः सभी द्विआधारी संख्याएँ 0 तथा 1 बिटों से बनी शृंखलाएँ होती हैं।

(3) लॉजिक गेट (Logic Gates)—ऐसे डिजिटल परिपथ जो कि निवेशी तथा निर्गत सिग्नलों के मध्य किसी तर्कसंगत सम्बन्धन पर आधारित होते हैं, **'लॉजिक गेट'** कहलाते हैं। मूल लॉजिक गेट निम्नलिखित होते हैं—

(I) OR गेट—वह युक्ति जिसमें दो (या अधिक) निवेशी चर A व B तथा एक निर्गत चर Y होता है **'OR गेट'** कहलाती है। इसका बूलियन व्यंजक निम्नलिखित है—

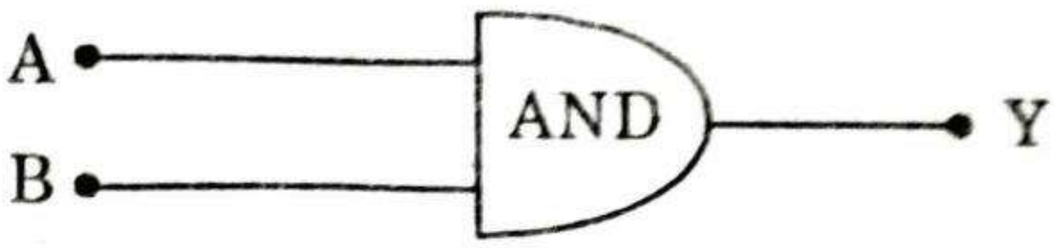
$$A + B = Y$$



Scanned by TapScanner

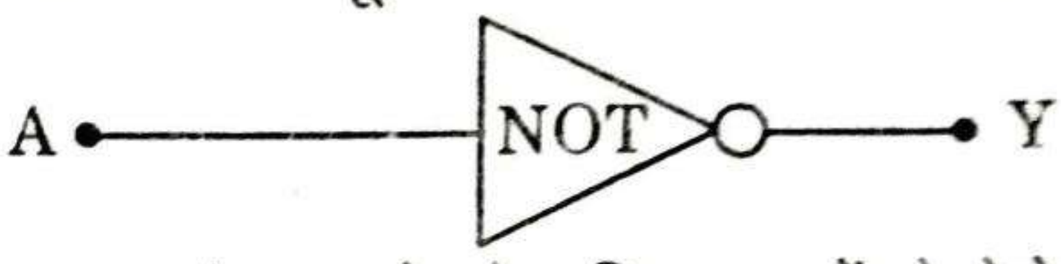
(II) AND गेट—**'AND गेट'** एक द्विनिवेशी तथा एकल निर्गत लॉजिक गेट है। यह दो निवेशी चरों A तथा B को संयुक्त करके एक निर्गत चर Y देता है। इसका बूलियन व्यंजक निम्नलिखित है—

$$A \bullet B = Y$$



(III) NOT गेट—**'NOT गेट'** में केवल एक निवेशी तथा एक निर्गत होता है। यह निवेशी A को निर्गत Y के साथ संयुक्त करता है, जिसका बूलियन व्यंजक निम्नलिखित है—

