# JEE ADVANCED

## ANSWER KEY

## 2021

**PHYSICS**

**Paper-2**

**QUESTION WITH SOLUTION**

32700+ SELECTIONS SINCE 2007

MOTION®

## Academic Pillars of JEE Motion Kota



**Ram Ratan Dwivedi**
(RRD Sir)
Joint Director
Exp. : 20 yrs

**Amit Verma**
(AV Sir)
Joint Director
Exp. : 16 yrs



**Vijay Pratap Singh**
(VPS Sir)
Vice President
Exp. : 20 yrs



**Nikhil Srivastava**
(NS Sir)
Head JEE Academics
Exp. : 17 yrs

**Aatish Agarwal**
(AA Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 17 yrs

**Jayant Chittora**
(JC Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 16 yrs

**Anurag Garg**
(AG Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 17 yrs

**Arjun Gupta**
(Arjun Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 14 yrs

**Devki Nandan Pathak**
(DN Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 13 yrs

**Avinash Kishore**
(AVN Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 9 yrs

**Vipin Sharma**
(VS Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 12 yrs

**Durgesh Pandey**
(Pandey Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 8 yrs

**Join**
**English & Hindi Medium**
# JEE DROPPER BATCH
**Online + Offline Mode**

Batch Starting from :
**6th October 2021**

## SECTION – A

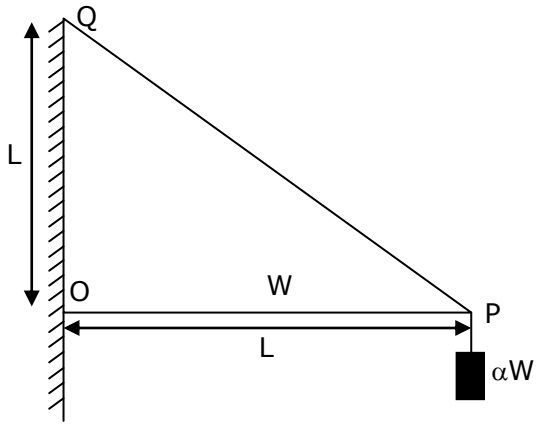
- This section contains SIX (06) questions.
- Each question has FOUR options (A), (B), (C) and (D). ONE OR MORE THAN ONE of these four option(s) is (are) correct answer(s).
- For each question, choose the option(s) corresponding to (all) the correct answer(s).
- Answer to each question will be evaluated according to the following marking scheme:

| | |
|---|---|
| Full Marks | : +4 If only (all) the correct option(s) is(are) chosen; |
| Partial Marks | : +3 If all the four options are correct but ONLY three options are chosen; |
| Partial Marks | : +2 If three or more options are correct but ONLY two options are chosen, both of which are correct; |
| Partial Marks | : +1 If two or more options are correct but ONLY one option is chosen and it is a correct option; |
| Zero Marks | : 0 If unanswered; |
| Negative Marks | : −2 In all other cases. |

- For example, in a question, if (A), (B) and (D) are the ONLY three options corresponding to correct answers, then
  choosing ONLY (A), (B) and (D) will get +4 marks;
  choosing ONLY (A) and (B) will get +2 marks;
  choosing ONLY (A) and (D) will get +2marks;
  choosing ONLY (B) and (D) will get +2 marks;
  choosing ONLY (A) will get +1 mark;
  choosing ONLY (B) will get +1 mark;
  choosing ONLY (D) will get +1 mark;
  choosing no option(s) (i.e. the question is unanswered) will get 0 marks and
  choosing any other option(s) will get −2 marks.

