

BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)

Term-End Examination

June, 2017

00455

PHYSICS

PHE-09(S) : 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 can use log tables or calculators. Symbols have their usual meanings.*

1. Answer any *four* parts : 4×5=20
- (a) State Fermat's principle. Using it, derive Snell's law of refraction. 1+4
- (b) Using the principle of superposition of waves of same frequency and amplitude but having constant phase difference δ , derive the conditions of maxima and minima.
- (c) Show that the radii of Fresnel's half period elements are proportional to the square root of natural numbers.

- (d) Calculate the numerical aperture of an optical fibre having core and cladding with refractive indices 1.5 and 1.45, respectively. Also draw the refractive index profile of a gradient index fibre. 3+2

- (e) A slit of width b is illuminated by light of wavelength λ . Show that the intensity at an angle θ with the horizontal axis given by $I_{\theta} = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2$, where $\beta = \frac{\pi b \sin \theta}{\lambda}$.

Given that the resultant field is

$$E = a_0 \left[\frac{\sin \left(\frac{n \phi}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\phi}{2} \right)} \right] \cos \left(\omega t - \frac{n \phi}{2} \right)$$

where ϕ is the phase difference between successive fields due to the disturbance originating from a point.

- (f) Define Dichroism. How is it different from Birefringence ? Depict wave surfaces for o-and e-waves for a quartz crystal. 1+1+3
- (g) Two waves of the same frequency and constant phase difference have intensities in the ratio 16 : 1. Calculate the ratio of maximum to minimum intensities obtained in the interference pattern.

2. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) Discuss the Fraunhofer diffraction by a circular aperture.
- (b) Using Maxwell's field equations for free space, obtain the wave equation for e.m. waves.
- (c) Draw three and four level pumping schemes for a laser. Discuss their comparative merits.

3. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) For interference in thin films, obtain the conditions of constructive and destructive interference between reflected light waves.
- (b) What is a step-index fibre ? Obtain an expression for the angle of incidence beyond which light will get refracted into the cladding material.
- (c) Derive an expression for the intensity of transmitted light in a Fabry-Pérot interferometer.

4. Answer any *two* parts :

2×5=10

- (a) Consider two light waves of unequal amplitudes and having an arbitrary phase difference, moving along z-direction. Their electric field vectors are mutually orthogonal. Show that their superposition leads to an elliptically polarised light.
- (b) Holography is better than photography. Discuss on the basis of the processes involved.
- (c) A diffraction-limited laser beam ($\lambda = 6300 \text{ \AA}$) of diameter 5 mm is directed towards the earth from a space station orbiting at an altitude of 550 km. How large an area would the central beam illuminate ?
-

विज्ञान स्नातक (बी.एस सी.)

सत्रांत परीक्षा

जून, 2017

भौतिक विज्ञान

पी.एच.ई.-09(S) : प्रकाशिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

नोट : सभी प्रश्न अनिवार्य हैं। परन्तु, आंतरिक विकल्प दिए गए हैं। प्रत्येक प्रश्न के अंक उसके सामने दिए गए हैं। आप लॉग सारणियों या कैल्कुलेटरो का प्रयोग कर सकते हैं। प्रतीकों के अपने सामान्य अर्थ हैं।

1. किन्हीं चार भागों के उत्तर दीजिए :

4×5=20

(क) फर्मा सिद्धान्त लिखिए। इसका उपयोग करके, अपवर्तन का स्नेल नियम व्युत्पन्न कीजिए।

1+4

(ख) समान आवृत्ति तथा आयाम परन्तु नियत कलान्तर δ वाली तरंगों के लिए अध्यारोपण सिद्धान्त का अनुप्रयोग कर उच्चिष्ठों तथा निम्निष्ठों के लिए शर्तों की व्युत्पत्ति कीजिए।

(ग) दिखाइए कि फ्रेसनेल अर्ध आवर्तन खंडों की त्रिज्याएँ धन पूर्णांकों के वर्गमूल के समानुपाती होती हैं।

- (घ) एक प्रकाशिक तंतु के क्रोड और अधिपट्टन के अपवर्तनांक क्रमशः 1.5 तथा 1.45 हैं। तंतु का संख्यात्मक द्वारक परिकलित कीजिए। प्रवणता सूचक तंतु के लिए अपवर्तनांक प्रोफाइल भी आरेखित कीजिए।

