

FINAL JEE(Advanced) EXAMINATION - 2022

(Held On Sunday 28th AUGUST, 2022)

PAPER-2

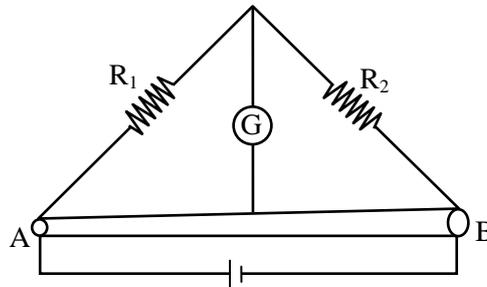
TEST PAPER WITH ANSWER

PHYSICS

खंड 1 (अधिकतम अंक : 24)

- इस खंड में आठ (08) प्रश्न हैं।
- प्रत्येक प्रश्न का उत्तर 0 से 9 तक (दोनों सम्मिलित) के बीच का एक एकल-अंक पूर्णांक (SINGLE DIGIT INTEGER) है।
- प्रत्येक प्रश्न के लिए उत्तर को दर्शाने वाले सही पूर्णांक को माउज (MOUSE) और ऑन स्क्रीन (ON-SCREEN) वर्चुअल नुमेरिक कीपैड (VIRTUAL NUMERIC KEYPAD) के प्रयोग से उत्तर के लिए चिन्हित स्थान पर दर्ज करें।
- प्रत्येक प्रश्न के उत्तर का मूल्यांकन निम्न योजना के अनुसार होगा :
पूर्ण अंक : +3 यदि सिर्फ सही पूर्णांक (integer) ही दर्ज किया गया है।
शून्य अंक : 0 यदि कोई भी विकल्प नहीं चुना गया है (अर्थात् प्रश्न अनुत्तरित है)।
ऋण अंक : -1 अन्य सभी परिस्थितियों में।

1. द्रव्यमान 1 kg वाले एक कण पर एक बल आरोपित किया जाता है जो स्थिति पर $\vec{F} = -k(xi + yj) \text{ kgms}^{-2}$ के अनुसार निर्भर करता है जहाँ $k = 1 \text{ kgs}^{-2}$ है। समय $t = 0$ पर कण की स्थिति $\vec{r} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\hat{i} + \sqrt{2}\hat{j} \right) \text{ m}$ व इसका वेग $\vec{v} = \left(-\sqrt{2}\hat{i} + \sqrt{2}\hat{j} + \frac{2}{\pi}\hat{k} \right) \text{ ms}^{-1}$ है। माना v_x तथा v_y क्रमशः कण के वेग के x तथा y घटक हैं। गुरुत्व को नगण्य मानें। $z = 0.5 \text{ m}$ पर $(x v_y - y v_x)$ का मान $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ में होगा।
2. एक रेडिया सक्रिय विघटन श्रृंखला अभिक्रिया में ${}^{230}_{90}\text{Th}$ नाभिक ${}^{214}_{84}\text{Po}$ नाभिक में विघटित होता है। इस प्रक्रम में उत्सर्जित α व β^- कणों की संख्या का अनुपात होगा।
3. दो प्रतिरोध $R_1 = X \Omega$ व $R_2 = 1 \Omega$ को चित्रानुसार एकसमान प्रतिरोधकता वाले तार AB से जोड़ा जाता है। तार की त्रिज्या रेखिक रूप से इसकी अक्ष के अनुदिश A पर 0.2 mm से B पर 1 mm तक परिवर्तित होती है। तार के केन्द्र पर इसकी अक्ष के अनुदिश प्रत्येक सिरे से 50 cm पर जुड़ा एक गेल्वेनोमीटर (G) शून्य विक्षेप दर्शाता है जब A व B को एक बैटरी से जोड़ा जाता है। X का मान है।



4. एक विशेष मात्रक पद्धति निकाय (system of units) में, एक भौतिकी राशि को इलेक्ट्रॉनिक आवेश e , इलेक्ट्रॉन

द्रव्यमान m_e , प्लांक नियतांक (Planck's constant) h और कूलाम्ब नियतांक $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ के रूप में निरूपित किया

जाता है, जहाँ ϵ_0 निर्वात का परावेधुतांक (permittivity) है। इन भौतिकीय नियतांकों के रूप में, चुम्बकीय क्षेत्र की विमा (dimension) $[B] = [e]^\alpha [m_e]^\beta [h]^\gamma [k]^\delta$ है। $\alpha + \beta + \gamma + \delta$ का मान _____ है।