**ROTATIONAL MOTION**

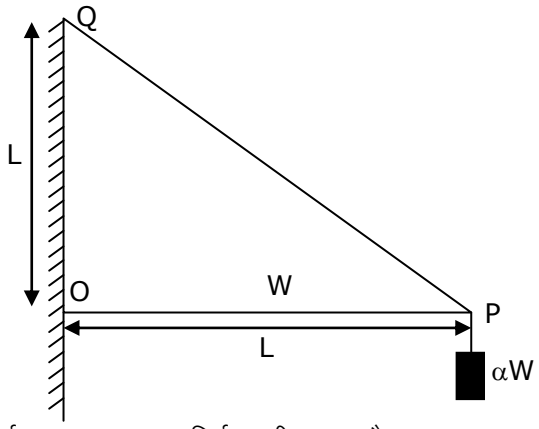
**Q.1** One end of a horizontal uniform beam of weight $W$ and length $L$ is hinged on a vertical wall at point O and its other end is supported by a light inextensible rope. The other end of the rope is fixed at point Q, at a height $L$ above the hinge at point O. A block of weight $\alpha W$ is attached at the point P of the beam, as shown in the figure (not to scale). The rope can sustain a maximum tension of $\left(2\sqrt{2}\right)$W. Which of the following statement(s) is(are) correct?




(A) The vertical component of reaction force at O does not depend on $\alpha$
(B) The horizontal component of reaction force at O is equal to W for $\alpha$ = 0.5
(C) The tension in the rope is 2W for $\alpha$ = 0.5
(D) The rope breaks if $\alpha$ > 1.5

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

W भार तथा L लम्बाई के एक क्षैतिज एकसमान दण्ड के एक सिरे को किसी उर्ध्वाधर दीवार पर बिन्दु O पर कीलकित किया जाता है तथा इसके दूसरे सिरे को एक हल्की अवितान्य रस्सी द्वारा आधारित किया जाता है। रस्सी का दूसरा सिरा बिन्दु O पर कीलक के उपर L उंचाई पर बिन्दु Q पर दृढ़ित है। αW भार के एक गुटके को चित्रानुसार दण्ड के बिन्दु P पर संयोजित किया जाता है (चित्र सांकेतिक है)। रस्सी $\left(2\sqrt{2}\right)$W का अधिकतम तनाव सहन कर सकती है। निम्न में से कौनसा/से कथन सही है/ है ?

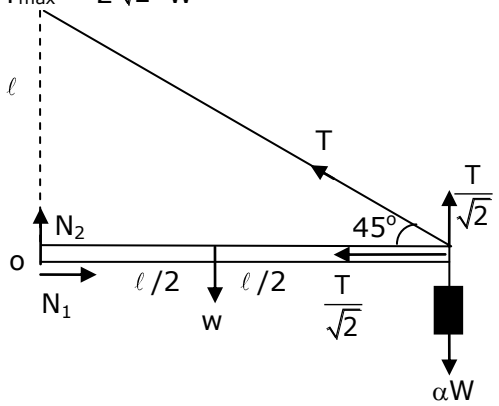



(A) O पर प्रतिक्रिया बल का उर्ध्वाधर घटक, α पर निर्भर नही करता है
(B) O पर प्रतिक्रिया बल का क्षैतिज घटक, α = 0.5 के लिए W के बराबर है
(C) रस्सी में तनाव α = 0.5 के लिए 2W है
(D) यदि α > 1.5, तब रस्सी टूट जाती है

**Sol.** **A,B,D**

Given

$T_{max} = 2\sqrt{2}$ W




$\tau_0 = 0$

From figure

In equilibrium

$W\frac{\ell}{2} + \alpha W\ell = \frac{T\ell}{\sqrt{2}}$ .....(i)

$\frac{W}{2} + \alpha W = \frac{2\sqrt{2}W}{2}$

$\alpha = \frac{3}{2}$ condition where rope will just break.

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

So, Option D is correct
Again from the figure

Now, $N_1 = \frac{T}{\sqrt{2}} = \frac{W}{2} + \frac{W}{2} = W$

$\rightarrow$ Option A is correct

$\rightarrow N_2 + \frac{T}{\sqrt{2}} = W + \alpha W$

or, $N_2 + \frac{W}{2} + \alpha W = W + \alpha W$

or, $N_2 = \frac{W}{2}$ (Independent of $\alpha$)

$\rightarrow$ Option B is correct

$\Rightarrow \frac{T}{\sqrt{2}} = \frac{W}{2} + \alpha W$

$= \frac{W}{2} + \frac{W}{2}$ (If $\alpha = 0.5$)

$= W$

Or, $T = \sqrt{2}\, W$

$\rightarrow$ Option C is Incorrect

**SOUND WAVES**

**Q.2** A source, approaching with speed u towards the open end of a stationary pipe of length L, is emitting a sound of frequency $f_s$. The farther end of the pipe is closed. The speed of sound in air is v and $f_0$ is the fundamental frequency of the pipe. For which of the following combination(s) of u and $f_s$, will the sound reaching the pipe lead to a resonance ?

