PHYSICS
12 APRIL 2019 [Phase : II]
JEE MAIN PAPER ONLINE

Thermal Expansion

1. A uniform cylindrical rod of length L and radius r, is made from a material whose Young's modulus of Elasticity equals Y. When this rod is heated by temperature T and simultaneously subjected to a net longitudinal compressional force F, its length remains unchanged. The coefficient of volume expansion, of the material of the rod, is (nearly) equal to:
लम्बाई L तथा त्रिज्या r की एक एकसमान बेलनाकार छड़ का यंग प्रत्यास्थता गुणांक Y है। जब इस छड़ का तापमान T से बढ़ाते हैं तथा उस पर कुल अनुदैर्ध्य संपीडन बल F लगाते हैं, तो उसकी लम्बाई अपरिवर्तित रहती है। छड़ के पदार्थ के आयतन प्रसार गुणांक का लगभग मान होगा :
(1) $9F / (\pi r^2 YT)$ (2) $3F / (\pi r^2 YT)$ (3) $F / (3\pi r^2 YT)$ (4) $6F / (\pi r^2 YT)$

A. 2

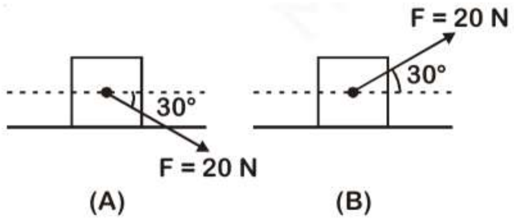
Sol. $Y = \dfrac{FL}{A|\Delta L|}$ & $\Delta L = L \times \alpha \Delta T$

$\alpha = \dfrac{F}{AYT}$

$\gamma = 3\alpha = \dfrac{3F}{\pi r^2 YT}$

Friction

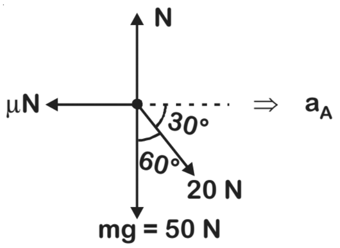
2. A block of mass 5 kg is (i) pushed in case (A) and (ii) pulled in case (B), by a force F = 20 N, making an angle of 30° with the horizontal, as shown in the figures. The coefficient of friction between the block and floor is $\mu = 0.2$. The difference between the accelerations of the block, in case (B) and case (A) will be : ($g = 10\ ms^{-2}$)
5 kg के एक गुटके को क्षैतिज से 30° कोण पर बल F = 20 N से चित्रानुसार (i) दशा (A) में धकेलते हैं तथा (ii) दशा (B) में खींचते हैं। गुटके तथा समतल के बीच घर्षण गुणांक $\mu = 0.2$ है। इन दो दशाओं (B) तथा (A), में गुटके के त्वरणों के अन्तर का मान होगा: ($g = 10\ ms^{-2}$)



(1) $0.4\ ms^{-2}$ (2) $3.2\ ms^{-2}$ (3) $0\ ms^{-2}$ (4) $0.8\ ms^{-2}$

A. 4

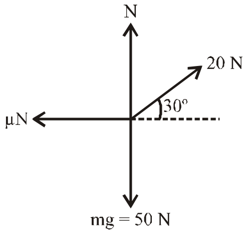
Sol.



N = 60 N
f = 0.2 × 60 = 12 N

$$a_A = \frac{\left(\frac{20\sqrt{3}}{2} - 12\right)}{5} = \frac{5.3}{5} = 1.06\ m/s^2$$

For B



$N = 40\ N$

$$f = 0.2 \times 40 = 8N \Rightarrow \frac{20\sqrt{3}}{2} - 8 = 5a_B$$

$$a_B = \frac{17.3 - 8}{5} = \frac{9.3}{5} = 1.86\,m/s^2$$

$a_B - a_A = 0.8\ m/s^2$

Atomic Structure

3. The electron in a hydrogen atom first jumps from the third excited state to the second excited state and subsequently to the first excited state. The ratio of the respective wavelengths, λ_1/λ_2, of the photons emitted in this process is

एक हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन पहले तीसरी उत्तेजित अवस्था से दूसरी उत्तेजित अवस्था में और तत्पश्चात् दूसरी से प्रथम उत्तेजित अवस्था में जाता है। इन दो संक्रमणों में उत्सर्जित फोटॉनों के संगत तरंगदैर्ध्यों का अनुपात λ_1/λ_2 होगा :

(1) 7/5 (2) 27/5 (3) 9/7 (4) 20/7

A. 4

Sol. $$\frac{1}{\lambda_1} = R\left[\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right] = R\frac{7}{144} \quad ....(i)$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = R\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right] = R\frac{5}{36} \quad ....(ii)$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{5 \times 144}{36 \times 7} = \frac{20}{7}$$

Current Electricity

4. A moving coil galvanometer, having a resistance G, produces full scale deflection when a current I_g flows through it. This galvanometer can be converted into (i) an ammeter of range 0 to $I_0(I_0 > I_g)$ by connecting a shunt resistance R_A to it and (ii) into a voltmeter of range 0 to $V(V = GI_0)$ by connecting a series resistance R_V to it. Then,

प्रतिरोध G के एक चल कुंडली धारामापी में धारा I_g पर पूर्ण विक्षेप पाया जाता है। इस धारामापी को परास 0 से $I_0(I_0 > I_g)$ धारा के अमीटर में एक शंट प्रतिरोध R_A लगाकर परिवर्तित कर सकते हैं। इसी धारामापी को परास 0 से $V(V = GI_0)$ के वोल्टमीटर में एक श्रेणी प्रतिरोध R लगाकर परिवर्तित कर सकते है।