3+2

- (ङ) चौड़ाई b वाले एक रेखाछिद्र को तरंगदैर्घ्य λ के प्रकाश द्वारा प्रदीप्त किया गया है। दिखाइए कि क्षैतिज अक्ष से कोण θ पर तीव्रता का व्यंजक निम्नलिखित है :

$$I_{\theta} = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2, \text{ जहाँ } \beta = \frac{\pi b \sin \theta}{\lambda} \text{ है।}$$

परिणामी क्षेत्र का व्यंजक निम्नवत् दिया गया है

$$E = a_0 \left[\frac{\sin \left(\frac{n\phi}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\phi}{2} \right)} \right] \cos \left(\omega t - \frac{n\phi}{2} \right)$$

जहाँ ϕ किसी बिन्दु से उत्पत्ति विक्षोभ के कारण उत्तरोत्तर क्षेत्रों के बीच कलान्तर है।

- (च) द्विवर्णता को परिभाषित कीजिए। यह द्विअपवर्तन से कैसे भिन्न है? क्वार्ट्ज क्रिस्टल के लिए o-तथा e-तरंगों के लिए तरंग सतहें आरेखित कीजिए।

1+1+3

- (छ) समान आवृत्ति तथा अचर कलान्तर वाली दो तरंगों की तीव्रताओं का अनुपात 16 : 1 है। व्यतिकरण पैटर्न में उत्पन्न अधिकतम तथा न्यूनतम तीव्रताओं का अनुपात परिकलित कीजिए।

2. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

- (क) वर्तुल द्वारक से प्राप्त फ्राउनहोफर विवर्तन की विवेचना कीजिए ।
- (ख) मुक्त आकाश के लिए मैक्सवेल के क्षेत्र समीकरणों का प्रयोग करके विद्युत्-चुम्बकीय तरंगों के लिए तरंग समीकरण प्राप्त कीजिए ।
- (ग) किसी लेसर के लिए तीन तथा चार स्तर पंपन योजनाएँ आरेखित कीजिए । इनके तुलनात्मक गुणों की चर्चा कीजिए ।

3. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

- (क) पतली फिल्मों द्वारा व्यतिकरण के लिए, परावर्तित प्रकाश तरंगों के बीच रचनात्मक तथा विनाशी व्यतिकरण के प्रतिबंध प्राप्त कीजिए ।
- (ख) चरण-सूचक तंतु क्या होता है ? उस आपतन कोण के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए जिससे अधिक कोण पर आपतित होने पर प्रकाश अधिपट्टन पदार्थ में अपवर्तित हो जाएगा ।
- (ग) फैब्री-पेरेट व्यतिकरणमापी के लिए पारगमित प्रकाश की तीव्रता के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कीजिए ।

4. किन्हीं दो भागों के उत्तर दीजिए :

2×5=10

- (क) असमान आयामों तथा यादृच्छिक प्रावस्था अंतर वाली दो प्रकाश तरंगों की कल्पना कीजिए, जो z-दिशा के अनुदिश संचरित हो रही हैं। इन तरंगों से संबद्ध विद्युत्-क्षेत्र सदिश परस्पर लंबवत् हैं। दर्शाइए कि इन तरंगों के अध्यारोपण के फलस्वरूप हमें दीर्घवृत्तीय ध्रुवित प्रकाश प्राप्त होता है।
- (ख) होलोग्राफी, फोटोग्राफी से बेहतर है। अंतर्निहित प्रक्रियाओं के आधार पर विवेचना कीजिए।
- (ग) विवर्तन-प्रतिबंधित लेसर किरणपुंज ($\lambda = 6300 \text{ \AA}$), जिसका व्यास 5 mm है, को अंतरिक्ष प्रयोगशाला से पृथ्वी की ओर भेजा जाता है। यदि यह प्रयोगशाला पृथ्वी से 550 km की ऊँचाई पर परिक्रमा कर रही हो, तो केंद्रीय पुंज कितने क्षेत्रफल को दीप्त करेगा ?