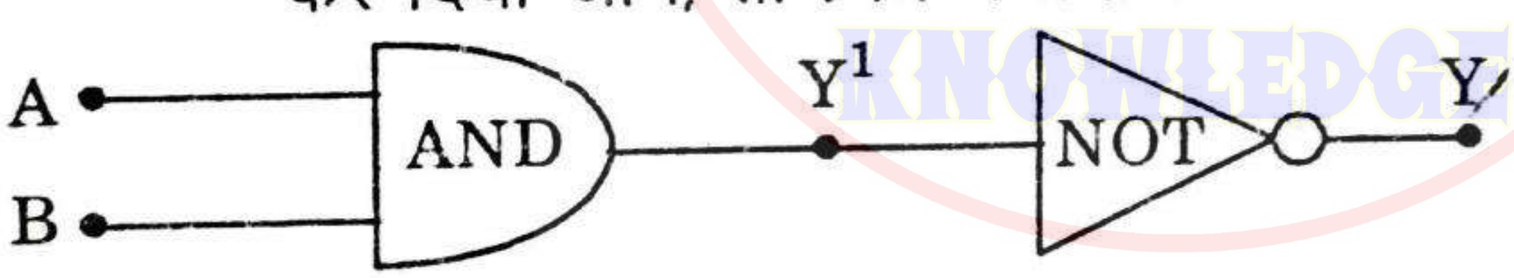
$$\overline{A} = Y$$

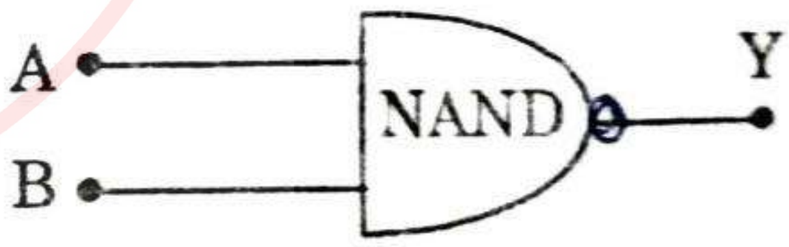


(4) बूलियन व्यंजक (Boolean Expression)—वह व्यंजक जो दो बूलियन चरों के ऐसे संयोग को दर्शाता है जिससे एक नया बूलियन चर प्राप्त होता है, **'बूलियन व्यंजक'** कहलाता है।

(5) लॉजिक गेटों के संयोग (Combinations of Logic Gates)—मूल गेटों OR, AND तथा NOT गेट में से कोई भी एक अकेला बार-बार प्रयुक्त होकर कोई अन्य गेट उत्पन्न नहीं कर सकता। लेकिन NAND या NOR गेट को बार-बार प्रयुक्त करके तीनों मूल गेट प्राप्त किये जा सकते हैं। इसलिए NAND या NOR गेट सार्वत्रिक गेट कहे जाते हैं।

NAND गेट—AND गेट तथा NOT गेट के संयोग से NAND गेट बनता है। यदि AND गेट के निर्गत टर्मिनल 'Y¹' को NOT गेट के निवेशी टर्मिनल से सम्बन्धित कर दिया जाये, तो चित्र में प्रदर्शित प्राप्त गेट NAND गेट कहलाता है।



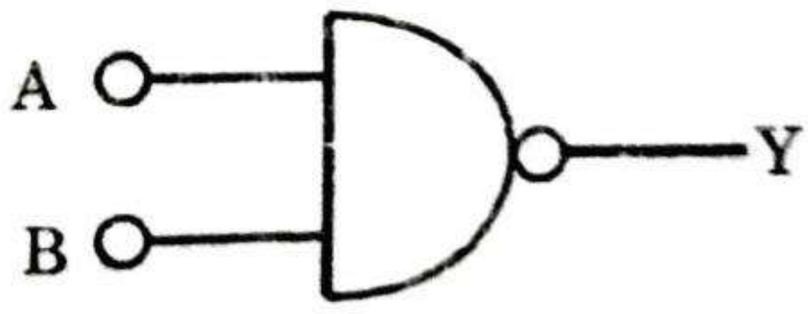


NAND गैट का बूलियन व्यंजक—

$$\overline{A \bullet B} = Y$$

उदाहरण 1. दिया गया चित्र किस गेट का प्रतीक प्रदर्शित करता है ?