(1) $R_A R_V = G^2$ and $\frac{R_A}{R_V} = \left(\frac{I_g}{I_0 - I_g}\right)^2$ (2) $R_A R_V = G^2\left(\frac{I_g}{I_0 - I_g}\right)$ and $\frac{R_A}{R_V} = \left(\frac{I_0 - I_g}{I_g}\right)^2$

(3) $R_A R_V = G^2$ and $\frac{R_A}{R_V} = \frac{I_g}{(I_0 - I_g)}$ (4) $R_A R_V = G^2\left(\frac{(I_0 - I_g)}{I_g}\right)$ and $\frac{R_A}{R_V} = \left(\frac{I_g}{(I_0 - I_g)}\right)^2$

A. 1

Sol. For voltmeter $V = I_g(R_v + G) = GI_0$ ....(1)

For ammeter $(I_0 - I_g) R_A = I_g G$ ....(2)

From (1), $R_v = \frac{G(I_0 - I_g)}{I_g}$

From (2), $R_A = \frac{I_g G}{I_0 - I_g}$

$\Rightarrow R_A R_V = G^2$

$\frac{R_A}{R_V} = \left(\frac{I_g}{I_0 - I_g}\right)^2$

NLM

5. A spring whose unstretched length is l has a force constant k. The spring is cut into two pieces of unstretched lengths $l_1 = nl_2$ and n is an integer. The ratio k_1/k_2 of the corresponding force constants, k_1 and k_2 will be

एक स्प्रिंग की स्वतंत्र लम्बाई l तथा बल नियतांक k है। इसे काटकर l_1 तथा l_2 स्वतंत्र लम्बाई की दो स्प्रिंगों में बाँटते हैं। $l_1 = nl_2$ है, जहाँ n एक पूर्णांक है। इनसे सम्बद्ध बल नियतांकों k_1 तथा k_2 का अनुपात, k_1/k_2 होगा :

(1) n^2 (2) $\frac{1}{n_2}$ (3) n (4) $\frac{1}{n}$

A. 4

sol. $l_1 = nl_2$

$\because k \propto \frac{1}{l}$

$\therefore \frac{k_1}{k_2} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{n}$

Alternating Current

6. One kg of water at 20°C is heated in an electric kettle whose heating element has a mean (temperature averaged) resistance of 20W.The rms voltage in the mains is 200V. Ignoring heat loss from the kettle time taken for water to evaporate fully, is close to [Specific heat of wate = 4200 J/(kg°C), Latent heat of water = 2260 kJ/ kg]

माध्य प्रतिरोध (तापमान औसत) 20Ω की एक विद्युत केतली में 20°C के 1 kg पानी को उबालते हैं। विद्युत आपूर्ति की rms वोल्टता 200 V है। केतली से ऊष्मा हानि को नगण्य मानते हुए, पानी को पूर्णतया वाष्पित होने में लगभग समय लगेगा :
[पानी की विशिष्ट ऊष्मा = 4200 J/(kg°C), पानी की गुप्त ऊष्मा = 2260 kJ/ kg]

(1) 16 minutes (2) 3 minutes (3) 22 minutes (4) 10 minutes

A. 3

sol. $\Delta Q = 1 \times 4200 \times 80 + 2260 \times 10^3$ J

$= (336 + 2260) \times 10^3$ J $= 2596 \times 10^3$ J ....(1)

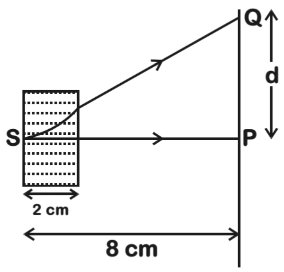
$\Delta Q = I_{rms} V_{rms} t = 200 \times \frac{200}{20} t = 2000t$ ....(2)

$(1) = (2) \Rightarrow t = \frac{2596}{2} s \approx 21.6$ minutes ≈ 22 minutes

Magnetic Field & Force

7. An electron moving along the x axis with an initial energy of 100eV, enters a region of magnetic field $\vec{B} = (1.5\times10^{-3}T)\hat{k}$ at s (See figure). The field extends between x = 0 and x = 2cm. The electron is detected at the point Q on a screen placed 8 cm away from the point Q on a screen placed 8 cm away fromt the point S. The distance d between P and Q (on the screen) is
(electron's charge = 1.6×10^{-19} c, mass of electron = 9.1×10^{-31} kg)

100 eV ऊर्जा का एक इलेक्ट्रॉन जो x–अक्ष के अनुदिश गतिमान है, $\vec{B} = (1.5\times10^{-3}T)\hat{k}$ के चुम्बकीय क्षेत्र में बिन्दु S पर प्रवेश करता है (चित्र देखिये)। चुम्बकीय क्षेत्र x = 0 से x = 2 cm तक विस्तृत है। बिन्दु S से 8 cm दूरी पर स्थित पर्दे पर इलेक्ट्रॉन का संसूचन बिन्दु Q पर होता है। बिन्दु P तथा Q के बीच की दूरी d (पर्दे पर) का मान होगा :
(इलेक्ट्रॉन का आवेश = 1.6×10^{-19} c, इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान = 9.1×10^{-31} kg)

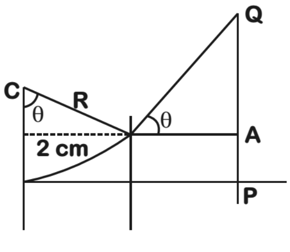


(1) 11.65 cm (2) 12.87 cm (3) 2.25 cm (4) 1.22 cm

A. 2

sol. Radius of path, $R = \frac{mV}{eB} = \frac{\sqrt{2mKE}}{eB}$

$= \frac{\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times100e}}{e\times1.5\times10^{-3}} = \frac{\sqrt{2\times9.1\times10^{-29}}}{\sqrt{1.6\times10^{-19}}\times1.5\times10^{-3}} m$