(A) u = 0.8v and $f_s = f_0$ (B) u = 0.8v and $f_s = 2f_0$

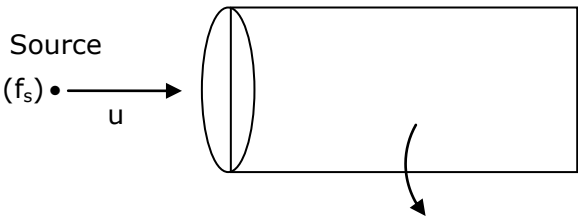
(C) u = 0.8v and $f_s = 0.5f_0$ (D) u = 0.5v and $f_s = 1.5f_0$

L लम्बाई के एक स्थिर पाईप के खुले सिरे की ओर u $f_s$ आवृत्ति की ध्वनि उत्सर्जित कर रहा है। पाईप का दूरस्थ सिरा बंद है। वायु में ध्वनि की चाल v है तथा पाईप की मूलभूत आवृत्ति $f_0$ है। u तथा $f_s$ के निम्न में कौनसे संयोजन के लिए, ध्वनि के पाईप पर पहुंचने पर अनुनाद उत्पन्न होगा ?

(A) u = 0.8v तथा $f_s = f_0$ (B) u = 0.8v तथा $f_s = 2f_0$

(C) u = 0.8v तथा $f_s = 0.5f_0$ (D) u = 0.5v तथा $f_s = 1.5f_0$

**Sol.** **A,D**




$f = (2n-1) f_0$

Using Doppler's effect

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

$$f = \left(\frac{v \pm V_0}{v \pm V_s}\right) f_s$$

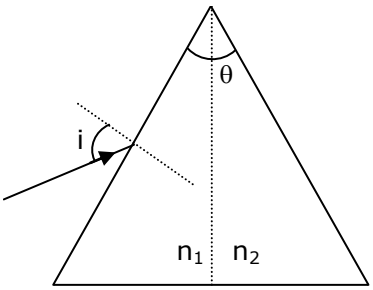
$$f = \left(\frac{v}{v - u}\right) f_s$$

Now, $\left(\frac{v}{v - u}\right) f_s = (2n - 1) f_0$

Now check options using values keeping mind (2n–1) must be any possible integer.

**GEOMETRICAL OPTICS**

**Q.3** For a prism of prism angle $\theta = 60°$, the refractive indices of the left half and the right half are, respectively, $n_1$ and $n_2$ ($n_2 \geq n_1$) as shown in the figure. The angle of incidence i is chosen such that the incident light rays will have minimum deviation if $n_1 = n_2 = n = 1.5$. For the case of unequal refractive indices, $n_1 = n$ and $n_2 = n + \Delta n$ (where $\Delta n << n$), the angle of emergence $e = i + \Delta e$. Which of the following statement(s) is (are) correct ?



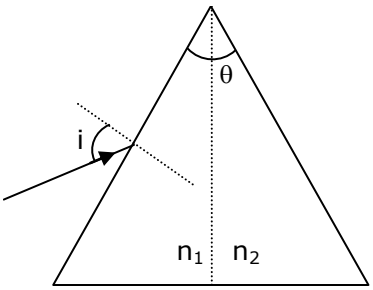

(A) The value of $\Delta e$ (in radians) is greater than that of $\Delta n$

(B) $\Delta e$ is proportional to $\Delta n$

(C) $\Delta e$ lies between 2.0 and 3.0 milliradians, if $\Delta n = 2.8 \times 10^{-3}$

(D) $\Delta e$ lies between 1.0 and 1.6 milliradians, if $\Delta n = 2.8 \times 10^{-3}$

