

**BACHELOR OF SCIENCE (B.Sc.)
(BSCG)**

**Term-End Examination
December 2022**

BPHCT-137 : WAVES AND OPTICS

Time : 2 hours

Maximum Marks : 50

Note : *All questions are **compulsory**. Internal choices are given. Marks allotted to each question are indicated against it. You may use a calculator. Symbols have their usual meanings.*

1. Attempt any **five** parts : $5 \times 2 = 10$

- (a) What is the distance between two consecutive points in same phase on a waveform graph of a wave called ? Show it in a labelled diagram.
- (b) Is it true that, in the standing wave formed on a string, the displacement and velocity of the particles of the medium (string) are zero at the nodes ? Justify your answer.
- (c) Plot the intensity distribution for the interference fringe pattern produced by two waves of the same frequency.

- (d) Using sodium light of wavelength 5893 \AA , interference fringes are formed due to reflection from a thin air wedge. When viewed perpendicularly, 20 fringes are observed in a distance of 2.0 cm . Calculate the angle of the wedge. (Take $\mu = 1$ for air)
- (e) What is the phase difference between secondary wavelets emanating from two consecutive half-period zones ?
- (f) Draw the intensity distribution curve for the diffraction pattern due to a straight edge.
- (g) Draw the energy level diagram for a four-level pumping scheme for lasers.
- (h) State the difference between Step Index Single Mode (SISM) and Step Index Multimode (SIMM) optical fibres.

2. Attempt any **two** parts :

$2 \times 5 = 10$

- (a) Starting from the expression for the steady-state amplitude of a damped forced oscillator

$$a(\omega) = \frac{F_0}{m[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4b^2\omega^2]^{1/2}}$$

show that the resonance frequency is equal to the natural frequency of the driven oscillator.

5

- (b) On the basis of Huygens' principle, explain the concept of wavefront. Also, explain the propagation of light (electromagnetic wave) using the concept of wavefront.

2+3

- (c) A beam of unpolarised light is incident on a polariser-analyser set-up. When the transmission axes of the polariser and analyser are parallel, the intensity of light emerging from the analyser is 0.4 Wm^{-2} . What will the intensity of the emergent light be when the angle between the transmission axes of the polariser and analyser is 45° ? 5

3. Attempt any **two** parts : $2 \times 5 = 10$

- (a) Two waves of same frequency and constant phase difference have intensities in the ratio 121 : 1. When superposed, these waves produce interference fringes. Calculate the ratio of the maximum to minimum intensity. 5
- (b) A ray of light is incident on a thin film of thickness t and refractive index μ (> 1). The angle of refraction for the ray is r . Obtain the condition for destructive interference. 5
- (c) Explain how circular fringes are formed in Michelson interferometer. 5

4. Attempt any **two** parts : $2 \times 5 = 10$

- (a) The radius of the first half-period zone of a zone plate is 0.4 mm. When a light of wavelength $6 \times 10^{-5} \text{ cm}$ is incident on the zone plate, it brings the rays of light to focus at its brightest point. Calculate the focal length of the zone plate. 5

- (b) In a double-slit diffraction set-up, the wavelength of light used is 6×10^{-5} cm, slit width is 0.02 mm and the spacing between the slits is 0.12 mm. If the distance of the screen from the slits is 1.25 m, calculate the distance between the two consecutive dark fringes. 5

- (c) The expression for intensity for the diffraction pattern of a grating having N slits is

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

On the basis of the above relation, obtain the condition for principal maxima in the diffraction pattern. 5

5. Attempt any **two** parts : 2×5=10

- (a) Laser radiation of 5000 Å wavelength is sustained in a cavity in which mirrors are separated by a distance of 25 cm.
- (i) Estimate the number of modes (n) sustained. 3+2
- (ii) Calculate the mode separation. 3+2
- (b) What is pulse (or modal) dispersion in optical fibre ? How can it be reduced by graded index fibre ? 2+3
- (c) Explain the operation of Ruby laser with the help of a schematic diagram. 5

विज्ञान स्नातक (बी.एस.सी.)

(बी.एस.सी.जी.)

सत्रांत परीक्षा

दिसम्बर, 2022

बी.पी.एच.सी.टी.-137 : तरंगों और प्रकाशिकी

समय : 2 घण्टे

अधिकतम अंक : 50

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

1. कोई पाँच भाग कीजिए :

5×2=10

- (क) किसी तरंग के तरंगरूप ग्राफ पर दो क्रमागत समकला बिन्दुओं के बीच की दूरी क्या कहलाती है ? इसे एक नामांकित चित्र द्वारा दिखाइए।
- (ख) क्या यह कहना सही है कि किसी डोरी पर निर्मित अप्रगामी तरंग में निस्पंदों पर स्थित माध्यम (डोरी) के कणों का विस्थापन और वेग का मान शून्य होता है ? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए।
- (ग) समान आवृत्ति वाली दो तरंगों द्वारा उत्पन्न व्यतिकरण फ्रिंज पैटर्न के लिए तीव्रता वितरण का आलेख खींचिए।