$= \frac{3.37\times10^{-5}}{1.5\times10^{-3}} \times 100 \text{ cm} = 2.25 \text{ cm}$

$\sin\theta = \frac{2}{2.25} = \frac{8}{9}$

$\tan\theta = \frac{AQ}{6}$

$AQ = \frac{8\times 6}{\sqrt{9^2-8^2}} = 11.64$

$PQ = PA + AQ$

$= 2.25\,[1 - \cos\theta] + 11.64$

$= 1.22 + 11.64 = 12.86$ cm

KTG & Thermodynamics

8. A carnot engine has an efficiency of $\frac{1}{6}$. When the temperature of the sink is reduced by 62°C, its efficiency is doubled. The temperatures of the source and the sink are respectively

एक कार्नो इंजन की क्षमता $\frac{1}{6}$ है। जब ऊष्मा कुण्ड (sink) का तापमान 62°C कम किया जाता है तो क्षमता दोगुनी हो जाती है। ऊष्मा स्त्रोत तथा कुण्ड के, क्रमशः, तापमान होंगे :

(1) 99°C, 37°C (2) 37°C, 99°C (3) 124°C, 62°C (4) 62°C, 124°C

A. 1

sol. For initial $\frac{1}{6} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ $\Rightarrow$ $\frac{T_C}{T_H} = \frac{5}{6}$ ....(i)

for final $\frac{1}{3} = 1 - \frac{(T_C - 62)}{T_H}$ $\Rightarrow$ $\frac{T_C - 62}{T_H} = \frac{2}{3}$

$\frac{T_C - 62}{T_H} = \frac{2\times 6}{3\times 5} = \frac{4}{5}$

$\Rightarrow$ $T_C = 310\text{ K} = 37^\circ C$

$T_H = 372\text{ K} = 99^\circ C$

Sound Waves

9. A small speaker delivers 2 W of audio output At what distance from the speaker will one detect 120 dB intensity sound
[Given reference intensity of sound as 10^{-12} W/m^2]
एक छोटे स्पीकार से 2 W शक्ति की ध्वनि निकलती है। इस स्पीकर से कितनी दूरी पर ध्वनि तीव्रता 120 dB होगी?
[दिया है : ध्वनि की निर्देश (reference) तीव्रता = 10^{-12} W/m^2]

(1) 30 cm (2) 40cm (3) 10cm (4) 20cm

A. 2

sol. $120 = 10\log_{10}\frac{I}{10^{-12}}$

$\Rightarrow$ $\frac{I}{10^{-12}} = 10^{12}$ $\Rightarrow$ $I = 1\text{ W/m}^2$ ....(1)

$I = \frac{2}{4\pi r^2}$ ....(2)

Equate (1) and (2) $\Rightarrow$ $r = \sqrt{\frac{2}{4\pi}} m = 0.399\,m = 40$ cm

Wave Optics - JEE Main

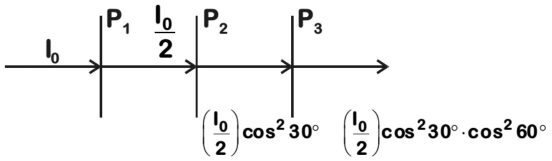
10. A system of three polarizers P_1, P_2, P_3 is set up such that the pass axis of P_3 is crossed with respect to that of P_1. The pass axis of P_2 is inclined at 60° to the pass axis of P_3. When a beam of unpolarized light of intensity I_0 is incident on P_1, the intensity of light transmitted by the three polarizers is I. The ratio (I_0/I) equals (nearly) :

तीन ध्रुवकों P_1, P_2 तथा P_3 को इस तरह रखते हैं कि P_3 की पास–अक्ष P_1 की पास अक्ष से क्रॉसित है। P_2 की पास–अक्ष P_3 की पास–अक्ष से 60° कोण पर है। जब एक I_0 तीव्रता का अध्रुवित प्रकाश किरण पुंज P_1 पर आपतित होता है तो इस तीन ध्रुवकों के समायोजन से I तीव्रता का प्रकाश किरण पुंज निर्गत होता है। अनुपात (I_0/I) का निकटतम मान होगा :

(1) 1.80 (2) 5.33 (3) 10.67 (4) 16.00

A. 3

sol. Angle between pass axes of P_1 and P_2 is 30º.



$$I = \frac{I_0}{2}.\cos^2 30^o.\cos^2 60^o = \frac{I_0}{2} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3I_0}{32}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{I_0}{I} = \frac{32}{3} = 10.67$$

Fluid Mechanics

11. A solid sphere of radius R acquirs a terminal velocity v_1 when falling (due to gravity) through a viscous fluid having a coefficient of viscosity η. The sphere is broken into 27 identical solid spheres. If each of these spheres acquires a terminal velocity, v_2 when falling through the same fluid, the ratio $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)$ equals.