प्रिज्म कोण $\theta = 60°$ के एक प्रिज्म के लिए, चित्रानुसार बाये आधे भाग तथा दाये आधे भाग के अपवर्तनांक क्रमशः $n_1$ तथा $n_2$ ($n_2 \geq n_1$) हैं। आपतन कोण i का चयन स प्रकार किया जाता है कि आपतित प्रकाश किरणो का विचलन न्यूनतम हो यदि $n_1 = n_2 = n = 1.5$ है। असमान अपवर्तनांक की स्थिति के लिए $n_1 = n$ तथा $n_2 = n + \Delta n$ (जहाँ $\Delta n << n$), निर्गमन कोण $e = i + \Delta e$ है। निम्न में से कौनसा/कौनसे कथन सही है/है ?




(A) $\Delta e$ का मान (रेडियनम में) $\Delta n$ के मान से अधिक है

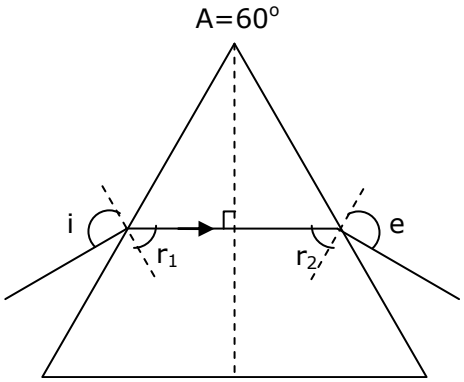
(B) $\Delta e$, $\Delta n$ के समानुपाती है

(C) यदि $\Delta n = 2.8 \times 10^{-3}$, तब $\Delta e$, 2.0 तथा 3.0 मिलिरेडियन के मध्य में स्थित है

(D) यदि $\Delta n = 2.8 \times 10^{-3}$, तब $\Delta e$, 1.0 तथा 1.6 मिलिरेडियनम के मध्य में स्थित है

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

**Sol.** **B,C**




Given

$n_1 = n_2 = 1.5$

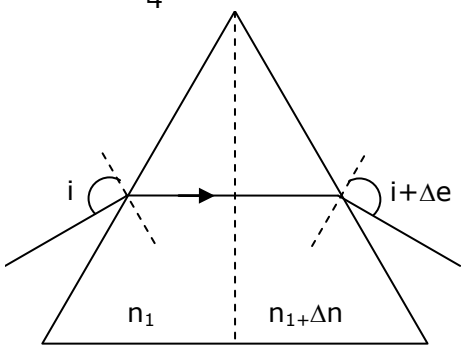
For $\delta_{min}$

$i = e$ and $r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = 30^o$

$1\sin i = 1.5 \sin 30^o$

$\sin i = \frac{3}{4}$ .....(i)

$\rightarrow \cos i = \frac{\sqrt{7}}{4}$




Now, $n_2 \rightarrow 1.5 + \Delta n$

$e \rightarrow i + \Delta e$

Hence, light from $n_1$ to $n_2$ goes perpendicularly; so, no deviation

$(1.5 + \Delta n)\sin 30^o = 1 \times \sin(i+\Delta e)$

$\frac{3}{4} + \frac{\Delta n}{2} = \sin i \times \cos \Delta e + \cos i \times \sin \Delta e$

$\Rightarrow \frac{3}{4} + \frac{\Delta n}{2} = \frac{3}{4} \times 1 + \frac{\sqrt{7}}{4} \Delta e$

$\frac{\Delta n}{2} = \frac{\sqrt{7}}{4} \Delta e$

$\Delta n = \frac{\sqrt{7}}{2} \Delta e$

$\because \Delta n > \Delta e$

$\therefore$ Option A is Incorrect

Check option using values given in options.

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

## UNIT AND DIMENSION AND BASIC MATHEMATICS

**Q.4** A physical quantity $\vec{S}$ is defined as $\vec{S} = \left(\vec{E} \times \vec{B}\right) / \mu_0$, where $\vec{E}$ is electric field, $\vec{B}$ is magnetic field and $\mu_0$ is the permeability of free space. The dimensions of $\vec{S}$ are the same as the dimensions of which of the following quantity (ies) ?