- (घ) तरंगदैर्घ्य 5893 Å वाले सोडियम प्रकाश के एक पतली वायु फान (thin air wedge) से परावर्तन होने पर व्यतिकरण फ्रिंज बनते हैं। लंबवत् देखने पर 2.0 cm दूरी में 20 फ्रिंज दिखाई पड़ते हैं। फान का कोण परिकलित कीजिए। (वायु के लिए $\mu = 1$ लीजिए)
- (ङ) दो क्रमागत अर्ध-आवर्तन जोनों से निर्गत द्वितीयक तरंगिकाओं के बीच कलांतर का मान कितना होता है ?
- (च) एक सीधी कोर के कारण विवर्तन पैटर्न के लिए तीव्रता वितरण वक्र आरेखित कीजिए।
- (छ) लेसरों के लिए चार-स्तर पंपन योजना का ऊर्जा स्तर आरेख खींचिए।
- (ज) सोपान अपवर्तनांक एकल-विधा (SISM) और सोपान अपवर्तनांक बहु-विधा (SIMM) प्रकाशिक तंतुओं में अंतर बताइए।

2. कोई दो भाग कीजिए :

2×5=10

- (क) अवमंदित प्रणोदित दोलित्र के स्थायी-अवस्था आयाम के व्यंजक

$$a(\omega) = \frac{F_0}{m[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4b^2\omega^2]^{1/2}}$$

से आरंभ कर सिद्ध कीजिए कि अनुनाद आवृत्ति का मान प्रेरित दोलित्र की प्राकृतिक आवृत्ति के बराबर होता है।

5

- (ख) हाइगेन्स सिद्धांत के आधार पर तरंगाग्र की अवधारणा को समझाइए। तरंगाग्र की अवधारणा का उपयोग कर प्रकाश (विद्युत्-चुंबकीय तरंग) के संचरण की भी व्याख्या कीजिए।

2+3

- (ग) एक ध्रुवक-विश्लेषक युग्म पर एक अध्रुवित प्रकाश किरण पुंज आपतित होता है। जब ध्रुवक और विश्लेषक के पारगमन अक्ष समांतर हैं, तो विश्लेषक से निर्गत प्रकाश की तीव्रता 0.4 Wm^{-2} है। जब ध्रुवक और विश्लेषक के पारगमन अक्षों के बीच का कोण 45° हो तो निर्गत प्रकाश की तीव्रता कितनी होगी ? 5

3. कोई दो भाग कीजिए : $2 \times 5 = 10$

- (क) समान आवृत्ति और नियत कलांतर वाली दो तरंगों की तीव्रताओं का अनुपात $121 : 1$ है। जब इन तरंगों को अध्यारोपित किया जाता है, तो व्यतिकरण फ्रिंजें उत्पन्न होती हैं। अधिकतम और न्यूनतम तीव्रताओं का अनुपात परिकलित कीजिए। 5

- (ख) मोटाई t और अपवर्तनांक $\mu (> 1)$ वाली पतली परत पर प्रकाश की किरण आपतित होती है। किरण के लिए अपवर्तन कोण r है। विनाशी व्यतिकरण के लिए प्रतिबंध का व्यंजक प्राप्त कीजिए। 5

- (ग) समझाइए कि माइकलसन व्यतिकरणमापी में वर्तुल फ्रिंजें कैसे बनती हैं। 5

4. कोई दो भाग कीजिए : $2 \times 5 = 10$

- (क) एक जोन-पट्टिका के प्रथम अर्ध-आवर्तन जोन की त्रिज्या 0.4 mm है। जब $6 \times 10^{-5} \text{ cm}$ तरंगदैर्घ्य वाला प्रकाश इस जोन-पट्टिका पर आपतित होता है, तो प्रकाश की किरणें एक दीप्त बिन्दु पर फोकसित होती हैं। जोन-पट्टिका की फोकस दूरी परिकलित कीजिए। 5

- (ख) एक द्वि-रेखाछिद्र विवर्तन व्यवस्था में प्रयुक्त प्रकाश का तरंगदैर्घ्य $6 \times 10^{-5} \text{ cm}$, रेखाछिद्र चौड़ाई 0.02 mm तथा रेखाछिद्रों के बीच की दूरी 0.12 mm है। यदि रेखाछिद्रों से परदे की दूरी 1.25 m है, तो दो क्रमागत अदीप्त फ्रिंजों के बीच की दूरी परिकलित कीजिए। 5
- (ग) N रेखाछिद्रों वाली ग्रेटिंग के विवर्तन पैटर्न में तीव्रता का व्यंजक है :

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

उपर्युक्त संबंध के आधार पर विवर्तन पैटर्न में मुख्य उच्चिष्ठों के लिए प्रतिबंध प्राप्त कीजिए। 5

5. कोई दो भाग कीजिए : 2×5=10

- (क) एक कोटर में, जिसके दर्पणों को 25 cm की दूरी पर रखा गया है, 5000 \AA तरंगदैर्घ्य का लेसर विकिरण प्रतिपालित होता है।
- (i) विधाओं की संख्या (n) का मान अनुमानित कीजिए।
- (ii) विधा-पृथक्करण परिकलित कीजिए। 3+2
- (ख) प्रकाशिक तंतु में स्पंद (या मोडल) परिक्षेपण क्या होता है ? क्रमिक अपवर्तनांक तंतु का उपयोग कर इसे किस प्रकार कम किया जाता है ? 2+3
- (ग) व्यवस्था चित्र की सहायता से माणिक्य लेसर का प्रचालन समझाइए। 5