5. n एकजैसी इकाईयों से बने एक विन्यास पर विचार कीजिये जिसमें प्रत्येक इकाई तीन परतों से मिलकर बनी है।

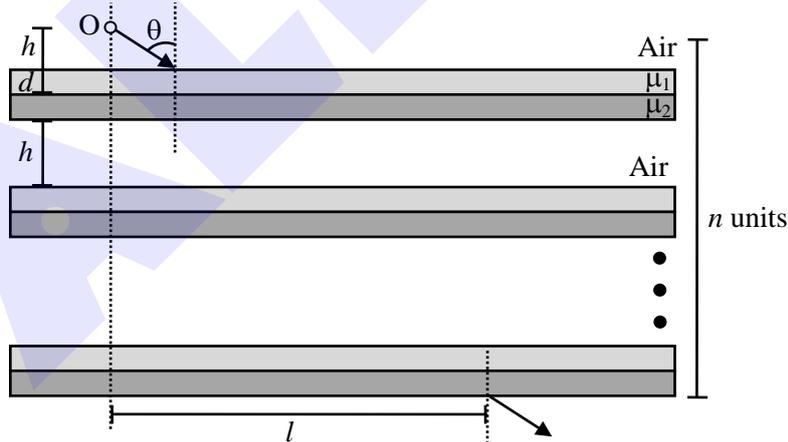
प्रथम परत $h = \frac{1}{3} \text{ cm}$ ऊँचाई वाला एक वायु स्तम्भ है तथा द्वितीय व तृतीय परतें समान मोटाई $d = \frac{\sqrt{3}-1}{2} \text{ cm}$ व

अपवर्तनांक क्रमशः $\mu_1 = \sqrt{\frac{3}{2}}$ व $\mu_2 = \sqrt{3}$ वाली है। प्रथम इकाई के ऊपर एक प्रकाश स्रोत O को चित्रानुसार रखा

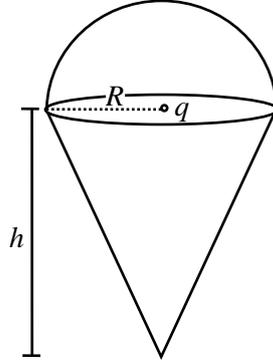
जाता है। O से आने वाली एक प्रकाश किरण, प्रथम इकाई की द्वितीय परत पर अभिलम्ब से $\theta = 60^\circ$ कोण पर

आपतित होती है। n के विशेष मान के लिये प्रकाश किरण, विन्यास के आधार से $l = \frac{8}{\sqrt{3}} \text{ cm}$ दूरी पर से चित्रानुसार

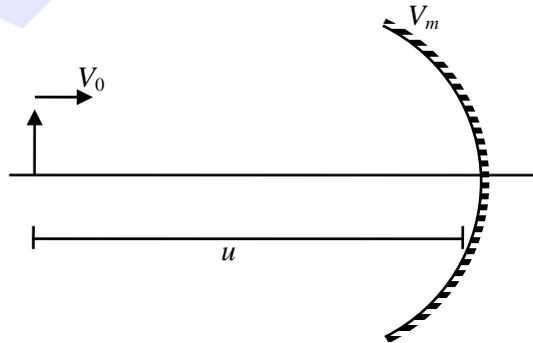
निर्गत होती है। n का मान है।



6. एक आवेश q चित्रानुसार एक बंद सतह द्वारा घिरा हुआ है, जो ऊँचाई h व आधार त्रिज्या R वाले एक उल्टे शंकु तथा त्रिज्या R वाले अर्धगोले से निर्मित है। शंक्वाकार सतह से निर्गत विद्युत फ्लक्स का मान $\frac{nq}{6\epsilon_0}$ (SI इकाई में) हो तो n का मान ज्ञात कीजिये।



