PHYSICS

10 APRIL 2019 [Phase : II]

JEE MAIN PAPER ONLINE

KTG & Thermodynamics

1. One mole of an ideal gas passes through a process where pressure and volume obey the relation $P = P_0\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{V_0}{V}\right)^2\right]$. Here P_0 and V_0 are constants. Calculate the change in the temperature of the gas if its volume changes from V_0 to $2V_0$.

एक आदर्श गैस का एक मोल एक ऐसे प्रक्रम से गुजरता है जिसमें दाब तथा आयतन सूत्र $P = P_0\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{V_0}{V}\right)^2\right]$ से सम्बन्धित हैं। यहाँ P_0 तथा V_0 नियतांक हैं। यदि गैस का आयतन V_0 से $2V_0$ होता है तो इसके तापमान का बदलाव होगा :

(1) $\frac{1}{4}\frac{P_0V_0}{R}$ (2) $\frac{5}{4}\frac{P_0V_0}{R}$ (3) $\frac{1}{2}\frac{P_0V_0}{R}$ (4) $\frac{3}{4}\frac{P_0V_0}{R}$

A. 2

sol. If $V_1 = V_0 \Rightarrow P_1 = P_0\left[1-\frac{1}{2}\right] = \frac{P_0}{2}$

If $V_2 = 2V_0 \Rightarrow P_2 = P_0\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{4}\right)\right] = \left(\frac{7P_0}{8}\right)$

$\left(T = \frac{PV}{nR}\right) \Rightarrow \Delta T = \left|\frac{P_1V_1}{nR} - \frac{P_2V_2}{nR}\right|$

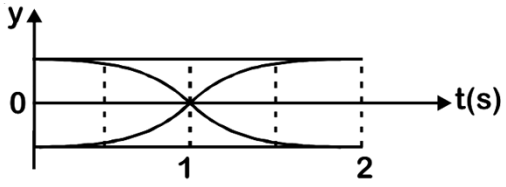
$\Delta T = \left|\left(\frac{1}{nR}\right)(P_1V_1 - P_2V_2)\right| = \left(\frac{1}{nR}\right)\left|\frac{P_0V_0}{2} - \frac{7P_0V_0}{4}\right|$

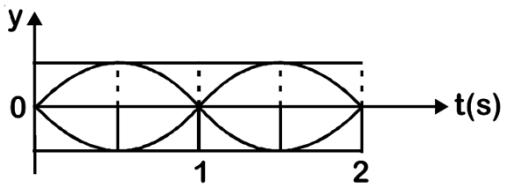
$= \frac{5P_0V_0}{4nR}$

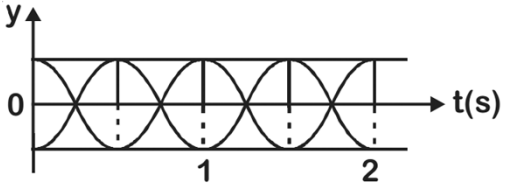
Waves on a String

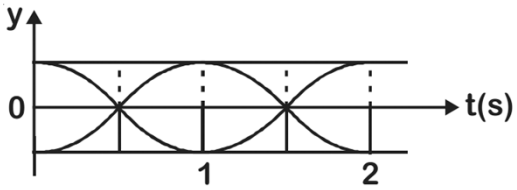
2. The correct figure that shows, schematically, the wave pattern produced by superposition of two waves of frequencies 9 Hz and 11 Hz, is :

11 Hz तथा 9 Hz आवृत्ति की दो तरंगों के अध्यारोपण को निम्न में कौन चित्र योजनाबद्ध तरीके से सही दर्शाता है?

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 

A. 3

sol. Beat frequency = $|f_1 - f_2| = 11 - 9 = 2$ Hz

Gravitation

3. A spaceship orbits around a planet at a height of 20 km from its surface. Assuming that only gravitational field of the planet acts on the spaceship, what will be the number of complete revolutions made by the spaceship in 24 hours around the planet?

[Given: Mass of planet = 8×10^{22} kg, Radius of planet = 2×10^6 m, Gravitational constant G = 6.67×10^{-11} Nm^2/kg^2]

एक ग्रह की सतह से 20 km ऊँचाई पर एक अंतरिक्षयान ग्रह के परितः कक्षा में घूम रहा है। यदि यान पर सिर्फ ग्रह का गुरूत्वीय क्षेत्र प्रभावी है तो यान द्वारा 24 hrs में लगाये गये पूरे चक्करों की संख्या का मान होगा :

[दिया है, ग्रह का द्रव्यमान = 8×10^{22} kg, ग्रह की त्रिज्या = 2×10^6 m, गुरूत्वीय नियतांक G = 6.67×10^{-11} Nm^2/kg^2]

(1) 17 (2) 13 (3) 11 (4) 9

A. 3

sol. $T = \frac{2\pi r}{v}, v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

$$T = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(202)^3 \times 10^{12}}{6.67 \times 10^{-11} \times 8 \times 10^{22}}}\,\text{sec}$$

$T = 7812.2$ s

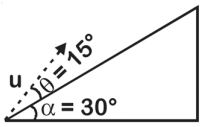
$T \simeq 2.17\text{hr} \Rightarrow 11$ revolvtions