(A) $\frac{\text{Energy}}{\text{Charge} \times \text{current}}$ (B) $\frac{\text{Force}}{\text{Length} \times \text{Time}}$

(C) $\frac{\text{Energy}}{\text{Volume}}$ (D) $\frac{\text{Power}}{\text{Area}}$

एक भौतिक राशि $\vec{S}$ को $\vec{S} = \left(\vec{E} \times \vec{B}\right) / \mu_0$ के अनुसार परिभाषित किया जाता है, जहाँ $\vec{E}$ विद्युत क्षेत्र हे, $\vec{B}$ चुम्बकीय क्षेत्र है तथा $\mu_0$ मुक्त त्रिविम की पारगम्यता है। $\vec{S}$ की विमाये निम्न में से किन राशियो की विमाओ के समान है ?

(A) $\frac{\text{ऊर्जा}}{\text{आवेश} \times \text{धारा}}$ (B) $\frac{\text{बल}}{\text{लम्बाई} \times \text{समय}}$

(C) $\frac{\text{ऊर्जा}}{\text{आयतन}}$ (D) $\frac{\text{शक्ति}}{\text{क्षेत्रफल}}$

**Sol.** **B,D**

Given

$$\vec{s} = \frac{\left(\vec{E} \times \vec{B}\right)}{\mu_0}$$

This is pointing vector. This gives rate of flow of energy per unit area.

i.e $s \rightarrow \frac{J}{sm^2} = \frac{\text{Power}}{\text{Area}}$

Also, $\frac{\text{Power}}{\text{Area}}$ can be written in form : - $\frac{F\ell}{t \cdot \ell^2} = \frac{F}{\ell \times t}$

## MODERN-II

**Q.5** A heavy nucleus N, at rest, undergoes fission $N \rightarrow P + Q$, where P and Q are two lighter nuclei. Let $\delta = M_N - M_P - M_Q$, where $M_P$, $M_Q$ and $M_N$ are the masses of P, Q and N, respectively. $E_P$ and $E_Q$ are the kinetic energies of P and Q, respectively. The speeds of P and Q are $v_P$ and $v_Q$, respectively. If c is the speed of light, which of the following statement(s) is (are) correct ?

(A) $E_P + E_Q = c^2\delta$

(B) $E_P = \left(\frac{M_P}{M_P + M_Q}\right)c^2\delta$

(C) $\frac{v_P}{v_Q} = \frac{M_Q}{M_P}$

(D) The magnitude of momentum for P as well as Q is $c\sqrt{2\mu\delta}$, where $\mu = \frac{M_P M_Q}{(M_P + M_Q)}$

विराम में स्थित एक भारी नाभिक N विखण्डन $N \rightarrow P + Q$ से गुजरता है, जहाँ P तथा Q दो हल्के नाभिक हैं। माना $\delta = M_N - M_P - M_Q$, जहाँ $M_P$, $M_Q$ तथा $M_N$ क्रमशः P, Q तथा N के द्रव्यमान है। $E_P$ तथा $E_Q$ क्रमशः P तथा Q की गतिज उर्जाये है। P तथा Q की चाल क्रमशः $v_P$ तथा $v_Q$ है। यदि c प्रकाश की चाल है, तब निम्न में से कौनसा/कौनसे कथन सही है/है ?

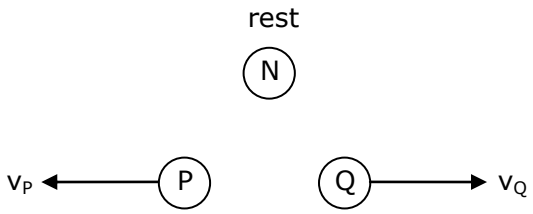
(A) $E_P + E_Q = c^2\delta$

(B) $E_P = \left(\frac{M_P}{M_P + M_Q}\right)c^2\delta$

(C) $\frac{v_P}{v_Q} = \frac{M_Q}{M_P}$

(D) P तथा Q के लिए संवेग का परिमाण $c\sqrt{2\mu\delta}$, है, जहाँ $\mu = \frac{M_P M_Q}{(M_P + M_Q)}$

**Sol.** **A,C,D**




Given

$m_P v_P = m_Q m_Q$

$\frac{v_p}{v_Q} = \frac{m_Q}{m_p}$

$\rightarrow$ option C is correct.