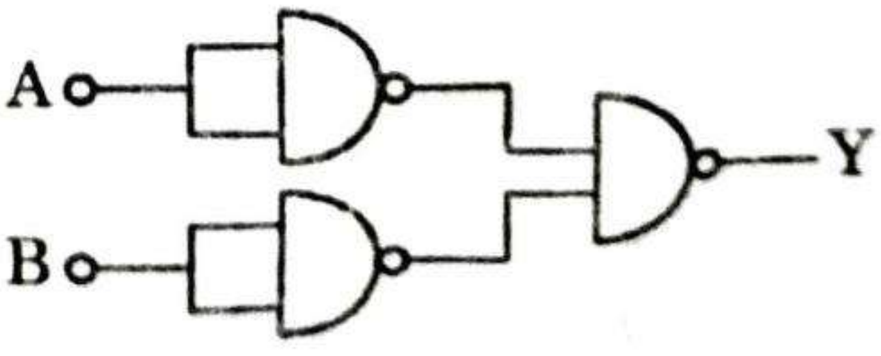
[U.P. Seat, 2009]



हल : दिया गया परिपथ NAND गेट है।

उदाहरण 2. एक OR गेट में कितने NAND गेट प्रयुक्त होते हैं ? **[U.P. Seat, 2009]**

हल : एक OR गेट बनाने में तीन NAND गेट प्रयुक्त होते हैं।



Scanned by TapScanner

परिशिष्ट

1. कुछ भौतिक नियतांक

$\pi = 3{\cdot}14159 = 22/7$

$\pi^2 = 9{\cdot}8696$

1 रेडियन $= 57{\cdot}296$ डिग्री

1 डिग्री $= 0{\cdot}017453$ रेडियन

$e = 2{\cdot}71828$

$\frac{1}{e} = 0{\cdot}36788$

$\log_e 10 = 2{\cdot}3026$

$\log_{10} e = 0{\cdot}4343$

N.T.P. पर शुष्क वायु का घनत्व $= 0{\cdot}001293$ ग्राम/सेमी^{3}

$= 1{\cdot}293$ किग्रा/मीटर^3

मानक वायुमण्डलीय दाब $= 1{\cdot}0136 \times 10^6$ डायन/सेमी^{2}

$= 1{\cdot}0136 \times 10^5$ न्यूटन/मीटर^2

इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान $= 9{\cdot}109 \times 10^{-28}$ ग्राम

$= 9{\cdot}109 \times 10^{-31}$ किग्रा

हाइड्रोजन परमाणु का द्रव्यमान $= 1{\cdot}673 \times 10^{-24}$ ग्राम

$= 1{\cdot}673 \times 10^{-27}$ ग्राम

इलेक्ट्रॉनिक आवेश $e = 1{\cdot}601 \times 10^{-19}$ कूलॉम

$= 4{\cdot}803 \times 10^{-10}$ स्थैत-कूलॉम

प्लांक नियतांक $h = 6{\cdot}625 \times 10^{-27}$ अर्ग $\times$ सेकण्ड

$= 6{\cdot}625 \times 10^{-34}$ जूल $\times$ सेकण्ड

बोल्ट्जमैन नियतांक $k = 1{\cdot}38 \times 10^{-16}$ अर्ग/केल्विन

$= 1{\cdot}38 \times 10^{-23}$ जूल/केल्विन

ऐवोगेड्रो संख्या N $= 6{\cdot}02213 \times 10^{23}$/ग्राम अणुभार

$= 6{\cdot}02213 \times 10^{26}$/किग्रा अणुभार

निर्वात् में प्रकाश की चाल $c = 2{\cdot}998 \times 10^{10}$ सेमी/सेकण्ड

$= 2{\cdot}998 \times 10^8$ मीटर/सेकण्ड

माध्य गुरुत्वीय त्वरण $g = 980$ सेमी/सेकण्ड^2

$= 9{\cdot}80$ मीटर/सेकण्ड^2

रिडबर्ग नियतांक (हाइड्रोजन) R $= 109678$ सेमी$^{-1}$

$= 1{\cdot}09678 \times 10^7$ मीटर$^{-1}$

ऊष्मा का यान्त्रिक तुल्यांक J $= 4{\cdot}18 \times 10^7$ अर्ग/कैलोरी

$= 4{\cdot}18$ जूल/कैलोरी

पानी की विशिष्ट ऊष्मा $= 1$ कैलोरी/ग्राम°C

$= 4{\cdot}18 \times 10^3$ जूल/किग्रा°C

Scanned by TapScanner