Kinematics

4. A plane is inclined at an angle $\alpha = 30°$ with respect to the horizontal. A particle is projected with a speed u = 2 ms^{-1}, from the base of the plane, making an angle $\theta = 15°$ with respect to the plane as shown in the figure. The distance from the base, at which the particle hits the plane is close to : (Take g = 10 ms^{-2})

एक समतल क्षैतिज से $\alpha = 30°$ का कोण बनाता है। एक कण को इस समतल के आधार से गति u = 2 ms^{-1} से समतल से $\theta = 15°$ के कोण पर चित्रानुसार प्रक्षेपित किया जाता है। उस बिन्दु, जहाँ कण समतल पर गिरता है, की आधार से दूरी का सन्निकट मान होगा:

($g = 10\ ms^{-2}$ लीजिए।)

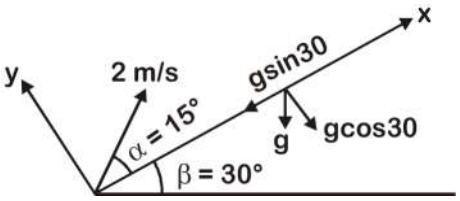


(1) 18 cm (2) 20 cm (3) 14 cm (4) 26 cm

A. 2

sol. $\text{Time of flight } (T) = \dfrac{2u\sin\alpha}{g\cos\beta}$

$$T = \frac{(2)(2\sin 15)}{g\cos 30} = \frac{4}{10}\frac{\sin 15}{\cos 30}$$



$$\text{Range } (R) = (2\cos 15)T - \frac{1}{2}g\sin 30(T)^2$$

$$= (2\cos 15)\frac{4}{10}\frac{\sin 15}{\cos 30} - \left(\frac{1}{3}\times 10\sin 30\right)\frac{16}{100}\frac{\sin^2 15}{\cos^2 30}$$

$$= \frac{16\sqrt{3}-16}{60} \simeq 0.1952\text{m} \simeq 20\ \text{cm}$$

NLM

5. A bullet of mass 20 g has an initial speed of 1 ms^{-1}, just before it starts penetrating a mud wall of thickness 20 cm. If the wall offers a mean resistance of 2.5×10^{-2} N, the speed of the bullet after emerging from the other side of the wall is close to :

20 cm मोटाई की मिट्टी की दीवार भेदने से ठीक पहले 20 g द्रव्यमान की एक गोली की चाल 1 ms^{-1} है। यदि दीवार 2.5×10^{-2} N का औसत अवरोध लगाती है, तो दीवार के दूसरे तरफ से निर्गत गोली की चाल का सन्निकट मान होगा :

(1) 0.4 ms^{-1} (2) 0.7 ms^{-1} (3) 0.3 ms^{-1} (4) 0.1 ms^{-1}

A. 2

sol. $v^2 = u^2 - 2aS$

$$v^2 = (1)^2 - (2)\left[\frac{2.5\times 10^{-2}}{20\times 10^{-3}}\right]\frac{20}{100}$$

$$v^2 = 1 - \frac{1}{2}$$

$\Rightarrow \quad v = \frac{1}{\sqrt{2}} m/s = 0.7\, m/s$

Rotation

6. The time dependence of the position of a particle of mass m = 2 is given by $\vec{r}(t) = 2t\hat{i} - 3t^2\hat{j}$. Its angular momentum, with respect to the origin, at time t = 2 is :

द्रव्यमान m = 2 के एक कण की स्थिति, समय (t) के अनुसार, $\vec{r}(t) = 2t\hat{i} - 3t^2\hat{j}$ है। इस कण का मूल बिन्दु के सापेक्ष t = 2 पर कोणीय संवेग होगा :

(1) $-34(\hat{k} - \hat{i})$ (2) $48(\hat{i} + \hat{j})$ (3) $36\hat{k}$ (4) $-48\hat{k}$

A. 4

sol. $\vec{r} = 2t\hat{i} - 3t^2\hat{j}$

$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = 2\hat{i} - 6t\hat{j}$

$\vec{a} = \frac{\overline{dv}}{dt} = -6\hat{j}$

$\vec{F} = m\vec{a} = -12\hat{j}$

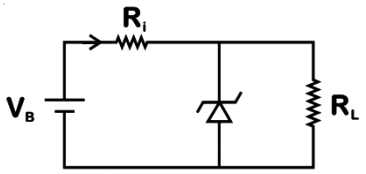
$\vec{r}(\text{at } t = 2) = 4\hat{i} - 12\hat{j}$

$\vec{L} = m(\vec{r} \times \vec{v}) = 2(4\hat{i} - 12\hat{j}) \times (2\hat{i} - 12\hat{j}) = -48\hat{k}$

Semiconductors

7. The figure represents a voltage regulator circuit using a Zener diode. The breakdown voltage of the Zener diode is 6 V and the load resistance is, $R_L = 4\,k\Omega$. The series resistance of the circuit is $R_i = 1\,k\Omega$. If the battery voltage V_B varies from 8 V to 16 V, what are the minimum and maximum values of the current through Zener diode?