Now, $E_P + E_Q = \Delta mc^2 = \delta c^2$

$\rightarrow$ option A is correct.

$\Rightarrow E_P = \frac{P^2}{2m_p}; E_Q = \frac{P^2}{2m_Q}$

or, $\frac{E_p}{E_Q} = \frac{m_Q}{m_p}$

$\Rightarrow \frac{E_p}{E_p + E_Q} = \frac{m_Q}{m_p + m_Q}$

$\Rightarrow E_p = \left(\frac{m_Q}{m_p + m_Q}\right)\delta c^2$

$\rightarrow$ option B is Incorrect.

Now, $E_P + E_Q = \delta c^2$

$\frac{p^2}{2m_p} + \frac{p^2}{2m_Q} = \delta c^2$

$\frac{p^2}{2}\left(\frac{1}{m_p} + \frac{1}{m_Q}\right) = \delta c^2$

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

$\frac{p^2}{2} = \delta c^2 \times \frac{m_p m_Q}{m_p + m_Q} = \delta c^2 \mu$

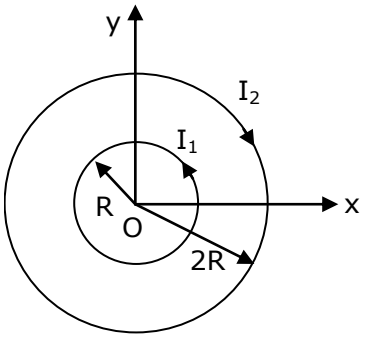
$P^2 = 2\mu\,\delta\,c^2$

$P = c\,\sqrt{2\mu\delta}$

$\rightarrow$ option D is correct.

**MAGNETISM**

**Q.6** Two concentric circular loops, one of radius R and the other of radius 2R, lie in the xy-plane with the origin as their common center, as shown in the figure. The smaller loop carries current $I_1$ in the anti-clockwise direction and the larger loop carries current $I_2$ in the clockwise direction, with $I_2 > 2I_1$. $\vec{B}(x,y)$ denotes the magnetic field at a point (x,y) in the xy-plane. Which of the following statement(s) is (are) correct ?



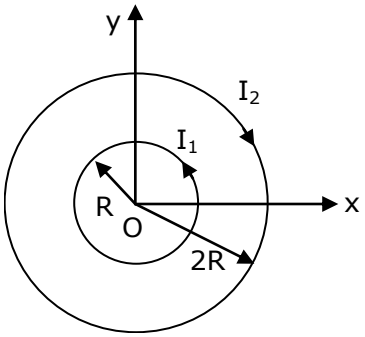

(A) $\vec{B}(x,y)$ is perpendicular to the x-y plane at any point in the plane

(B) $|\vec{B}(x,y)|$ depends on x and y only through the radial distance r = $\sqrt{x^2+y^2}$

(C) $|\vec{B}(x,y)|$ is non-zero at all points for r < R

(D) $\vec{B}(x,y)$ points normally outward from the x-y plane for all the points between the two loops

दो संकेन्द्रीय वृत्तीय लूप, जिनमें से एक की त्रिज्या R तथा दूसरे की त्रिज्या 2R है, xy-तल में इस प्रकार स्थित है, कि मूल बिन्दु चित्रानुसार इनका उभयनिष्ठ केन्द्र है। छोटा लूप वामावर्त दिशा में $I_1$ धारा ग्रहण किए हुए है तथा बड़ा लूप दक्षिणावर्त दिशा में $I_2$ धारा ग्रहण किए हुए है, जहाँ $I_2 > 2I_1$ है। $\vec{B}(x,y)$ , xy-तल में एक बिन्दु (x, y) पर चुम्बकीय क्षेत्र को प्रदर्शित करता है। निम्न में से कौनसा/कौनसे कथन सही है/है ?