7. एक घर्षणरहित (frictionless) क्षैतिज समतल पर एक गोला (bob), जिसका द्रव्यमान $m = 0.1 \text{ kg}$ है, एक स्प्रिंग, जिसकी प्राकृतिक लम्बाई $l_0 = 0.1 \text{ m}$ है, से जुड़ा है। स्प्रिंग का नियतांक $k_1 = 0.009 \text{ Nm}^{-1}$ है जब स्प्रिंग की लम्बाई $l > l_0$ है, तथा $k_2 = 0.016 \text{ Nm}^{-1}$ है जब $l < l_0$ है। प्रारंभ में गोले को $l = 0.15 \text{ m}$ से छोड़ा जाता है। मान लें कि हुक का नियम (Hooke's law) पूरी गति के दौरान मान्य (valid) है। यदि एक पूरे दोलन का आवर्तकाल $T = (n\pi) \text{ s}$ है, तो n का निकटतम पूर्णांक (nearest integer) _____ है।
8. एक बिम्ब तथा फोकस दूरी $f = 10 \text{ cm}$ वाला एक अवतल दर्पण नियत चालों के साथ दर्पण की मुख्य अक्ष के अनुदिश गति करते हैं। बिम्ब, प्रयोगशाला तंत्र के सापेक्ष दर्पण की ओर $V_0 = 15 \text{ cm s}^{-1}$ चाल से गति करता है। बिम्ब व दर्पण के मध्य दिये गये क्षण पर दूरी u है। $u = 30 \text{ cm}$ होने पर दर्पण की चाल V_m इस प्रकार होती है प्रतिबिम्ब, प्रयोगशाला तंत्र के सापेक्ष तात्क्षणिक रूप से विराम में रहता है तथा बिम्ब एक वास्तविक प्रतिबिम्ब बनाता है। V_m का परिमाण cm s^{-1} में ज्ञात कीजिये।

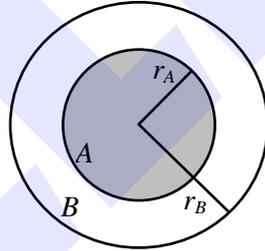


खंड 2 (अधिकतम अंक : 24)

- इस खंड में छह (06) प्रश्न हैं।
- प्रत्येक प्रश्न के लिए चार विकल्प दिए गए हैं। इन चार विकल्पों में से एक या एक से अधिक विकल्प सही उत्तर है (हैं)।
- प्रत्येक प्रश्न के लिए दिए हुए विकल्पों में से सही उत्तर (उत्तरों) से संबंधित विकल्प (विकल्पों) को चुनिए।
- प्रत्येक प्रश्न के उत्तर का मूल्यांकन निम्न योजना के अनुसार होगा:

पूर्ण अंक	: +4 यदि केवल (सारे) सही विकल्प (विकल्पों) को चुना गया है।
आंशिक अंक	: +3 यदि चारों विकल्प सही हैं परन्तु केवल तीन विकल्पों को चुना गया है।
आंशिक अंक	: +2 यदि तीन या तीन से अधिक विकल्प सही हैं परन्तु केवल दो विकल्पों को चुना गया है और दोनों चुने हुए विकल्प सही विकल्प हैं।
आंशिक अंक	: +1 यदि दो या दो से अधिक विकल्प सही हैं परन्तु केवल एक विकल्प को चुना गया है और चुना हुआ विकल्प एक सही विकल्प है।
शून्य अंक	: 0 यदि किसी भी विकल्प को नहीं चुना गया है (अर्थात् प्रश्न अनुत्तरित है)।
ऋण अंक	: -2 अन्य सभी परिस्थितियों में।

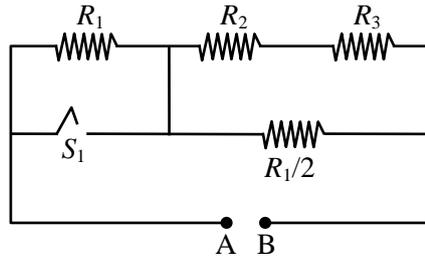
9. चित्र में आंतरिक (छायांकित) क्षेत्र A एक $r_A = 1$ त्रिज्या के गोले को प्रदर्शित करता है, जिसके अन्दर विद्युत आवेश घनत्व (electrostatic charge density) $\rho_A = kr$ केंद्र से त्रिज्य-दूरी r के साथ बदलता है, जहां k धनात्मक है। r_B त्रिज्या के बाह्य (outer) गोलीय खोल B में, विद्युत आवेश घनत्व $\rho_B = \frac{2k}{r}$ से बदलता है। मान लें कि यूनिट्स का ध्यान रखा गया है। सभी भौतिकी मात्राएँ (quantities) SI मानक में हैं।