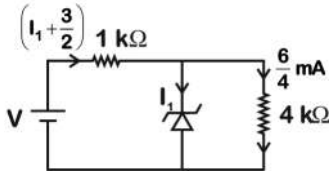
चित्र में ज़ेनर डायोड से बनाया हुआ वोल्टेज नियंत्रण परिपथ दिखाया गया है। ज़ेनर डायोड की भंजन वोल्टता 6 V तथा लोड प्रतिरोध $R_L = 4\,k\Omega$ है। श्रेणी प्रतिरोध $R_i = 1\,k\Omega$ है। यदि सेल का विभव V_B, 8 V से 16 V के बीच बदलता है तो ज़ेनर डायोड की धारा के न्यूनतम तथा अधिकतम मान क्या होंगे?



(1) 0.5 mA; 6 mA (2) 0.5 mA; 8.5 mA (3) 1.5 mA; 8.5 mA (4) 1 mA; 8.5 mA

A. 2

sol.



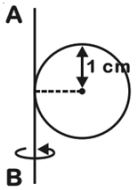
$$I_1 = \left(8-6-\frac{3}{2}\right) = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ mA}$$

$$I_2 = \left(16-6-\frac{3}{2}\right) = 8.5 \text{ mA}$$

Rotation

8. A metal coin of mass 5 g and radius 1 cm is fixed to a thin stick AB of negligible mass as shown in the figure. The system is initially at rest. The constant torque, that will make the system rotate about AB at 25 rotations per second in 5 s, is closed to :

5 g द्रव्यमान तथा 1 cm त्रिज्या के धातु के एक सिक्के को एक पतली नगण्य द्रव्यमान की छड़ AB से चित्रानुसार जोड़ा जाता है। यह निकाय आरम्भ में स्थिरावस्था में है। इसे AB के परितः 5 s तक 25 चक्कर प्रति सेकण्ड की गति से घुमाने के लिए नियत बल आघूर्ण का सन्निकट मान होगा :



(1) 4.0×10^{-6} Nm (2) 7.9×10^{-6} Nm (3) 2.0×10^{-5} Nm (4) 1.6×10^{-5} Nm

A. 3

sol. $\omega = \omega_0 = \alpha t$

$\Rightarrow 25 \times 2\pi = (\alpha)5$

$\alpha = 10\pi$

$\tau = I\alpha$

$$\Rightarrow \tau = \left(\frac{5}{4}mR^2\right)\alpha$$

$$\approx \left(\frac{5}{4}\right)(5\times10^{-3})(10^{-4})10\pi$$

$= 2.0 \times 10^{-5}$ Nm

Wave Optics

9. In a Young's double slit experiment, the ratio of the slit's width is 4 : 1. The ratio of the intensity of maxima to minima, close to the central fringe on the screen, will be :

यंग के एक द्विझिरी प्रयोग में स्लिट की चौड़ाइयों का अनुपात 4 : 1 है। स्क्रीन पर केन्द्रीय फ्रिन्ज के निकट देखी गयी उच्चतम तथा न्यूनतम प्रकाश तीव्रता का अनुपात होगा :

(1) $\left(\sqrt{3}+1\right)^4 : 16$ (2) 4 : 1 (3) 25 : 9 (4) 9 : 1

A. 4

sol. $I_1 = 4I_0$

$I_2 = I_0$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{\left(\sqrt{I_1}+\sqrt{I_2}\right)^2}{\left(\sqrt{I_1}-\sqrt{I_2}\right)^2} = \left(\frac{9}{1}\right)$$

Nuclear Physics

10. Two radioactive substances A and B have decay constants 5λ and λ respectively. At t = 0, a sample has the same number of the two nuclei. The time taken for the ratio of the number of nuclei to become $\left(\frac{1}{e}\right)^2$ will be :

दो रेडियोधर्मी पदार्थों A तथा B के क्षय नियतांक, क्रमशः, 5λ तथा λ हैं। t = 0 पर एक नमूने में इन दो नाभिकों की बराबर संख्या है। नाभिकों की संख्या का अनुपात $\left(\frac{1}{e}\right)^2$ होने में लगे समय का मान होगा :

(1) $\frac{1}{2\lambda}$ (2) $\frac{1}{4\lambda}$ (3) $\frac{1}{\lambda}$ (4) $\frac{2}{\lambda}$

A. 1

sol. $N_x(\text{at } t) = N_0 e^{-5\lambda t}$

$N_y(\text{at } t) = N_0 e^{-\lambda t}$

$$\frac{N_x}{N_y} = \frac{1}{e^2} = e^{-4\lambda t}$$

$\Rightarrow 4\lambda t = 2$

$$\Rightarrow t = \frac{2}{4\lambda} = \left(\frac{1}{2\lambda}\right)$$

Fluid Mechanics

11. A cubical block of side 0.5 m floats on water with 30% of its volume under water. What is the maximum weight that can be put on the block without fully submerging it under water? [Take, density of water = 10^3 kg/m^3]

0.5 m भुजा लम्बाई का एक घनाकार गुटका पानी में तैरता है जिससे उसका 30% आयतन पानी में डूबा है। इस गुटके के ऊपर अधिकतम कितना भार, गुटके को बिना पूरी तरह डुबाये, रखा जा सकता है? [दिया है : पानी का घनत्व = 10^3 kg/m^3]

(1) 30.1 kg (2) 46.3 kg (3) 87.5 kg (4) 65.4 kg

A. 3

sol. Given $(50)^3 \times \frac{30}{100} \times (1) \times g = M_{cube}g$ .....(i)

