प्रश्न 1.

589 nm तरंगदैर्ध्य का एकवर्णीय प्रकाश वायु से जल की सतह पर आपतित होता है। (a) परावर्तित, तथा (b) अपवर्तित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य, आवृत्ति तथा चाल क्या होगी? जल का अपवर्तनांक 1.33 है।

हल-

दिया है, आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य

λ_1 = 589 nm = 589 x 10^9 मीटर

वायु में प्रकाश की चाल c = 3 x 108 मी/से

तथा ${}_a\mu_\omega$ = 1.33

(a) परावर्तित प्रकाश के लिए

(i) चूंकि परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य अपरिवर्तित रहती है, अतः परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य

$\lambda_a = \lambda_1$ = 589 nm

(ii) चूंकि परावर्तन में माध्यम नहीं बदलता अतः परावर्तित प्रकाश की चाल c = 3 x 10^8 मी/से

(iii) सूत्र c = υλ से

परावर्तित प्रकाश की आवृत्ति $v = \frac{c}{\lambda}$

$$= \frac{3 \times 10^8}{589} \times 10^{-9}) = 5.093 \times 10^{14} \text{Hz}$$

(b) अपवर्तित प्रकाश के लिए

(i) यदि तरंगदैर्घ्य λ_w हो, तो ${}_a\mu_w = \frac{\lambda_\alpha}{\lambda_w}$

$$\therefore \lambda_w = \frac{\lambda_a}{{}_a\mu_w} = \frac{589 \times 10^{-9}}{1.33} = 442.85 \times 10^{-9} \text{ मीटर}$$

= 442.85 nm [∵ 1 nm = 10^{-9} m]

(ii) यदि प्रकश की चाल v हो तो

_amu_w = c/v

$$\therefore v = \frac{c}{{}_a\mu_w} = \frac{3 \times 10^8}{1.33} = 2.256 \times 10^8 \text{ मी/से}$$

(iii) एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाने पर प्रकाश की आवृत्ति नहीं बदलती।

अतः जल में अपवर्तित प्रकाश की आवृत्ति = 5.093×10^{14} Hz

प्रश्न 2.

निम्नलिखित दशाओं में प्रत्येक तरंगाग्र की आकृति क्या है?

(a) किसी बिन्दु स्रोत से अपसरित प्रकाश।

(b) उत्तल लेन्स से निर्गमित प्रकाश, जिसके फोकस बिन्दु पर कोई बिन्दु स्रोत रखा है।

(c) किसी दूरस्थ तारे से आने वाले प्रकाश तरंगाग्र का पृथ्वी द्वारा अवरोधित (intercepted) भाग।

उत्तर-

(a) जब एक बिन्दु स्रोत से प्रकाश अपसरित होता है, तब तरंगाग्र गोलीय अभिसारी प्रकार का होता है।

(b) जब बिन्दु स्रोत को उत्तल लेन्स के फोकस पर रखा जाता है, तब लेन्स से निर्गत प्रकाश किरणें एक-दूसरे के समान्तर होती हैं तथा तरंगाग्र समतल होता है।

(c) इस स्थिति में तरंगाग्र की आकृति लगभग समतल होती है क्योंकि प्रकाश स्रोत पृथ्वी से दूरस्थ तारा है, अत: बड़े गोले के पृष्ठ पर छोटा क्षेत्रफल लगभग समतल है।

प्रश्न 3.

(a) काँच का अपवर्तनांक 1.5 है। काँच में प्रकाश की चाल क्या होगी? (निर्वात में प्रकाश की चाल $3.0 \times 10 \text{ m}^{-1}$ है।)

(b) क्या काँच में प्रकाश की चाल, प्रकाश के रंग पर निर्भर करती है? यदि हाँ, तो लाल तथा बैंगनी में से कौन-सा रंग काँच के प्रिज्म में धीमा चलता है?

हल—(a) दिया है, ${}_a\mu_g = 1.5$

$c = 3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

काँच में प्रकाश की चाल $v_- = ?$

सम्बन्ध $\mu = \frac{c}{v}$ का उपयोग करके,

$$v_g = \frac{c}{{}_a\mu_g} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = \mathbf{2 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}$$

(b) हाँ, काँच में प्रकाश की चाल इसके रंग पर निर्भर करती है। कोची सूत्र के अनुसार, अपवर्तनांक रंग पर निर्भर है।

$$\mu = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \ldots$$

अथवा $$\frac{c}{v} = a + \frac{b}{\lambda^2} + \ldots$$

यहाँ v काँच में प्रकाश की चाल है।

चूँकि c, a तथा b नियत हैं। अत: v का मान तरंगदैर्घ्य λ पर निर्भर करता है।

हम जानते हैं कि $\lambda_v < \lambda_R$ अर्थात् बैंगनी रंग की तरंगदैर्घ्य लाल रंग की तरंगदैर्घ्य से कम है, इसलिए काँच में से बैंगनी प्रकाश लाल रंग की अपेक्षा धीमे चलेगा।

प्रश्न 4.