त्रिज्या R के एक ठोस गोले का, श्यानता गुणांक η के एक द्रव में (गुरूत्वीय बल के कारण) सीमान्त वेग v_1 है। यदि इस ठोस गोले को बराबर त्रिज्या के 27 गोलों में बाँटा जाये तो प्रत्येक गोले का सीमान्त वेग इसी द्रव में v_2 पाया जाता है, तो $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)$ का मान होगा :

(1) $\frac{1}{27}$ (2) 9 (3) $\frac{1}{9}$ (4) 27

A. 2

sol. $Vol_i = Vol_f$

$R^3 = 27r^3$

$\Rightarrow \quad R = 3r$

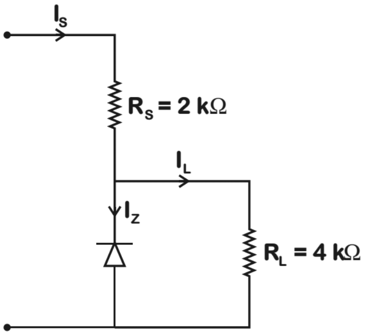
$V \propto radius^2$

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = 9$$

Semiconductors

12. Figure shows a DC voltage regulator circuit with a Zener diode of breakdown voltage = 6 V. If the unregulated input voltage varies between 10 V to 16 V, then what is the maximum Zener current

चित्र में भंजन वोल्टता = 6 V के ज़ेनर डायोड से बनाया विद्युत नियंत्रक परिपथ दिखाया है। यदि अनियंत्रित निवेशित विभव 10 V से 16 V के बीच बदलता है तो ज़ेनर डायोड में अधिकतम धारा का मान होगा :



(1) 7.5 mA (2) 1.5 mA (3) 2.5mA (4) 3.5mA

A.

sol. I_Z is maximum when input voltage is 16 V.

$$I_S = \frac{10}{2\times10^3} = 5\,\text{mA}$$

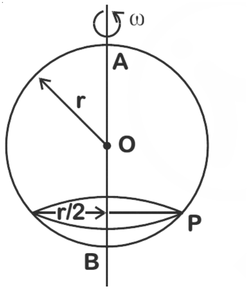
$$I_L = \frac{6}{4\times10^3} = 1.5\,\text{mA}$$

$$I_{Z(max)} = I_S - I_L = 3.5\ \text{mA}$$

Rotation

13. A smooth wire of length $2\pi r$ is bent into a circle and kept in a vertical plane. A bead can slide smoothly on the wire. When the circle is rotating with angular speed ω about the vertical diameter AB, as shown in figure the bead is at rest with repect to the circular ring at position P as shown. Then the value of ω^2 is equal to

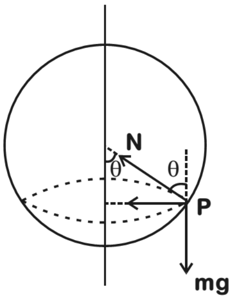
$2\pi r$ लम्बाई के एक घर्षण रहित तार को वृत्त बनाकर ऊर्ध्वाधर समतल में रखा है। एक मणिका (bead) इस तार पर फिसलती है। वृत्त को एक ऊर्ध्वाधर अक्ष AB के परितः चित्रानुसार कोणीय वेग ω से घुमाया जाता है तो वृत्त के सापेक्ष मणिका चित्रानुसार बिन्दु P पर स्थिर पायी जाती है। ω^2 का मान होगा :



(1) $\frac{(g\sqrt{3})}{r}$ (2) $\frac{2g}{r}$ (3) $\frac{2g}{(r\sqrt{3})}$ (4) $\frac{\sqrt{3}g}{2r}$

A.

sol.



$$\sin\theta = \frac{r/2}{r} \Rightarrow \theta = 30^{o}$$

$$N\cos\theta = mg \qquad ....(i)$$

$$N\sin\theta = \frac{m\omega^2 r}{2} \qquad ....(ii)$$

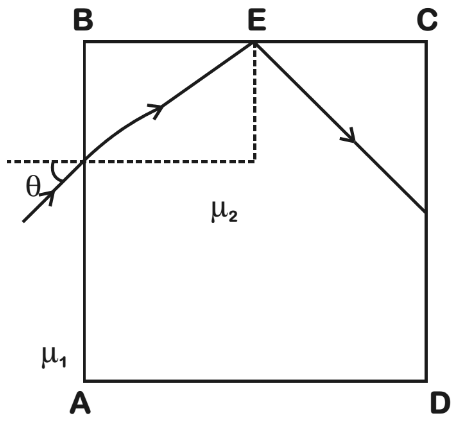
$$\frac{(ii)}{(i)} \Rightarrow \tan\theta = \frac{\omega^2 r}{2g}$$

$$\Rightarrow \qquad \omega^2 = \frac{2g\tan\theta}{r} = \frac{2g}{r\sqrt{3}}$$

Geometrical Optics

14. A transparent cube of side d, made of a material of refractive index μ_2 is immersed in a liquid of refractive index μ_1 ($\mu_1 < \mu_2$). A ray is incident on the face AB at an angle θ(shown in the figure) Total internal reflection takes place at point E on the face BC. Then θ must satisfy

अपवर्तनांक μ_1 के एक द्रव में अपवर्तनांक $\mu_2(\mu_1 < \mu_2)$ के पारदर्शी गुटके को डुबाया जाता है। प्रकाश की एक किरण इस गुटके के पृष्ठ AB पर द्रव से, चित्रानुसार θ कोण पर आपतित होती है। पृष्ठ BC के बिन्दु E पर पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होने के लिए, θ का मान कौनसा सम्बन्ध संतुष्ट करेगा?