Let m mass should be placed

Hence $(50)^3 \times (1) \times g = (M_{cube} + m)g$ .....(ii)

equation (ii) – equation (i)

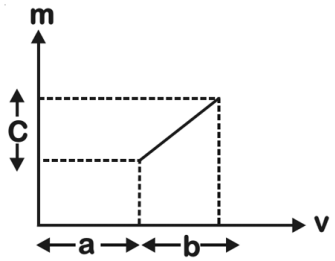
$\Rightarrow$ $mg = (50)^3 \times g(1 - 0.3) = 125 \times 0.7 \times 10^3$ g

$\Rightarrow$ m = 87.5 kg

Geometrical Optics

12. The graph shows how the magnification m produced by a thin lens varies with image distance v. What is the focal length of the lens used?

दिये गये ग्राफ में एक पतले लेंस के आवर्धन m को प्रतिबिम्ब की दूरी v के साथ दर्शाया गया है। इस लेंस की फोकस दूरी क्या होगी?



(1) $\frac{b^2}{ac}$ (2) $\frac{b^2c}{a}$ (3) $\frac{a}{c}$ (4) $\frac{b}{c}$

A. 4

sol. As the graph between magnification (m) and image distance (v) varies linearly, then

$m = k_1 v + k_2$

$\Rightarrow \frac{v}{u} = k_1 v + k_2$

$\Rightarrow \frac{1}{u} = k_1 + \frac{k_2}{v}$

$\Rightarrow \frac{k_2}{v} - \frac{1}{u} = k_1$

Clearly, $k_1 = \frac{1}{f}$ and $k_2 = 1$ here

$\therefore \quad f = \frac{1}{\text{slope of } m - v \text{ graph}} = \frac{b}{c}$

Atomic Structure

13. In Li^{++}, electron in first Bohr orbit is excited to a level by a radiation of wavelength λ. When the ion gets deexcited to the ground state in all possible ways (including intermediateemissions), a total of six spectral lines are observed. What is the value of λ ? (Given: $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js; $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1})

Li^{++} आयन में इलेक्ट्रॉन को उसकी प्रथम बोहर कक्षा से λ तरंगदैर्ध्य के विकिरण से एक ऊँची कक्षा में उत्तेजित कर दिया जाता है। जब यह आयन अपनी न्यूनतम ऊर्जा अवस्था में सभी संभव तरीकों (मध्यवर्ती उत्सर्जनों को मिलाकर) से आता है तो कुल 6 स्पेक्ट्रल लाइनें पायी जाती हैं। λ का मान क्या होगा ? (दिया है : $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js; $c = 3 \times 10^8$ ms^{-1})

(1) 11.4 nm (2) 12.3 nm (3) 9.4 nm (4) 10.8 nm

A. 4

sol. $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$

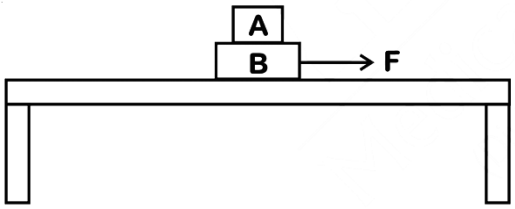
$= (13.4)(3)^2\left[1-\frac{1}{16}\right]eV$

$\Rightarrow \lambda = \frac{1242\times16}{(13.4)\times(9)(15)}nm \simeq 10.8\ nm$

Friction

14. Two blocks A and B of masses m_A = 1 kg and m_B = 3 kg are kept on the table as shown in figure. The coefficient of friction between A and B is 0.2 and between B and the surface of the table is also 0.2. The maximum force F that can be applied on B horizontally, so that the block A does not slide over the block B is: [Take g = 10 m/s^2]

द्रव्यमान m_A = 1 kg तथा m_B = 3 kg के दो गुटकों, A तथा B, को चित्रानुसार एक मेज पर रखा गया है। A तथा B के बीच घर्षण गुणांक 0.2 एवं B तथा मेज के बीच भी घर्षण गुणांक 0.2 है। गुटके B पर लगाये गये क्षैतिज बल F का अधिकतम मान, जिससे गुटका A गुटका B के ऊपर नहीं फिसले, होगा : [दिया है, g = 10 m/s^2]



(1) 40 N (2) 12 N (3) 16 N (4) 8 N

A. 3

sol. $a_c = \left(\frac{F-f}{M+m}\right)$

$a = \frac{F-(0.2)4\times10}{4} = \left(\frac{F-8}{4}\right)$

We have $\frac{F-8}{4} \le (0.2)10$

$\Rightarrow F - 8 \le 8$

$\Rightarrow F \le 16$

Electrostatics

15. In free space, a particle A of charge 1 μC is held fixed at a point P. Another particle B of the same charge and mass 4 μg is kept at a distance of 1 mm from P. If B is released, then its velocity at a distance of 9 mm from P is : $\left[\text{Take}\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9\times10^9\ Nm^2C^{-2}\right]$

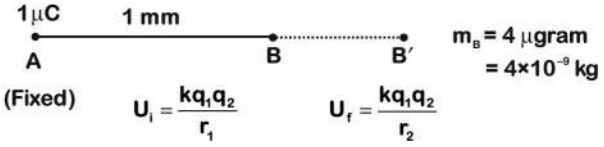
निर्वात में एक 1 μC आवेश के एक कण A को बिन्दु P पर दृढ़ रखा है। उसी आवेश तथा 4 μg द्रव्यमान के दूसरे कण B को P से 1 mm दूरी पर रखा है। B को छोड़ने पर P से 9 mm दूरी पर उसकी गति का मान होगा :

$\left[\text{दिया है} \frac{1}{4\pi \in_0} = 9\times10^9\,\text{Nm}^2\text{C}^{-2}\right]$

(1) 2.0×10^3 m/s (2) 3.0×10^4 m/s (3) 1.5×10^2 m/s (4) 1.0 m/s

A. Bonus

sol.