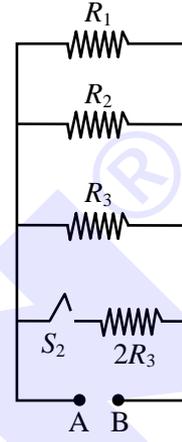
निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है (हैं)।

- (A) यदि $r_B = \sqrt{\frac{3}{2}}$, तो विद्युत क्षेत्र (electric field) का मान B के बाहर शून्य है।
- (B) यदि $r_B = \frac{3}{2}$, तो विद्युत विभव (electric potential) का मान B के बाहर $\frac{k}{\epsilon_0}$ है।
- (C) यदि $r_B = 2$, तो संयोजन (configuration) का कुल आवेश $15\pi k$ है।
- (D) यदि $r_B = \frac{5}{2}$, तो विद्युत क्षेत्र का B के बाहर परिमाण $\frac{13\pi k}{\epsilon_0}$ है।

10. चित्र में दर्शाये गये परिपथ -1 तथा परिपथ -2 में $R_1 = 1 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$ तथा $R_3 = 3 \Omega$ हैं। परिपथ-1 तथा परिपथ-2 में क्रमशः P_1 तथा P_2 शक्ति क्षरण (power dissipation) के मान हैं, जब कुंजी (switches) S_1 तथा S_2 खुली अवस्था में है। परिपथ-1 तथा परिपथ-2 में क्रमशः Q_1 तथा Q_2 शक्ति क्षरण के मान हैं, जब कुंजी (switches) S_1 तथा S_2 बंद अवस्था में है।



परिपथ-1



परिपथ-2

निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है (हैं)।

- (A) जब $6 V$ के वोल्टेज स्रोत को दोनों परिपथों में A तथा B से संयोजित किया जाये, तब $P_1 < P_2$
- (B) जब एक 2 Amp के स्थिर धारा स्रोत को दोनों परिपथों में A तथा B से संयोजित किया जाये, तब $P_1 > P_2$
- (C) जब $6 V$ के वोल्टेज स्रोत को परिपथ-1 में A तथा B से संयोजित किया जाये, तब $Q_1 > P_1$
- (D) जब एक 2 Amp के स्थिर धारा स्रोत को दोनों परिपथों में A और B से संयोजित किया जाये, तब $Q_2 < Q_1$

11. एक बुलबुले का पृष्ठ तनाव (surface tension) S है। बुलबुले के अन्दर की आदर्श गैस (ideal gas) का विशिष्ट ऊष्मा का अनुपात (ratio of specific heats) $\gamma = \frac{5}{3}$ है तथा बुलबुला वायुमंडल के संपर्क में आता है। मान लीजिये कि बुलबुला अपना गोलीय रूप सदैव बनाये रखता है। यदि वायुमंडल का दाब P_{a1} है, तो बुलबुले का त्रिज्या r_1 है और उसके अन्दर की गैस का तापमान T_1 है। यदि वायुमंडल का दाब बदलकर P_{a2} करते हैं, तो बुलबुले की त्रिज्या तथा उसके अन्दर की गैस का तापमान क्रमशः r_2 तथा T_2 हो जाते हैं। निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है (हैं)।

(A) यदि बुलबुले की सतह ऊष्मा की पूर्ण कुचालक (perfect heat insulator) है तो $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^5 = \frac{P_{a2} + \frac{2S}{r_2}}{P_{a1} + \frac{2S}{r_1}}$

- (B) यदि बुलबुला एक ऊष्मा का पूर्ण कुचालक है, तो बुलबुले की पूर्ण आंतरिक ऊर्जा, पृष्ठ ऊर्जा (surface energy) सहित, बाहरी दाब से नहीं बदलेगी।

(C) यदि द्रव फिल्म ऊष्मा का पूर्ण सुचालक है तथा वायुमंडलीय तापमान में परिवर्तन नगण्य है तो $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \frac{P_{a2} + \frac{4S}{r_2}}{P_{a1} + \frac{4S}{r_1}}$

(D) यदि द्रव फिल्म ऊष्मा का पूर्ण कुचालक है तो $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{5}{2}} = \frac{P_{a2} + \frac{4S}{r_2}}{P_{a1} + \frac{4S}{r_1}}$