An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

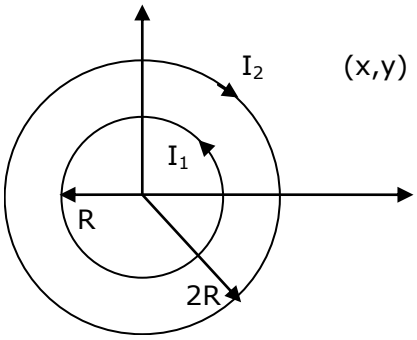
(A) $\vec{B}(x, y)$ तल में किसी बिन्दु पर x-y तल के लम्बवत् है

(B) $\left|\vec{B}(x, y)\right|$ त्रिज्य दूरी $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ में केवल x तथा y पर निर्भर करता है।

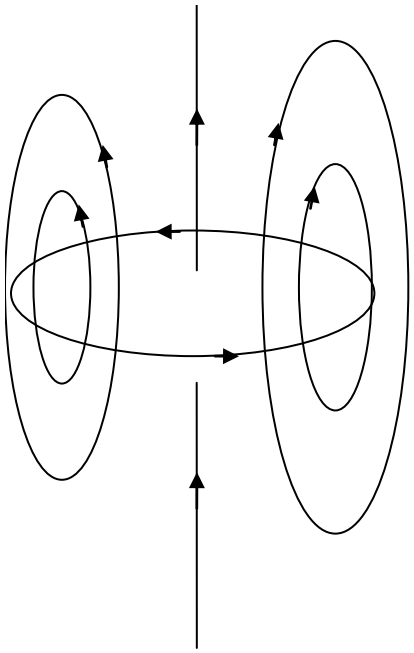
(C) $\left|\vec{B}(x, y)\right|$ , $r < R$ के लिए सभी बिन्दुओ पर अशून्य है

(D) $\vec{B}(x, y)$ दोनो लूपो के मध्य सभी बिन्दुओ के लिए xy-तल से लम्बवत् रूप से बाहर की ओर इंगित करता है

**Sol. A,B**




Given
$I_2 > 2I_1$
Option A is correct
Because M.F. will always be along z-axis due to both loops at point (x,y)
Now, if any point (x,y);
$r = \sqrt{x^2 + y^2}$



for any point in space; we have disting M.F.
So, M.F. will depend on r.
Option B is not asking exact relation of M.F. with 'r'
So option is B is correct.

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

Now, at 'O' $B_{net} = \frac{\mu_0 I_1}{R} - \frac{\mu_0 I_2}{2R}$ $B_{net}$ at 'O' is inward

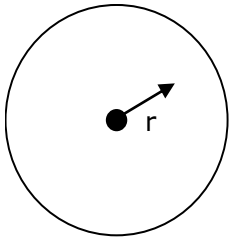
If $B_{net} = 0$; $\frac{\mu_0 I_1}{R} = \frac{\mu_0 I_2}{2R}$

$I_2 = 2I_1$ But in Question its given that $I_2 > 2I_1$

If $r \to 0$; $B_1 \to \infty$

So there may be possibility that $B_1 = B_2$

So be may become zero somewhere.



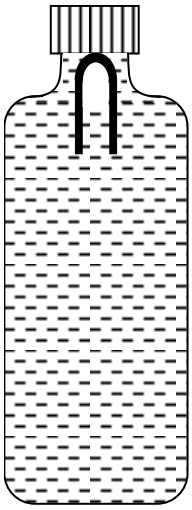

## Section – 2

- This section contains THREE (03) question stems.
- There are TWO (02) questions corresponding to each question stem.
- The answer to each question is a NUMERICAL VALUE.
- For each question, enter the correct numerical value corresponding to the answer in the designated place using the mouse and the on-screen virtual numeric keypad.
- If the numerical value has more than two decimal places, truncate/round-off the value to TWO decimal places.
- Answer to each question will be evaluated according to the following marking scheme:
  Full Marks : +2 If ONLY the correct numerical value is entered at the designated place;
  Zero Marks : 0 In all other cases.