Conservation of energy

$$\frac{kq_1q_2}{r_1} = \frac{kq_1q_2}{r_2} + \frac{1}{2}mv^2$$

$$v^2 = \frac{2kq_1q_2}{m}\left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right]$$

$$= \frac{2\times9\times10^9\times10^{-12}}{4\times10^{-9}\times10^{-3}}\left[1-\frac{1}{9}\right] = 4\times10^9$$

$v = \sqrt{40} \times 10^4$ m/s $= 6.32 \times 10^4$ m/s

Fluid Mechanics

16. Water from a tap emerges vertically downwards with an initial speed of 1.0 ms^{-1}. The cross-sectional area of the tap is 10^{-4} m^2. Assume that the pressure is constant throughout the stream of water and that the flow is streamlined. The cross-sectional area of stream, 0.15 m below the tap would be: (Take g = 10 ms^{-2})

एक नल से पानी ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर 1.0 ms^{-1} की आरम्भिक गति से निकलता है। नल के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 10^{-4} m^2 है। पानी की धारा में दाब को नियत तथा बहाव को धारारेखीय मानिये। नल से 0.15 m नीचे धारा का अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल होगा: (g = 10 ms^{-2} लीजिए)

(1) 1×10^{-5} m^2 (2) 5×10^{-5} m^2 (3) 5×10^{-4} m^2 (4) 2×10^{-5} m^2

A. 2

sol. Using Bernoullie's equation $v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh}$

Equation of continuity

$A_1V_1 = A_2V_2$

$$(1\text{ cm}^2)(1\text{m/s}) = (A_2)\left(\sqrt{(1)^2 + 2\times10\times\frac{15}{100}}\right)$$

$$\Rightarrow \quad A_2(\ln\text{cm}^2) = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \quad A_2 = 5\times10^{-5}\,\text{m}^2$$

KTG & Thermodynamics

17. When heat Q is supplied to a diatomic gas of rigid molecules, at constant volume its temperature increases by ΔT. The heat required to produce the same change in temperature, at a constant pressure is:

दृढ़ अणुओं वाली एक द्विपरमाणुक गैस को जब Q ऊष्मा नियत आयतन पर दी जाती है तो उसके तापमान में ΔT की वृद्धि होती है। इसी तापमान वृद्धि को नियत दाब पर सुनिश्चित करने के लिये आवश्यक ऊष्मा होगी :

(1) $\frac{3}{2}Q$ (2) $\frac{2}{3}Q$ (3) $\frac{7}{5}Q$ (4) $\frac{5}{3}Q$

A. 3

sol. Heat supplied at constant volume

$Q = nC_V\Delta T$

and heat supplied at constant pressure

$Q_1 = nC_p\Delta T$

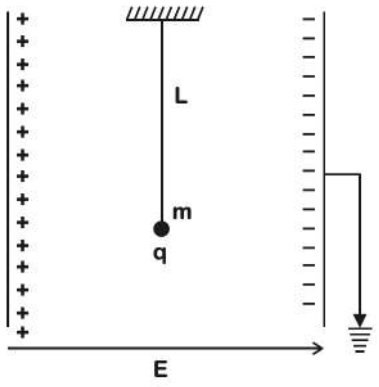
$\therefore \quad \frac{Q_1}{Q} = \frac{C_p}{C_v}$

$\Rightarrow \quad Q_1 = (Q)\left(\frac{7}{5}\right)$

Electrostatics

18. A simple pendulum of length L is placed between the plates of a parallel plate capacitor having electric field E, as shown in figure. Its bob has mass m and charge q. The time period of the pendulum is given by:

L लम्बाई के एक सरल दोलक को चित्रानुसार एक समान्तर प्लेट संधारित्र के मध्य, जिसमें विद्युत क्षेत्र E है, में रखा है। इसके लोलक का द्रव्यमान m तथा आवेश q है। इस दोलक का आवर्तकाल होगा :



(1) $2\pi\sqrt{\frac{L}{\left(g-\frac{qE}{m}\right)}}$ (2) $2\pi\sqrt{\frac{L}{\left(g+\frac{qE}{m}\right)}}$

(3) $2\pi\sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2+\left(\frac{qE}{m}\right)^2}}}$ (4) $2\pi\sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2-\frac{q^2E^2}{m^2}}}}$

A. 3

sol. $t = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_{eff}}}$

$\Rightarrow \; g_{eff} = \sqrt{g^2 + \left(\frac{qE}{m}\right)^2}$

$\Rightarrow \; t = 2\pi\sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 + \left(\frac{qE}{m}\right)^2}}}$