(1) $\theta > \sin^{-1}\frac{\mu_1}{\mu_2}$ (2) $\theta < \sin^{-1}\frac{\mu_1}{\mu_2}$ (3) $\theta > \sin^{-1}\sqrt{\frac{\mu_2^2}{\mu_1^2}-1}$ (4) $\theta < \sin^{-1}\sqrt{\frac{\mu_2^2}{\mu_1^2}-1}$

A. 4

sol. $\mu_2 \sin r_1 > \mu_1$

$$\Rightarrow \quad \sin r_1 > \frac{\mu_1}{\mu_2} \qquad \cos r_1 < \frac{\sqrt{\mu_2^2 - \mu_1^2}}{\mu_2} \qquad \text{..........(1)}$$

$$r_1 > \sin^{-1}\left[\frac{\mu_1}{\mu_2}\right]$$

$$\mu_1 \sin\theta = \mu_2 \sin r_2 = \mu_2 \sin(90^\circ - r_1) \qquad (r_1 + r_2 = 90)$$

$$\sin\theta = \frac{\mu_2}{\mu_1}\sin(90^\circ - r_1) = \frac{\mu_2}{\mu_1}\cos r_1$$

$$\Rightarrow \quad \theta < \sin^{-1}\left[\frac{\mu_2}{\mu_1}\frac{\sqrt{\mu_2^2 - \mu_1^2}}{\mu_2}\right] \qquad \text{(from equation (1))}$$

$$\Rightarrow \quad \theta < \sin^{-1}\left[\sqrt{\frac{\mu_2^2}{\mu_1^2} - 1}\right]$$

Kinematics

15. A particle is moving speed $v = b\sqrt{x}$ along positive x axis.Calculate the speed of the particle at time $t = \tau$ (assume that the particle is at origin at $t = 0$)

एक कण चाल $v = b\sqrt{x}$ से धनात्मक x–अक्ष की दिशा में चल रहा है। समय $t = \tau$ पर कण की चाल होगी :
(माना कि $t = 0$ पर कण मूल बिन्दु पर है।)

(1) $b^2\tau$ (2) $\frac{b^2\tau}{4}$ (3) $\frac{b^2\tau}{2}$ (4) $\frac{b^2\tau}{\sqrt{2}}$

A. 3

sol. $v = \frac{dx}{dt} = b\sqrt{x}$ ....(i)

$$\Rightarrow \quad \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{x}} = \int_0^t b\,dt$$

$$\Rightarrow \quad 2\sqrt{x} = b\tau \qquad \text{....(ii)}$$

$$\Rightarrow \quad v = b.\frac{b\tau}{2} = \frac{b^2 t}{2}$$

Sound Waves

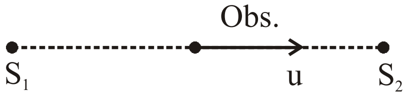
16. Two sources of sound S_1 and S_2 produce sound waves of same frequency 660 Hz. A listerner is moving from source S_1 towards S_2 with a constant speed u and he hears 10 beats /s. The velocity of sound is 300 m/s. Then u equals.

दो ध्वनि स्त्रोत, S_1 तथा S_2, एक ही आवृत्ति 660 Hz की ध्वनि उत्पन्न करते हैं। एक श्रोता S_1 से S_2 की तरफ स्थिर गति u से जाते हुए प्रति सेकण्ड 10 विस्पंद सुनता है। यदि ध्वनि की गति 300 m/s है, तो u का मान होगा :

(1) 10.0m/s (2) 5.5m/s (3) 2.5 m/s (4) 15.0 m/s

A. 3

sol.



For source S_1 $n_1 = \frac{v-u}{v} \times n_0$

For source S_2 $n_2 = \frac{v+v}{v} \times n_0$

$\Rightarrow \quad n_2 - n_1 = \frac{2u \times n_0}{v}$

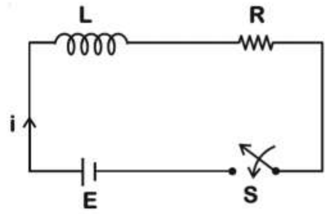
$\Rightarrow \quad 10 = \frac{2 \times u \times 660}{330}$

$\Rightarrow \quad u = 2.5 \text{ m/s}$

EMI

17. Consider the LR circuit shown is the figure. If the switch S is closed at $t = 0$ then the amoung of charge that passes through the battery between $t = 0$ and $t = \frac{L}{R}$ is

चित्र में एक LR परिपथ दर्शाया है। यदि $t = 0$ पर कुँजी S को बन्द करते हैं, तो सेल से निकलने वाले आवेश का मान समयान्तराल $t = 0$ से $t = \frac{L}{R}$ के बीच होगा :



(1) $\frac{2.7EL}{R^2}$ (2) $\frac{EL}{2.7R^2}$ (3) $\frac{7.3EL}{R^2}$ (4) $\frac{EL}{7.3R^2}$

A. 2

sol. $i = \frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right), \tau = \frac{L}{R}$ $(i = dq/dt)$

$\Rightarrow \quad \int_0^Q dq = \frac{E}{R}\int_0^t \left(1 - e^{-\frac{t}{t}}\right) dt$

$\Rightarrow \quad Q = \frac{E}{R} \times \left[t + e^{-\frac{t}{\tau}} \times \tau\right]_0^t$

$= \frac{E}{R} \times \left[\frac{L}{R} + \frac{L}{R}.e^{-1} - \frac{L}{R}\right]$

$\Rightarrow \quad Q = \frac{EL}{eR^2} = \frac{EL}{2.7R^2}$

Gravitation

18. The ratio of the weights of a body on the Earth's surface to that on the the surface of a planet is 9 : 4. The mass of the planet is $\frac{1}{9}$ th of that of the Earth. If 'R' is the radius of the Earth what is the radius of the planet ? (Take the planets to have the same mass density)

एक पिण्ड के पृथ्वी तथा एक दूसरे ग्रह की सतह पर भारों का अनुपात 9 : 4 हैं। दूसरे ग्रह का द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान का $\frac{1}{9}$ है। यदि पृथ्वी की त्रिज्या 'R' है तो ग्रह की त्रिज्या क्या होगी? (माना कि दोनों ग्रहों का द्रव्यमान घनत्व समान है।)