12. एक त्रिज्या R तथा एकसमान धनात्मक आवेश घनत्व (positive charge density) σ की चक्रिका को xy तल पर रखा गया है और इसका केंद्र मूल बिंदु पर है। कूलाम्ब विभव z अक्ष पर $V(z) = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (\sqrt{R^2 + z^2} - z)$ है। एक कण जिसका धनात्मक आवेश q है को प्रारंभ में विरामावस्था में z अक्ष पर $z = z_0$ तथा $z_0 > 0$ स्थिति पर रखा जाता है। इसके अतिरिक्त एक कण पर उध्वार्धर (vertical) बल $\vec{F} = -c\hat{k}$ लगता है, जहाँ $c > 0$ है। $\beta = \frac{2c\epsilon_0}{q\sigma}$ लें।

निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है (हैं)।

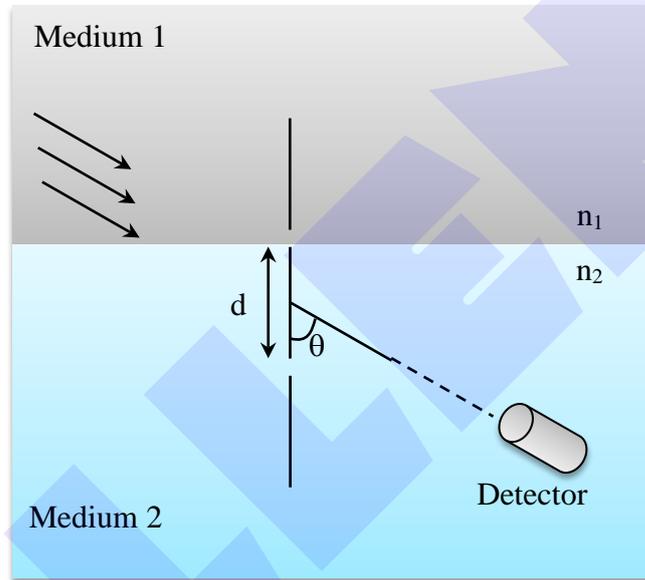
(A) $\beta = \frac{1}{4}$ तथा $z_0 = \frac{25}{7}R$ के लिए कण मूल बिंदु (origin) पर पहुँचता है।

(B) $\beta = \frac{1}{4}$ तथा $z_0 = \frac{3}{7}R$ के लिये कण मूल बिंदु पर पहुँचता है।

(C) $\beta = \frac{1}{4}$ तथा $z_0 = \frac{R}{\sqrt{3}}$ के लिए कण $z = z_0$ पर वापस आता है।

(D) $\beta > 1$ तथा $z_0 > 0$ के लिये कण हमेशा मूल बिंदु पर पहुँचता है।

13. एक द्विस्लिट युग्म (double slit setup) चित्र में दर्शाया गया है। एक स्लिट n_2 अपवर्तनांक (refractive index) वाले माध्यम 2 में है। इस माध्यम तथा एक अन्य माध्यम 1, जिसका अपवर्तनांक $n_1 (\neq n_2)$ है, के अंतरापृष्ठ (interface) पर एक दूसरी स्लिट रखी गयी है। स्लिटों को जोड़ने वाली रेखा अंतरापृष्ठ के लम्बवत है तथा स्लिटों के मध्य की दूरी d है। स्लिटों की मोटाई d से अत्यधिक कम है। एक एकवर्णी (monochromatic) समानान्तर प्रकाश किरण पुंज माध्यम 1 से स्लिटों पर आपतित होती है। माध्यम 2 से अत्यधिक दूरी पर तथा उनको जोड़ने वाली रेखा से θ कोण बनाते हुए एक संसूचक (detector) रखा है ताकि किरण पुंज का अपवर्तन कोण θ है। संसूचक पर पहुँचने वाली दो लगभग समानान्तर किरणों को संदर्भ में लें।



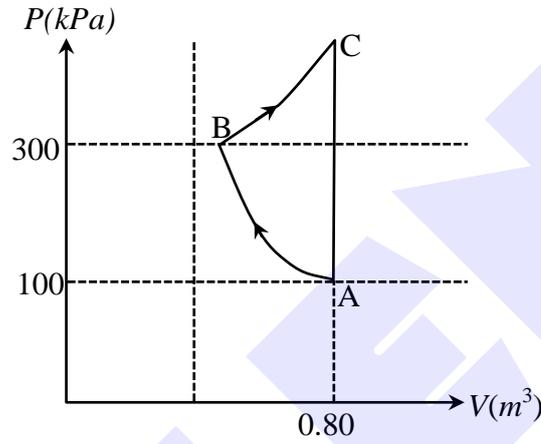
निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है (हैं)।