Sound Waves

19. A source of sound S is moving with a velocity of 50 m/s towards a stationary observer. The observer measures the frequency of the source as 1000 Hz. What will be the apparent frequency of the source when it is moving away from the observer after crosssing him? (Take velocity of sound in air is 350 m/s)

एक ध्वनि स्त्रोत S 50 m/s की गति से एक स्थिर श्रोता की तरफ बढ़ रहा है। श्रोता को ध्वनि की आवृत्ति 1000 Hz सुनाई देती है। जब स्त्रोत उसी गति से श्रोता को पार करके उससे दूर जाता है तो श्रोता द्वारा सुनी गयी ध्वनि की आवृत्ति का मान होगा :

(माना वायु में ध्वनि की गति = 350 m/s)

(1) 857 Hz (2) 1143 Hz (3) 807 Hz (4) 750 Hz

A. 4

sol. $f_{app} = f_{act}\left(\frac{V \pm V_0}{V \mp V_s}\right)$

$1000 = f_{act}\left(\frac{350-0}{350+(-50)}\right)$ and $f' = f_{act}\left(\frac{350}{350+50}\right)$

$\Rightarrow \quad f_{act}\frac{1000\times 300}{400}$

$f_{act} \approx 750Hz$

Dual Nature of Radiation & Matter

20. A 2 mW laser operates at a wavelength of 500 nm. The number of photons that will be emitted per second is:

[Given Planck's constant $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js, speed of light $c = 3.0 \times 10^8$ m/s]

एक 2 mW लेज़र की तरंगदैर्ध्य 500 nm है। इससे निकलने वाले प्रति सेकण्ड फोटॉनों की संख्या होगी :

[दिया है, प्लांक नियतांक $h = 6.6 \times 10^{-34}$ Js, प्रकाश की चाल $c = 3.0 \times 10^8$ m/s]

(1) 2×10^{16} (2) 1.5×10^{16} (3) 1×10^{16} (4) 5×10^{15}

A. 4

sol. $E = \frac{hc}{\lambda}$

Let no. of photons per sec. is N

$\Rightarrow N\frac{hc}{\lambda} = 2mW$

$\Rightarrow N = \frac{2\times\lambda}{hC} = \frac{2\times5000\times10^{-3}}{12420\times1.6\times10^{-19}}$

$N = 5 \times 10^{15}$

Current Electricity

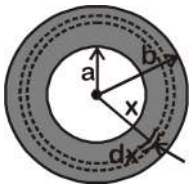
21. Space between two concentric conducting spheres of radii a and b (b > a) is filled with a medium of resistivity ρ. The resistance between the two spheres will be:

त्रिज्याओं a तथा b (b > a) के दो समकेन्द्रीय चालक गोलों के बीच एक ρ प्रतिरोधकता का पदार्थ भर दिया जाता है। इन गोलों के बीच प्रतिरोध का मान होगा :

(1) $\frac{\rho}{4\pi}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right)$ (2) $\frac{\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right)$ (3) $\frac{\rho}{2\pi}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)$ (4) $\frac{\rho}{4\pi}\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)$

A. 1

sol.



$dR = \frac{(\rho)(dx)}{4\pi x^2}$

$R = \int dR$

$= \left(\frac{\rho}{4\pi}\right)\int_a^b \frac{dx}{x^2}$

$= \left(\frac{\rho}{4\pi}\right)\cdot\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{b}\right)$

Elasticity

22. In an experiment, brass and steel wires of length 1 m each with areas of cross section 1 mm^2 are used. The wires are connected in series and one end of the combined wire is connected to a rigid support and other end is subjected to elongation. The stress required to produce a net elongation of 0.2 mm is,

[Given, the Young's Modulus for steel and brass are, respectively, 120×10^9 N/m^2 and 60×10^9 N/m^2]

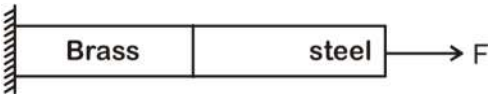
एक प्रयोग में, पीतल तथा स्टील के दो तारों का प्रयोग किया गया है जिनमें प्रत्येक की लम्बाई 1 m तथा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 1 mm^2 हैं। इन तारों को श्रेणीक्रम में जोड़ते हैं तथा संयुक्त तार के एक सिरे को दृढ़ स्तम्भ से जोड़ते हैं एवं दूसरे सिरे को खींचा जाता है। 0.2 mm की कुल वृद्धि के लिये प्रतिबल का मान होगा :

[दिया है, स्टील तथा पीतल के यंग प्रत्यास्थता गुणांक, क्रमशः 120×10^9 N/m^2 तथा 60×10^9 N/m^2 हैं]

(1) 1.8×10^6 N/m^2 (2) 1.2×10^6 N/m^2 (3) 4.0×10^6 N/m^2 (4) 0.2×10^6 N/m^2

A. Bonus

sol.