(1) $\frac{R}{4}$ (2) $\frac{R}{3}$ (3) $\frac{R}{9}$ (4) $\frac{R}{2}$

A. 4

sol. $\frac{g_e}{g_p} = \frac{9}{4}$ $\left(g \propto \frac{M}{R^2}\right)$

$\Rightarrow \frac{M_e \times R_P^2}{R_e^2 \times M_p} = \frac{9}{4}$

$\Rightarrow 9 \times \left(\frac{R_p}{R_e}\right)^2 = \frac{9}{4}$

$\Rightarrow R_p = \frac{R_e}{2}$

$\therefore R_p = \frac{R}{2}$

Communication Systems

19. In an amplitude modulator circuit, the carrier wave is given by $C(t) = 4\sin(20000\pi t)$ while modulating signal is given by $m(t) = 2\sin(2000\pi t)$. The values of modulation index and lower side band frequency are

एक आयामी मॉडुलन परिपथ में निवेशी वाहक तरंग $C(t) = 4\sin(20000\pi t)$ है, जबकि मॉडुलन सिग्नल $m(t) = 2\sin(2000\pi t)$ है। मॉडुलन सूचकांक तथा निचली पार्श्व बैंड आवृत्ति के मान होंगे :

(1) 0.5 and 10kHz (2) 0.3 and 9 kHz (3) 0.4 and10 kHz (4) 0.5 and 9kHz

A. 4

sol. Modulation index $= \frac{A_m}{A_C} = \frac{2}{5} = 0.5$

$f_C = \frac{\omega_C}{2\pi} = \frac{20000\pi}{2\pi} = 10000\,\text{Hz}$

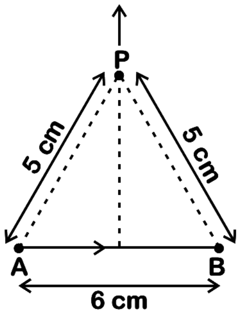
$f_m = \frac{\omega_C}{2\pi} = \frac{2000\pi}{2\pi} = 1000\,\text{Hz}$

$\therefore$ Lower band side = (10000 – 1000) Hz = 9 kHz

Magnetic Field & Force

20. Find the magnetic field at point P due to a straight line segment AB of length 6 cm carrying a current of 5 A. (see figures) ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N-A^{-2})

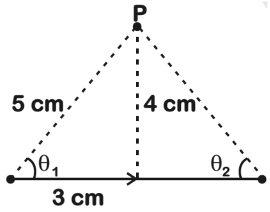
5 A धारा के एक सीधे तार के 6 cm लम्बे खण्ड AB के कारण, (चित्रानुसार), बिन्दु P पर चुम्बकीय क्षेत्र ज्ञात कीजिए। ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N-A^{-2})



(1) 2.5×10^{-5}T (2) 1.5×10^{-5}T (3) 3.0×10^{-5}T (4) 2.0×10^{-5}T

A. 2

sol.



$$B_P = \frac{\mu_0 I}{4\pi d}(\cos\theta_1 + \cos\theta_2)$$

$$= \frac{10^{-7}\times 5}{0.04}\times\left(2\times\frac{3}{5}\right) = 1.5\times10^{-5}\text{T}$$

Atomic Structure

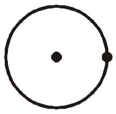
21. Consider an electron in a hydrogen atom, revolving in its second excited state (having radius 4.65Å). The debroglie wavelength of this electron is

एक हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन दूसरी उत्तेजित कक्षा में घूम रहा है। (इस कक्षा की त्रिज्या 4.65Å है।) इस इलेक्ट्रॉन की डि–ब्रॉग्ली तरंगदैर्ध्य होगी :

(1) 3.5Å (2) 12.9Å (3) 9.7Å (4) 6.6Å

A. 3

sol. For n = 3,



$2\pi r = 3 \times \lambda$

$$\Rightarrow \quad \lambda = \frac{2\pi\times 4.65}{3}\text{Å} = 9.7\text{Å}$$

Electrostatics

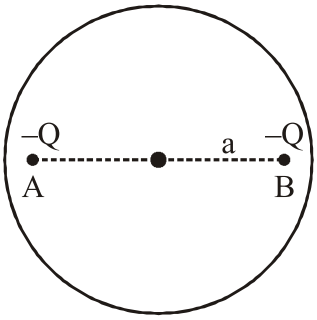
22. Let a total charge 2 Q be distributed in a sphere of radius R with the charge density given by $\rho(r) = kr$, where r is the distance from the centre. Two charges A and B of –Q each are placed on diametrically opposite points at equal distance a from the centre. If A and B do not exprience any force then:

कुल आवेश 2 Q को त्रिज्या R के गोले में इस प्रकार वितरित करते हैं कि आवेश घनत्व सम्बन्ध $\rho(r) = kr$ से दिया जाता है जहाँ r, केन्द्र से दूरी है। दो बराबर –Q आवेशों A तथा B को केन्द्र से a दूरी पर व्यासीय विपरीत बिन्दुओं पर रखा गया है। यदि A और B कोई बल अनुभव नहीं करते हैं, तो :

(1) $a = \frac{3R}{2^{\frac{1}{4}}}$ (2) $a = R/\sqrt{3}$ (3) $a = 2^{-1/4}\,R$ (4) $a = 8^{-1/4}\,R$

A. 4

sol. $E \times 4\pi a^2 = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$



$q_{in} = \int_0^a (kr) \times 4\pi r^2\, dr$

$= 4\pi k.\left(\frac{a^4}{4}\right)$

$\therefore \quad E \times 4\pi a^2 = \frac{4\pi k a^4}{4\varepsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{ka^2}{4\varepsilon_0}$

$\therefore \quad \frac{ka^2}{4\varepsilon_0} \times Q = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 4a^2}$