- (A) दोनो किरणों के मध्य कलांतर (phase difference) d पर निर्भर नहीं करता है।
- (B) दोनों किरणें संसूचक पर सदैव सयांसी व्यतिकरण (constructive interference) पैटर्न बनाती है।
- (C) दोनो किरणों के मध्य कलांतर n_1 पर निर्भर करता है परन्तु n_2 पर नहीं करता है।
- (D) दोनो किरणों के मध्य कलांतर केवल d तथा किरण पुंज के आपतन कोण के कुछ मानों (values) लिए शून्य हो जाता है, जहाँ θ संगत (corresponding) अपवर्तन कोण है।

14. दिए गये P - V आरेख में एक एकपरमाणुक (monoatomic) गैस $\left(\gamma = \frac{5}{3}\right)$ रूधोष्म प्रक्रम (adiabatic process) द्वारा

पहले अवस्था A से अवस्था B में दबायी जाती है। फिर वह समतापीय प्रसार प्रक्रिया द्वारा अवस्था B से अवस्था C में

प्रसारित की जाती है। [दिया गया है : $\left(\frac{1}{3}\right)^{0.6} \approx 0.5$ तथा $\ln 2 \approx 0.7$]



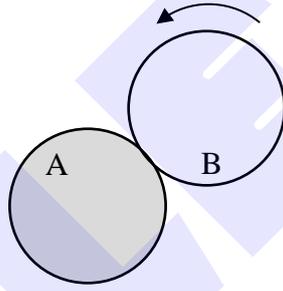
निम्न में से कौन सा (से) कथन सही है (हैं)।

- (A) $A \rightarrow B \rightarrow C$ प्रक्रम में किये गये कुल कार्य का परिमाण 144 kJ है।
- (B) $B \rightarrow C$ प्रक्रम में किये गये कार्य का परिमाण 84 kJ है।
- (C) $A \rightarrow B$ प्रक्रम में किये गये कार्य का परिमाण 60 kJ है।
- (D) $C \rightarrow A$ प्रक्रम में किये गये कार्य का परिमाण शून्य है।

खंड 3 (अधिकतम अंक : 12)

- इस खंड में चार (04) प्रश्न हैं।
- प्रत्येक प्रश्न के लिए चार विकल्प दिए गए हैं। इन चार विकल्पों में से केवल एक विकल्प ही सही उत्तर है।
- प्रत्येक प्रश्न के लिए दिए हुए विकल्पों में से सही उत्तर से संबंधित विकल्प को चुनिए।
- प्रत्येक प्रश्न के उत्तर का मूल्यांकन निम्न योजना के अनुसार होगा:
पूर्ण अंक : +3 यदि सिर्फ सही विकल्प ही चुना गया है।
शून्य अंक : 0 यदि कोई भी विकल्प नहीं चुना गया है (अर्थात् प्रश्न अनुत्तरित है)।
ऋण अंक : -1 अन्य सभी परिस्थितियों में।

15. एक पतली एकसमान चकती A जिसकी त्रिज्या R है की एकसमतल सतह को एक क्षैतिज मेज पर चिपकाया गया है। एक दूसरा एकसमान चकती B जिसका द्रव्यमान M तथा समान त्रिज्या R है बिना फिसले A की परिधि (circumference) पर लोटनी गति (rolls without slipping) करता है, जैसे कि चित्र में दर्शाया गया है। B की एकसमतल सतह भी मेज के समतल पर रहती है। A के केंद्र से होकर जाने वाली ऊर्ध्वाधर अक्ष के परितः B के द्रव्यमान केन्द्र की निश्चित कोणीय गति ω है। B का कोणीय संवेग A के केंद्र के सापेक्ष $nM\omega R^2$ है। निम्न में से कौनसा n का मान है ?



