No. of Printed Pages : 10 **PHE–09**

BACHELOR OF SCIENCE (B. Sc.)

Term-End Examination

June, 2025

Physics

PHE-09 : OPTICS

Time : 2 Hours *Maximum Marks : 50*

***Note** : All questions are compulsory. However, internal choices are given The marks for each question are indicated against it. You may use a calculator. Symbols have their usual meanings.*

1. Answer any *three* parts : 3×5=15

   (a) Explain the following terms associated with colour vision : 5

   hue, illuminance, and degree of purity.

   (b) Draw geometrical diagrams of Fresnel's biprism. List *two* differences between Fresnel's biprism and Lloyd's mirror. 3+2

(c) What is a zone plate ? Show that a zone plate acts like a converging lens. 1+4

(d) Derive the expression for fringe width in fringe pattern due to interference by a wedge-shaped film. 5

(e) What are solid state lasers ? Explain the working of a solid state laser with the help of appropriate energy level diagram. 5

2. Answer any *one* part : 1×5=5

(a) What do you understand by polarization of light ? Two orthogonal linearly polarized light waves with electric field vectors $\vec{E}_1$ and $\vec{E}_2$ having phase difference ϕ are superposed. Show that the resultant wave traces an elliptical path. What happens if the angle of inclination, $\alpha = 0$? 1+3+1

(b) The energy radiated by the sun per second is approximately $4.5 \times 10^{26}\ \text{Js}^{-1}$.

Assuming the sun to be a sphere of radius 6.96×10^8m and if the average distance between the sun and earth is 1.5×10^{11}m, calculate the value of Poynting vector at its surface. How much of it is incident on the earth ? 5

3. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) Consider interference due to two coherent waves of same frequency and constant phase difference having intensities I and 9I, respectively. What is the resultant intensity when the phase difference between these two waves is $\frac{\pi}{2}$ and π ? 5

(b) A thin film of thickness 3×10^{-5}cm and refractive index 1.48 is illuminated by white light normal to its surface. What will be the colour of the thin film in the reflected light ? Justify your answer. 5

(c) Circular fringes are observed in a Michelson interferometer illuminated with light of wavelength 6000 Å. When the path difference between the mirrors M_1 and M_2 is 0.4 cm, then central fringe is bright. Calculate the angular diameter of the 8th bright fringe. 5

4. Answer any *two* parts : 2×5=10

(a) (i) Explain Rayleigh criterion of resolving power of optical instruments. 3

(ii) An astronomical observatory has 150 cm telescope. Calculate the angular half-width of Airy disc for the telescope. Take $\lambda = 5800$ Å . 2

(b) The diffraction intensity for a single slit is given by :

$$I_\theta = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 ,$$

where $\beta = \pi \dfrac{b \sin \theta}{\lambda}$.

Derive the equation which gives the condition to obtain the position of secondary maxima. Draw the curve of the equation showing the positions of maxima $(\beta \text{ } vs. \tan \beta)$. 4+1

(c) Suppose $E_1, E_2, E_3, \ldots\ldots, E_N$ denotes the fields produced by first, second, third, ... and the Nth slit at a point P_θ. Show that the resultant intensity at P_θ is given by : 5

$$I_\theta = A^2 \frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \frac{\sin^2 N\gamma}{\sin^2 \gamma},$$

where $\gamma = \frac{\delta}{2} = \frac{\pi}{\lambda} d \sin\theta$.

5. Attempt any *two* parts : 2×5=10

(a) Calculate the numerical aperture and acceptance angle of an optical fibre from the following data : 3+2

n_1 (core) = 1.57 and n_2 (cladding) = 1.51

(b) Explain the basic principle of holography. 5

(c) If the visibility in an interference pattern is 60% and the maxima receive 20 units of light, how much light does the minima receive ? 5

PHE–09

विज्ञान स्नातक (बी. एस.-सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2025

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-09 : प्रकाशिकी

समय : 2 घण्टे *अधिकतम अंक : 50*

नोट : *सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। परंतु आंतरिक विकल्प दिए गए हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप कैल्कुलेटर का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।*

1. कोई **तीन** भाग हल कीजिए : 3×5=15

(क) वर्ण-बोध के संदर्भ में निम्नलिखित पदों को समझाइए : 5

छटा, प्रदीप्ति, और शुद्धता।

(ख) फ्रेनल द्विक-प्रिज्म का ज्यामितीय रेखाचित्र आलेखित कीजिए। फ्रेनल द्विक-प्रिज्म और लॉयड दर्पण में कोई **दो** अंतर बताइए। 3+2

(ग) जोन प्लेट क्या होती है ? सिद्ध कीजिए कि जोन प्लेट एक अभिसारी लेन्स की तरह काम करती है। 1+4

(घ) फानाकार पर्त द्वारा व्यतिकरण के कारण उत्पन्न फ्रिंज पैटर्न में फ्रिंज चौड़ाई का व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए। 5

(ङ) ठोस अवस्था लेसर क्या होते हैं ? उपयुक्त ऊर्जा स्तर आरेख की सहायता से ठोस अवस्था लेसर की कार्यप्रणाली को समझाइए। 5