यंग के द्विझिरी प्रयोग में झिर्रियों के बीच की दूरी 0.28 mm है तथा परदा 1.4 m की दूरी पर रखा गया है। केन्द्रीय दीप्त फ्रिन्ज एवं चतुर्थ दीप्त फ्रिन्ज के बीच की दूरी 1.2 cm मापी गई है। प्रयोग में उपयोग किए गए प्रकाश की तरंगदैर्घ्य ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है, $d = 0.28\,\text{mm} = 0.28 \times 10^{-3}\,\text{m}$

$D = 1.4\,\text{m}$

$m = 4$

तथा $\chi_m = 1.2\,\text{cm} = 1.2 \times 10^{-2}\,\text{m}$

$\lambda = ?$

सूत्र, केन्द्रीय फ्रिंज से n वीं दीप्त फ्रिंज की दूरी

$$\chi_m = \frac{D\lambda}{d} m$$

$$\therefore \quad \lambda = \frac{\chi_m \times d}{D \times m} = \frac{1.2 \times 10^{-2} \times 0.28 \times 10^{-3}}{1.4 \times 4}$$

$$= 6 \times 10^{-7}\,\text{m} = \mathbf{6000\,Å}$$

प्रश्न 5.

यंग के द्विझिरी प्रयोग में, λ तरंगदैर्घ्य का एकवर्णीय प्रकाश उपयोग करने पर, परदे के एक बिन्दु पर जहाँ पथान्तर λ है, प्रकाश की तीव्रता K इकाई है। उस बिन्दु पर प्रकाश की तीव्रता कितनी होगी जहाँ पथान्तर λ/3 है?

Ans

दिया है, जब पथान्तर λ,

$I_1 = K$

जब पथान्तर = $\frac{\lambda}{3}$

तथा $I_2 = ?$

सूत्र $\theta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot x$ से

$\theta_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \times \lambda = 2\pi$

तथा $\theta_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{\lambda}{3} = \frac{2\pi}{3}$

अतः सूत्र $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos q$ से

θ_1 कलान्तर के लिए

$I' = I + I + 2\sqrt{I + I}\cos 2q$

$= 2I + 2I \times 1$

अथवा $I' = 4I = K$ (दिया है) .....(1)

तथा θ_2 कलान्तर के लिए

$$I'' = I + I + 2\sqrt{I + I} \times \cos \frac{2p}{3}$$

$$= 2I + 2I\left(-\frac{1}{2}\right)$$

अथवा $I'' = I$ .....(2)

इसमें समीकरण (1) से $I' = \frac{K}{4}$ रखने पर

$$I'' = \frac{K}{4}$$

प्रश्न 6.

यंग के द्विझिर्स प्रयोग में व्यतिकरण फ्रिन्जों को प्राप्त करने के लिए 650 nm तथा 520 nm तरंगदैघ्र्यों के प्रकाश-पुंज का उपयोग किया गया।

(a) 650 nm तरंगदैघ्र्य के लिए परदे पर तीसरे दीप्त फ्रिन्ज की केन्द्रीय उच्चिष्ठ से दूरी ज्ञात कीजिए।

(b) केन्द्रीय उच्चिष्ठ से उस न्यूनतम दूरी को ज्ञात कीजिए जहाँ दोनों तरंगदैर्यों के कारण दीप्त फ्रिन्ज संपाती (coincide) होते हैं। (दिया है, D = 120 cm तथा d = 2 mm)

हल—दिया है, झिर्रियों के बीच की दूरी $d = 2 \times 10^{-3}$ m

स्रोत से पर्दे की दूरी $D = 1.20$ m

$$\lambda_1 = 650 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 520 \times 10^{-9} \text{ m}$$

(a) $n = 3$, $\lambda = \lambda_1 = 650 \times 10^{-9}$ m, $d = 2 \times 10^{-3}$ m

तथा $D = 1.20$ m, χ_3 = (तीसरी फ्रिंज की केन्द्रीय उच्चिष्ठ से दूरी) = ?

सूत्र $\chi_n = \dfrac{D\lambda}{d} \times n$ से,

$$\chi_3 = \frac{1.20 \times 650 \times 10^{-9} \times 3}{2 \times 10^{-3}} = \mathbf{1.17 \times 10^{-3}} \text{ m}$$

(b) माना, λ_1 की n वीं फ्रिंज तथा λ_2 की $(n+1)$ वीं फ्रिंज संपाती है,

तब $$\frac{(n+1)}{n} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

अथवा $$1 + \frac{1}{n} = \frac{650 \times 10^{-9}}{520 \times 10^{-9}} = \frac{5}{4}$$

अथवा $$\frac{1}{n} = \frac{5}{4} - 1 = \frac{1}{4}$$

$\therefore$ $$n = 4$$

$\therefore$ दूरी $$\chi = n D \frac{\lambda_1}{d} = \frac{n D \lambda_1}{d}$$

$$= \frac{4 \times 1.20 \times 650 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$= \mathbf{1.50 \times 10^{-3}} \text{ m}$$

प्रश्न 7.