Corresponding to the stress (σ)

Total elongation $\Delta l_{net} = \frac{\sigma L_1}{Y_1} + \frac{\sigma L_2}{Y_2}$

$$\sigma = \Delta l\left(\frac{Y_1 Y_2}{Y_1 + Y_2}\right)$$

$$= 0.2\times10^{-3} \times \left(\frac{120\times 60}{180}\right)\times 10^9$$

$$= 8\times10^6 \frac{N}{m^2}$$ (Answer is not matching)

EMI

23. A coil of self inductance 10 mH and resistance 0.1 Ω is connected through a switch to a battery of internal resistance 0.9 Ω. After the switch is closed, the time taken for the current to attain 80% of the saturation value is: [take ln5 = 1.6]

10 mH स्वप्रेरकत्व एवं 0.1 Ω प्रतिरोध की एक कुंडली को एक कुंजी के साथ एक 0.9 Ω आंतरिक प्रतिरोध के सेल से जोड़ते हैं। कुंजी को बंद करने के पश्चात् इस परिपथ में धारा का मान संतृप्त धारा के 80% होने में लगा समय होगा : [दिया है : ln5 = 1.6]

(1) 0.002 s (2) 0.324 s (3) 0.103 s (4) 0.016 s

A. 4

sol. $I = I_{sat}\left(1 - e^{\frac{Rt}{L}}\right)$ Here $R = R_L = r = 1\Omega$

$$0.8I_{sat} - I_{sat}\left(1 - e^{-\frac{t}{.01}}\right)$$

$$\Rightarrow \quad \frac{4}{5} = 1 - e^{-100t}$$

$$\Rightarrow \quad e^{-100t} = \left(\frac{1}{5}\right)$$

$$\Rightarrow \quad 100t = \ln 5$$

$$\Rightarrow \quad t = \frac{1}{100}\ln 5$$

$$= 0.016 \text{ sec}$$

Magnetic Field & Force

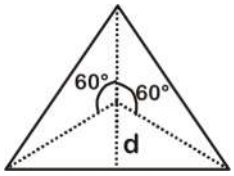
24. The magnitude of the magnetic field at the center of an equilateral triangular loop of side 1 m which is carrying a current of 10 A is: [Take $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ NA^{-2}$]

1 m भुजा वाले एक समबाहु त्रिभुजाकार वलय में 10 A धारा प्रवाहित होती है। इसके केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र के परिमाण का मान होगा : [$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ NA^{-2}$ लीजिए]

(1) 18 μT (2) 1 μT (3) 3 μT (4) 9 μT

A. 1

sol.



$$d = \left(\frac{1}{3}\right)(a\sin 60)$$

$$d = \frac{a}{3}\times\frac{\sqrt{3}}{2} = \left(\frac{a}{2\sqrt{3}}\right)$$

$$B_0 = 3\left[\frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\sin 60 + \sin 60)\right]$$

$$= \frac{3\mu_0 I}{4\pi\left(\frac{a}{2\sqrt{3}}\right)}$$

$$= \frac{9}{2}\left(\frac{\mu_0 I}{\pi a}\right)$$

$$= \frac{9\times 2\times 10^{-7}\times 10}{1}$$

$$= 18\mu T$$

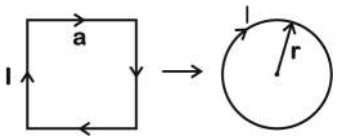
Magnetic Field & Force

25. A square loop is carrying a steady current I and the magnitude of its magnetic dipole moment is m. If this square loop is changed to a circular loop and it carries the same current, the magnitude of the magnetic dipole moment of circular loop will be :

एक वर्गाकार वलय में धारा I प्रवाहित करने पर इसके चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण का परिमाण m होता है। यदि इस वर्गाकार वलय को मोड़कर एक वृत्ताकार वलय में परिवर्तित किया जाये और उसमें वही धारा प्रवाहित की जाए तो इस वृत्ताकार वलय के चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण का परिमाण होगा :

(1) $\frac{2m}{\pi}$ (2) $\frac{4m}{\pi}$ (3) $\frac{m}{\pi}$ (4) $\frac{3m}{\pi}$

A. 2

Sol. 

$2\pi r = 4a \quad \Rightarrow \quad r = \left(\frac{2a}{\pi}\right)$

$m = (I)\, a^2$

$m_1 = (I)\, \pi r^2$

$m_1 = (I)(\pi)\left(\frac{4a^2}{\pi^2}\right)$

$m_1 = \frac{4Ia^2}{\pi}$

$m_1 = \frac{4m}{\pi}$

Fluid Mechanics

26. A submarine experiences a pressure of 5.05×10^6 Pa at a depth of d_1 in a sea. When it goes further to a depth of d_2, it experiences a pressure of 8.08×10^6 Pa. Then $d_2 - d_1$ is approximately (density of water = 10^3 kg/m^3 and acceleration due to gravity = 10 ms^{-2}) :

समुद्र में d_1 गहराई पर एक पनडुब्बी 5.05×10^6 Pa का दाब अनुभव करती है। जब यह पनडुब्बी और गहराई d_2 पर जाती है, तो 8.08×10^6 Pa का दाब अनुभव करती है, तब $d_2 - d_1$ का निकटतम मान होगा

(दिया है : पानी का घनत्व = 10^3 kg/m^3 तथा गुरूत्वीय त्वरण = 10 ms^{-2}) :

(1) 600 m (2) 500 m (3) 300 m (4) 400 m

A. 3

sol. $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g \Delta H$

$3.03 \times 10^6 = 10^3 \times 10 \times \Delta H$

$\Rightarrow \Delta H \simeq 300$ m

Elasticity

27. The elastic limit of brass is 379 MPa. What should be the minimum diameter of a brass rod if it is to support a 400 N load without exceeding its elastic limit?