$\frac{2Q}{\pi R^4}.\frac{a^2 Q}{4\varepsilon_0} = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0 \times 4a^2} \quad \Rightarrow \quad 8a^4 = R^4$

$\Rightarrow \quad 8^{1/7}\,.\, a = R$

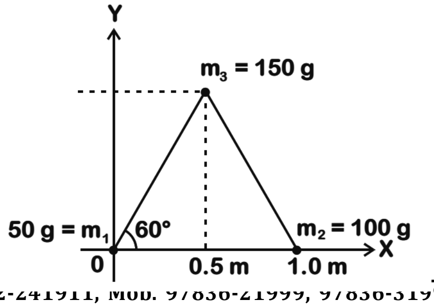
$\Rightarrow \quad a = \frac{R}{8^{1/4}}$

As, $2Q = \frac{4\pi k R^2}{4} \quad \Rightarrow \quad k = \frac{2Q}{\pi R^4}$

COM, Momentum & Collision

23. There particles of masses 50 g, 100 g and 150 g are placed at the vertices of an equilateral triangle of side 1m (as shown in the figure). The (x,y) coordinates of the centere of mass of system will be:

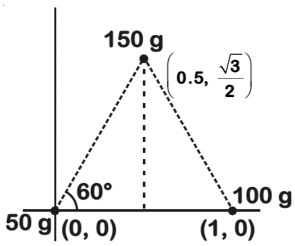
50 g, 100 g तथा 150 g के तीन कणों को चित्रानुसार 1 m भुजा वाले एक समबाहु त्रिभुज के कोनों पर रखा है। इस निकाय के द्रव्यमान केन्द्र (x तथा y) के निर्देशांक होंगे :



(1) $\left(\frac{\sqrt{3}}{8}m, \frac{7}{12}m\right)$ (2) $\left(\frac{\sqrt{3}}{4}m, \frac{5}{12}m\right)$ (3) $\left(\frac{7}{12}m, \frac{\sqrt{3}}{8}m\right)$ (4) $\left(\frac{7}{12}m, \frac{\sqrt{3}}{4}m\right)$

A. 4

sol.



$$X_{CM} = \frac{m\times 0 + 2m\times 1 + 3m\times\left(\frac{1}{2}\right)}{6m} = \frac{7}{12}m$$

$$Y_{CM} = \frac{m\times 0 + 2m\times 0 + 3m\times\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)}{6m} = \frac{3\sqrt{3}}{12}m$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{4}m$$

Nuclear Physics

24. Half of two radioactive nuclei A and B are 10 minutes and 20 minutes, respectively.If initially a sample has equal number of nuclei, then after 60 minutes the ratio of decayed numbers of nuclei A and B will be

दो रेडियोधर्मी नाभिकों, A तथा B, की अर्धआयु क्रमशः 10 मिनट तथा 20 मिनट है। यदि एक नमूने में आरम्भ में दोनों नाभिकों की संख्या बराबर है तो 60 मिनट पश्चात् A तथा B के क्षयित नाभिकों की संख्या का अनुपात होगा :

(1) 9 : 8 (2) 3 : 8 (3) 8 : 1 (4) 1 : 8

A. 1

sol. $N_A = \frac{N_0}{2^{\left(\frac{60}{10}\right)}} = \frac{N_0}{64}$

$$N_B = \frac{N_0}{2^{\left(\frac{60}{20}\right)}} = \frac{N_0}{8}$$

$$\therefore \quad \text{Required ratio} = \frac{N_0 - \frac{N_0}{64}}{N_0 - \frac{N_0}{8}}$$

$$= \frac{63\times 8}{64\times 7} = \frac{9}{8}$$

Sound Waves

25. A tunning fork of frequency 480 Hz is used in an experiment for measuring speed of sound (v) in air by resonace tube method Resonace is observed to occur at two successive length of the air column $l_1 = 30$ cm and $l_2 = 70$ cm. Then, v is equal to

अनुनाद नली विधि द्वारा वायु में ध्वनि की चाल (v) ज्ञात करने के लिये एक प्रयोग में 480 Hz आवृत्ति के स्वरित्र का उपयोग करते हैं। वायु स्तम्भ की दो उत्तरोत्तर लम्बाइयों $l_1 = 30$ cm तथा $l_2 = 70$ cm के लिये अनुनाद प्राप्त होते हैं। तब v का मान है :

(1) $332\ ms^{-1}$ (2) $384\ ms^{-1}$ (3) $379\ ms^{-1}$ (4) $338\ ms^{-1}$

A. 2

sol. $l_1 = 30$ cm, $l_2 = 70$ cm

$\therefore \quad \frac{\lambda}{2} = (l_2 - l_1) = 40\,\text{cm}$

$\Rightarrow \quad \lambda = 80$ cm

$\therefore \quad V = v\lambda = 480 \times (0.8)$ m/s

$= 384$ m/s

KTG & Thermodynamics

26. The number density of molecules of a gas depends on their distance r from the origin as $n(r) = n_0 e^{-\alpha r^4}$. Then the total number of molecules is proportional to

एक गैस के अणुओं का संख्या घनत्व मूल बिन्दु से दूरी r पर निम्न ढंग से निर्भर है, $n(r) = n_0 e^{-\alpha r^4}$ । तो इस गैस के अणुओं की कुल संख्या किसके समानुपाती होगी?