एक द्विझिरी प्रयोग में एक मीटर दूर रखे परदे पर एक फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई 0.2° पाई गई है। उपयोग किए गए प्रकाश की तरंगदैर्ध्य 600 nm है। यदि पूरा प्रायोगिक उपकरण जल में डुबो दिया जाए तो फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई क्या होगी? जल का अपवर्तनांक $\frac{4}{3}$ लीजिए।

हल—दिया है, $D = 1.0\,\text{m}$, वायु में $\lambda_a = 600\,\text{nm} = 600 \times 10^{-9}\,\text{m}$
वायु में फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई $\theta_a = 0.2°$

$$_a n_w = \frac{4}{3}, \qquad \text{जल में फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई } \theta_w = ?$$

माना जल में प्रकाश की तरंगदैर्घ्य λ_w है, तब

$$\frac{\lambda_a}{\lambda_w} = {}_a n_w \qquad \ldots(1)$$

पुनः वायु में फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई $\theta_a = \frac{\lambda_a}{d}$

तथा जल में फ्रिन्ज की कोणीय चौड़ाई $\theta_w = \frac{\lambda_w}{d}$

$$\therefore \quad \frac{\theta_w}{\theta_a} = \frac{\lambda_w}{\lambda_a} \Rightarrow \quad \theta_w = \frac{1}{{}_a n_w} \times \theta_a = \frac{3}{4} \times 0.2° = \mathbf{0.15°}$$

प्रश्न 8.

वायु से काँच में संक्रमण (transition) के लिए बूस्टर कोण क्या है? (काँच का अपवर्तनांक = 1.5)।

हल-

बूस्टर के नियम से, $n = \tan i_p$

बूस्टर कोण अर्थात् ध्रुवण कोण $i_p = \tan^{-1}(n)$

यहाँ $n = 1.5$ अतः $i_p = \tan^{-1}(1.5) = 56.3°$

प्रश्न 9.

5000 Å तरंगदैर्घ्य का प्रकाश एक समतल परावर्तक सतह पर आपतित होता है। परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य एवं आवृत्ति क्या है? आपतन कोण के किस मान के लिए परावर्तित किरण आपतित किरण के लम्बवत होगी?

हल-

यहाँ $\lambda = 5000$ Å $= 5000 \times 10^{-10}$ मीटर $= 5 \times 10^{-7}$

वायु में प्रकाश की चाले $c = 3 \times 10^8$ मी/से

वायु में प्रकाश की आवृत्ति

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ मी / से}}{5 \times 10^{-7} \text{ मी}} = 6 \times 10^{14} \text{ से}^{-1}$$

आपतित तथा परावर्तित किरण दोनों एक ही माध्यम (वायु) में होंगे।

अतः परावर्तित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य = आपतित प्रकाश की तरंगदैर्घ्य = 5000 Å

परावर्तित प्रकाश की आवृत्ति = आपतित प्रकाश की आवृत्ति = 6×10^{14} हज

परावर्तन कोण r = आपतन कोण i

तथा परावर्तित किरण आपतित किरण के लम्बवत् है; अतः

i + r = 90°, i + i = 90°

वांछित आपतन कोण i = 45°

प्रश्न 10.

उस दूरी का आकलन कीजिए जिसके लिए किसी 4 mm के आकार के द्वारक तथा 400 nm तरंगदैर्घ्य के प्रकाश के लिए किरण प्रकाशिकी सन्निकट रूप से लागू होती है।

हल-

दिया है, $\lambda = 400 \text{ nm} = 400 \times 10^{-9} \text{ m}$, $d = 4 \times 10^{-3} \text{ m}$

माना एकल झिरीं विवर्तन प्रतिरूप में प्रथम निम्निष्ठ केन्द्रीय उच्चिष्ठ से θ_1 कोण पर

प्राप्त होता है, तब

$$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{d} \qquad \text{यदि } \theta_1 \text{ छोटा है तो } \sin\theta_1 = \theta_1$$

$$\therefore \qquad \theta_1 = \frac{\lambda}{d}$$

यदि परदे की रेखाछिद्र से दूरी D है तो
केन्द्रीय उच्चिष्ठ की रेखीय चौड़ाई

$$x = D\theta_1 = \frac{D\lambda}{d}$$

माना किरण प्रकाशिकी अधिकतम Z_F दूरी तक लागू होती है, तब

$$D = Z_F \text{ पर } x = d$$

$$\therefore \qquad d = \frac{Z_F \times \lambda}{d}$$

$$\Rightarrow \qquad Z_F = \frac{d^2}{\lambda} = \frac{(4 \times 10^{-3})^2}{400 \times 10^{-9}} = 40 \text{ m}$$