पीतल की प्रत्यास्थता सीमा 379 MPa है। 400 N बल को बिना प्रत्यास्थता सीमा पार किये सह सकने वाली पीतल की छड़ का न्यूनतम व्यास क्या होगा?

(1) 0.90 mm (2) 1.16 mm (3) 1.00 mm (4) 1.36 mm

A. 2

sol. $\text{Stress} = \frac{400}{\pi r^2} \le 379 \times 10^6\, \text{N/m}^2$

$$\Rightarrow r^2 \geq \frac{400}{379\times10^6\pi}$$

$2r \geq 1.15$ mm

Dual Nature of Radiation & Matter

28. Light is incident normally on a completely absorbing surface with an energy flux of 25 Wcm^{-2}. If the surface has an area of 25 cm^2, the momentum transferred to the surface in 40 min time duration will be :

एक सम्पूर्ण अवशोषक पृष्ठ पर 25 Wcm^{-2} ऊर्जा प्रवाह (flux) का प्रकाश लम्बवत् आपतित होता है। यदि पृष्ठ का क्षेत्रफल 25 cm^2 है तो 40 min समयान्तराल में उस पर हुआ संवेग अंतरण (transfer) होगा :

(1) 3.5×10^{-6} Ns (2) 6.3×10^{-4} Ns (3) 5.0×10^{-3} Ns (4) 1.4×10^{-6} Ns

A. 3

sol. $P = \frac{\Delta E}{C}$

$= \frac{(25\times25)\times40\times60}{3\times10^8}$ N-s

$= 5 \times 10^{-3}$ N-s

Rotation

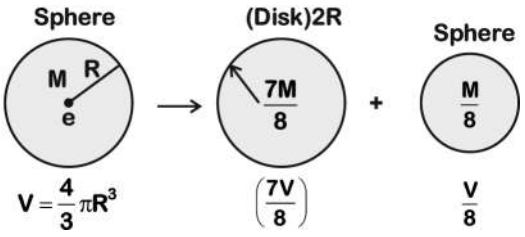
29. A solid sphere of mass M and radius R is divided into two unequal parts. The first part has a mass of $\frac{7M}{8}$ and is converted into a uniform disc of radius 2R. The second part is converted into a uniform solid sphere. Let I_1 be the moment of inertia of the disc about its axis and I_2 be the moment of inertia of the new sphere about its axis. The ratio I_1/I_2 is given by :

द्रव्यमान M तथा त्रिज्या R के एक ठोस गोले को दो असमान हिस्सों में बाँटा जाता है। $\frac{7M}{8}$ द्रव्यमान के पहले हिस्से को एक 2R त्रिज्या की एकसमान डिस्क में बदला जाता है। बचे हुये हिस्से से एक एकसमान ठोस गोला बनाया जाता है। मानाकि I_1 डिस्क का उसकी अक्ष के परितः जड़त्व आघूर्ण है तथा I_2 नये गोले का उसके अक्ष के परितः जड़त्व आघूर्ण है। अनुपात I_1/I_2 होगा :

(1) 140 (2) 185 (3) 285 (4) 65

A. 1

sol.



$$I_1 = \left(\frac{7M}{8}\right)(2R)^2\frac{1}{2} = \frac{14}{8}MR^2$$

$$I_2 = \frac{2}{5}\left(\frac{M}{8}\right)r^2$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{2}{5}\left(\frac{M}{8}\right)\left(\frac{R^2}{4}\right) = \frac{MR^2}{80}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{14\times 80}{(8)} = 140$$

$$\left[\begin{array}{l}\text{We have}\\ \frac{4}{3}\pi r^3\rho = \frac{M}{8}\\ \Rightarrow\ r = \left(\frac{R}{2}\right)\end{array}\right]$$

Units & Dimensions

30. In the formula $X = 5YZ^2$, X and Z have dimensions of capacitance and magnetic field, respectively. What are the dimensions of Y in SI units ?

सूत्र $X = 5YZ^2$ में X तथा Z की विमायें, क्रमशः, धारिता तथा चुम्बकीय क्षेत्र हैं। SI इकाई में Y की विमा क्या होगी?

(1) $[M^{-2}L^{-2}T^6A^3]$ (2) $[M^{-1}L^{-2}T^4A^2]$ (3) $[M^{-2}L^0T^{-4}A^{-2}]$ (4) $[M^{-3}L^{-2}T^8A^4]$

A. 4

sol. $X = 5YZ^2$

$$Y \propto \frac{X}{Z^2}$$

$$X = C = \frac{Q^2}{E} = \frac{[A^2T^2]}{[ML^2T^{-2}]}$$

$$X = [M^{-1}L^{-2}T^4A^2]$$

$$Z = B = \frac{F}{IL}$$

$$Z = [MT^{-2}A^{-1}]$$

$$Y = \frac{[M^{-1}L^{-2}T^4A^2]}{[MT^{-2}A^{-1}]^2}$$

$$Y = [M^{-3}L^{-2}T^8A^4]$$