(1) $n_0\alpha^{-3/4}$ (2) $\sqrt{n_0}\alpha^{1/2}$ (3) $n_0\alpha^{1/4}$ (4) $n_0\alpha^{-3}$

A. 1

sol. $n = n_0 e^{-\alpha r^4}$

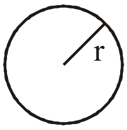
$\Rightarrow \quad \int dN = \int n_0 e^{-\alpha r^4} \times 4\pi r^2 dr$

$\Rightarrow \quad N = 4\pi n_0 . \int_0^{\infty} r^2 e^{-\alpha r^4} dr$

Put $\sqrt{\alpha} r^2 = t$

$2\sqrt{\alpha}\ r\ dr = dt$

$N = \frac{4\pi n_0}{2\sqrt{\alpha}} \int_0^{\infty} \frac{t^{\frac{1}{2}} e^{-t^2}}{\alpha^{\frac{1}{4}}} dt$



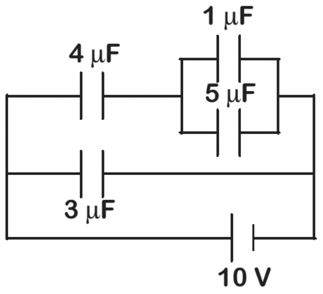
$= \frac{4\pi n_0}{2\alpha^{\frac{3}{4}}} \int t^{\frac{1}{2}} e^{-t^2} dt$

$N \propto n_0 \alpha^{-\frac{3}{4}}$

Capacitance

27. In the given circuit, the charge on $4\mu F$ capacitor will be

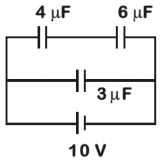
दिये गये परिपथ में $4\mu F$ धारिता के संधारित्र पर आवेश का मान होगा :



(1) 5.4 μC (2) 9.6 μC (3) 13.4 μC (4) 24 μC

A. 4

sol.



$$Q_{(4\mu F)} = \left(\frac{4\times6}{4+6}\right)\times10\mu C$$

$= 24\ \mu C$

Kinematics

28. Two particles are projectd from the same point with the same speed u such that they have the same range R but different maximum heights h_1 and h_2 .Which of the following is correct

दो कणों को एक ही बिन्दु से एक ही चाल u से प्रक्षेपित किया जाता है जिससे उनकी परास R बराबर हैं किन्तु अधिकतम ऊँचाइयाँ h_1 तथा h_2 भिन्न हैं। निम्न में सत्य कथन चुनिये।

(1) $R^2 = 4h_1h_2$ (2) $R^2 = 16h_1h_2$ (3) $R^2 = 2h_1h_2$ (4) $R^2 = h_1h_2$

A. 2

sol. At complementary angles, ranges are equal.

$$\therefore \quad h_1 = \frac{u^2\sin^2\theta}{2g}, h_2 = \frac{u^2\cos^2\theta}{2g}$$

$$\therefore \quad h_1\times h_2 = \left(\frac{2u^2\sin\theta\cos\theta}{g}\right)^2\times\left(\frac{1}{16}\right)$$

$$\Rightarrow \quad 16h_1h_2 = R^2$$

KTG & Thermodynamics

29. A diatomic gas with rigid molecules does 10 J of work when expanded at constant pressure. What would be the heat energy absorbed by the gas in this process

एक दृढ़ अणुओं वाली द्विपरमाणुक गैस का जब नियत दाब पर प्रसार होता है तो वह 10 J कार्य करती है। इस प्रक्रम में गैस द्वारा अवशोषित ऊष्मा का मान होगा :

(1) 30 J (2) 35 J (3) 25 J (4) 40 J

A. 2

sol. $W = nR\Delta T = 10$ J

$\Delta Q = (\Delta Q)_P = nC_P\Delta T$

$\therefore \quad \Delta Q = n \times \frac{7}{2} R \times \Delta T$

$= \frac{7}{2} \times (10) \qquad (nR\Delta T = 10)$

$= 35$

Electromagnetic Waves

30. A plane electromagnetic wave having a fequency v = 23.9 GHz propagates along the positive z -direction in free space. The peak value of the electric field is 60V/m. Which among the following is the acceptable magnetic field component in the electromagnetic wage

मुक्त आकाश में v = 23.9 GHz की एक समतल विद्युत चुम्बकीय तरंग धनात्मक z-अक्ष की दिशा में संचरण कर रही है। इसमें विद्युत क्षेत्र का अधिकतम मान 60V/m है। निम्न में से कौनसा विकल्प इस तरंग के चुम्बकीय क्षेत्र के लिये स्वीकार्य है?

(1) $\overline{B} = 60 \sin\left(0.5 \times 10^3 x + 1.5 \times 10^{11} t\right)\hat{k}$

(2) $\overline{B} = 2 \times 10^7 \sin\left(0.5 \times 10^3 z + 1.5 \times 10^{11} t\right)\hat{i}$

(3) $\overline{B} = 2 \times 10^{-7} \sin\left(0.5 \times 10^3 z - 1.5 \times 10^{11} t\right)\hat{i}$

(4) $\overline{B} = 2 \times 10^{-7} \sin\left(1.5 \times 10^2 x + 0.5 \times 10^{11} t\right)\hat{j}$

A. 3

sol. $B_0 = \frac{E_0}{c} = \frac{60}{3 \times 10^8} = 2 \times 10^{-7} T$

$v = 23.9 \times 10^9$ Hz

$\therefore \quad \omega = 2\pi v = 2 \times 3.142 \times 23.9 \times 10^9$

$= 1.5 \times 10^{11} S^{-1}$

$\because \quad c = \frac{\omega}{k} \quad \Rightarrow \quad k = \frac{\omega}{c} = \frac{1.5 \times 10^{11}}{3 \times 10^8}$

$= 0.5 \times 10^3$

$\therefore \quad \vec{B} = 2 \times 10^{-7} \sin(0.5 \times 10^3 z - 1.5 \times 10^{11} t)\hat{i}$