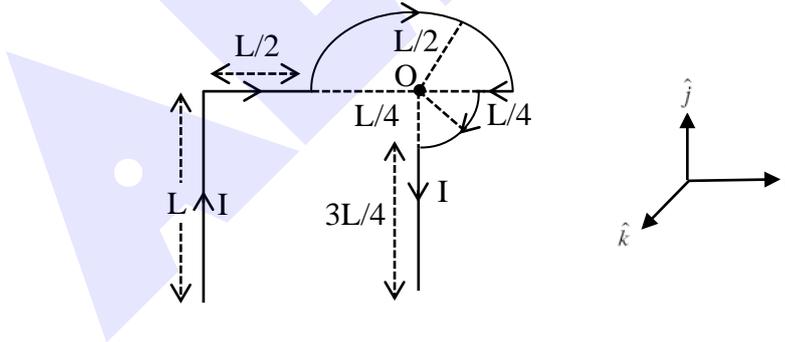
- (A) 2 (B) 5 (C) $\frac{7}{2}$ (D) $\frac{9}{2}$
16. जब प्रकाश दिये गये तरंगदैर्घ्य (wavelength) से एक धात्विक पृष्ठ (metallic surface) पर पड़ता है तो उत्सर्जित (emitted) फोटोइलेक्ट्रॉन्स को रोकने के लिए 6.0 V के निम्नतम विभव की आवश्यकता होती है। यदि एक दूसरे स्रोत जिसका तरंगदैर्घ्य पहले वाले से चार गुना और तीव्रता (intensity) पहले वाले से आधी है को प्रयोग में लाया जाये तो विभव घट कर 0.6 V रह जाता है। पहले स्रोत की तरंगदैर्घ्य और धातु का कार्य फलन क्रमशः क्या होगा ?
- $[\frac{hc}{e} = 1.24 \times 10^{-6} \text{ Jm C}^{-1} \text{ लें}]$
- (A) $1.72 \times 10^{-7} \text{ m}$, 1.20 eV (B) $1.72 \times 10^{-7} \text{ m}$, 5.60 eV
(C) $3.78 \times 10^{-7} \text{ m}$, 5.60 eV (D) $3.78 \times 10^{-7} \text{ m}$, 1.20 eV

17. स्क्रूगेज द्वारा अनुप्रस्थ काट (cross-section) का क्षेत्रफल मापा जाता है। मुख्य पैमाने का पिच (pitch) 0.5 mm है। वृत्तीय पैमाने में 100 विभाजन है तथा एक वृत्तीय पैमाने के पूर्ण घुमाव करने पर मुख्य पैमाने पर दो विभाजन विस्थापित होते हैं। मापे गये पाठक (readings) नीचे दिए हैं।

माप की अवस्था	मुख्य पैमाना का पाठक	वृत्तीय पैमाना का पाठक
तार के बिना, गेज के दोनो भुजा एक दूसरे से संपर्क करते हैं।	0 विभाजन	4 विभाजन
प्रयास-1: तार के साथ	4 विभाजन	20 विभाजन
प्रयास-2: तार के साथ	4 विभाजन	16 विभाजन

स्क्रूगेज द्वारा मापा गया तार का व्यास तथा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल क्या होगा ?

- (A) $2.22 \pm 0.02 \text{ mm}, \pi(1.23 \pm 0.02) \text{ mm}^2$
 (B) $2.22 \pm 0.01 \text{ mm}, \pi(1.23 \pm 0.01) \text{ mm}^2$
 (C) $2.14 \pm 0.02 \text{ mm}, \pi(1.14 \pm 0.02) \text{ mm}^2$
 (D) $2.14 \pm 0.01 \text{ mm}, \pi(1.14 \pm 0.01) \text{ mm}^2$
18. दिए गये तार के खंड, जो xy समतल पर रखे हैं, में प्रवाहित धारा द्वारा बिंदु O पर उत्पन्न (created) चुम्बकीय क्षेत्र \vec{B} को निम्न में से कौन सा एक विकल्प निरूपित (represents) करता है ?



- (A) $\vec{B} = \frac{-\mu_0 I}{L} \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{4\sqrt{2}\pi} \right) \hat{k}$
 (B) $\vec{B} = -\frac{\mu_0 I}{L} \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{2\sqrt{2}\pi} \right) \hat{k}$
 (C) $\vec{B} = \frac{-\mu_0 I}{L} \left(1 + \frac{1}{4\sqrt{2}\pi} \right) \hat{k}$
 (D) $\vec{B} = \frac{-\mu_0 I}{L} \left(1 + \frac{1}{4\pi} \right) \hat{k}$