2. कोई **एक** भाग हल कीजिए : $1 \times 5 = 5$

(क) प्रकाश के ध्रुवण से आप क्या समझते हैं ? परस्पर लंबवत् दो रैखिकतः ध्रुवित प्रकाश तरंगों, जिनका विद्युत क्षेत्र सदिश $\vec{E}_1$ और $\vec{E}_2$ है और जिनके बीच कलांतर ϕ है, को अध्यारोपित किया जाता है। सिद्ध कीजिए कि परिणामी तरंग एक दीर्घवृत्तीय पथ के अनुदिश होती है। जब दोनों तरंगों के बीच का कोण $\alpha = 0$ हो, तो क्या होगा ? 1+3+1

(ख) सूर्य प्रति सेकंड लगभग $4.5 \times 10^{26} \mathrm{Js}^{-1}$ ऊर्जा विकिरित करता है। सूर्य को $6.96 \times 10^{8} \mathrm{m}$ त्रिज्या का गोला मानिए और यदि सूर्य और पृथ्वी के बीच की औसत दूरी $1.5 \times 10^{11} \mathrm{m}$ है, तो उसके पृष्ठ पर पोइंटिंग सदिश का मान परिकलित कीजिए। उसका कितना अंश पृथ्वी पर आपतित होगा ? 5

3. कोई **दो** भाग हल कीजिए : 2×5=10

(क) बराबर आवृत्ति और नियत कलांतर वाली दो कला संबद्ध तरंगें जिनकी तीव्रताएँ क्रमशः I और 9I है, का व्यतिकरण होता है। इस व्यतिकरण के फलस्वरूप परिणामी तीव्रता का मान कितना होगा यदि इन तरंगों के बीच कलांतर $\frac{\pi}{2}$ और π हो ? 5

(ख) मोटाई 3×10^{-5} cm और अपवर्तनांक 1.48 वाली एक पतली परत को श्वेत प्रकाश से प्रदीप्त किया जाता है जो इसकी सतह पर लंबवत् आपतित होता है। परवर्तित प्रकाश में पतली परत का रंग क्या होगा ? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए। 5

(ग) 6000Å तरंगदैर्घ्य वाले प्रकाश से प्रदीप्त करने पर माइकेल्सन व्यतिकरणमापी में वृत्तीय फ्रिंजें प्रेक्षित होती हैं। जब दर्पण M_1 और M_2 के बीच पथांतर 0.4 cm होता है, तो केन्द्रीय फ्रिंज दीप्त है। 8वें दीप्त फ्रिंज का कोणीय व्यास परिकलित कीजिए। 5

4. कोई **दो** भाग हल कीजिए : 2×5=10

(क) (i) प्रकाशिक उपकरणों की विभेदन क्षमता के लिए रैले निकष को समझाइए। 3

(ii) एक खगोलीय वेधशाला में 150 cm की दूरबीन है। इसकी एयरी डिस्क की अर्धकोणीय चौड़ाई परिकलित कीजिए। $\lambda = 5800$ Å लीजिए। 2

(ख) एकल रेखाछिद्र के लिए विवर्तन तीव्रता का व्यंजक है :

$$I_\theta = I_0\left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2,$$

जहाँ $$\beta = \pi\frac{b\sin\theta}{\lambda}\text{।}$$

वह समीकरण प्राप्त कीजिए जो द्वितीयक उच्चिष्ठों की स्थिति निर्धारित करने का प्रतिबंध व्यक्त करता है। इस समीकरण के संगत वक्र आरेखित कीजिए जो उच्चिष्ठों

की स्थिति दर्शाता है (β बनाम $\tan\beta$ के बीच ग्राफ)। 4+1

(ग) कल्पना कीजिए कि बिन्दु P_θ पर प्रथम, द्वितीय, तृतीय, ..., Nवें रेखाछिद्र के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्र क्रमशः E_1, E_2, E_3,......., E_N है। सिद्ध कीजिए। कि बिन्दु P_θ पर परिणामी तीव्रता का व्यंजक है : 5

$$I_\theta = A^2 \frac{\sin^2\beta}{\beta^2} \frac{\sin^2 N\gamma}{\sin^2\gamma},$$

जहाँ $\gamma = \frac{\delta}{2} = \frac{\pi}{\lambda} d\sin\theta$ है।

5. कोई **दो** भाग हल कीजिए : 2×5=10

(क) निम्नलिखित मानों के आधार पर किसी प्रकाशिक तंतु का संख्यात्मक द्वारक और स्वीकरण कोण परिकलित कीजिए : 3+2

n_1 (क्रोड) = 1.57 तथा n_2 (अधिपट्टन) = 1.51

(ख) होलोग्राफी के आधारभूत सिद्धांत को समझाइए। 5

(ग) यदि एक व्यतिकरण पैटर्न की दृश्यता 60% है और उच्चिष्ठ में 20 इकाइयाँ प्रकाश है, तो निम्निष्ठ में कितना प्रकाश होगा ? 5

× × × × ×