### Questions stem for questions nos. 7 and 8

**Question Stem**

A soft plastic bottle, filled with water of density 1 gm/cc, carries an inverted glass test-tube with some air (ideal gas) trapped as shown in the figure. The test-tube has a mass of 5 gm, and it is made of a thick glass of density 2.5 gm/cc. Initially the bottle is sealed at atmospheric pressure $p_0 = 10^5$ Pa so that the volume of the trapped air is $v_0 = 3.3$ cc. When the bottle is squeezed from outside at constant temperature, the pressure inside rises and the volume of the trapped air reduces. It is found that the test tube begins to sink at pressure $p_0 + \Delta p$ without changing its orientation. At this pressure, the volume of the trapped air is $v_0 - \Delta v$. Let $\Delta v = X$ cc and $\Delta p = Y \times 10^3$ Pa.



An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

**FLUIDS**

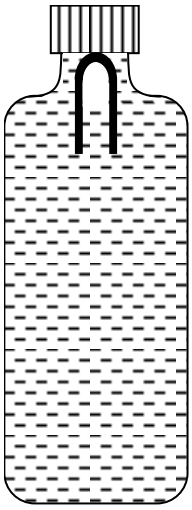
**Q.7** The value of X is _____.

**Sol.** **0.3**

**FLUIDS**

**Q.8** The value of Y is _____.

1 gm/cc घनत्व के जल से भरी एक नर्म प्लास्टिक बोतल में चित्रानुसार कुछ वायु (आदर्श गेस) भरी हुई कांच की परखनली है। परखनली का द्रव्यमान 5 gm है तथा यह 2.5 gm/cc घनत्व के एक मोटे कांच से बनी है। प्रारंभ में बोतल वायुमण्डलीय दाब $p_0 = 10^5$ Pa पर इस प्रकार सील बंद है कि इसमें भरी हुई वायु का आयतन $v_0 = 3.3$ cc है। जब बोतल को नियत ताप पर बाहर से दबाया जाता है, तब अंदर का दाब बढता है तथा इसमें भरी हुई वायु का आयतन घटता है। यह पाया जाता है कि परखनली इसके अभिविन्यास में परिवर्तन किए बिना दाब $p_0 + \Delta p$ पर डूबना प्रारंभ करती है। इस दाब पर, इसमें भरी हुई वायु का आयतन $v_0 - \Delta v$ है। माना $\Delta v = X$ cc तथा $\Delta p = Y \times 10^3$ Pa.



**Q.7** X का मान _____ है।

**Sol.** **0.3**

**FLUIDS**

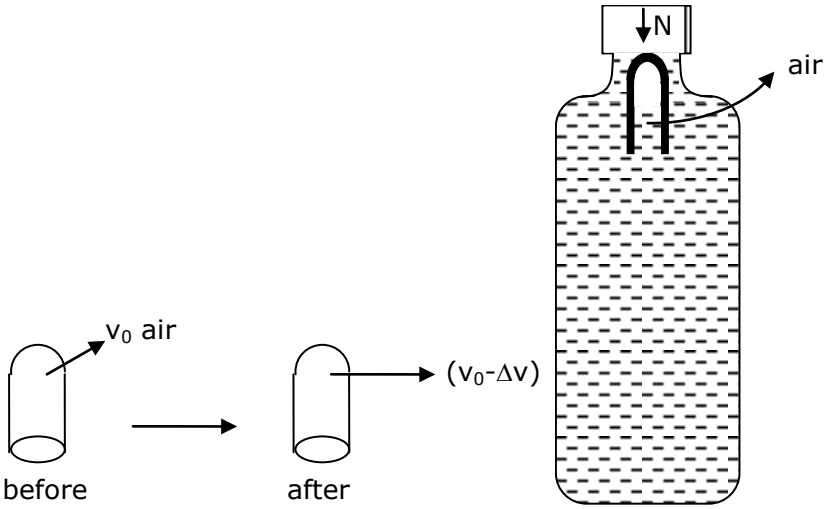
**Q.8** Y का मान _____ है।

**Sol.** **10**

Given

$m_{tube} = 5g$

$\rho_{tube} = 2.5$ gm/cc.




$V_{tube} = \frac{5}{2.5}$

Check when 'N' becomes Zero.

$mg = \rho_w(v_{air} + v_{tube})g$

$5g = 1\ (v_{air} + \frac{5}{2.5})g$

$v_{air} = 3cc \rightarrow$ when N is just zero.

$\Delta v = 3.3\ cc - 3cc = 0.3cc$

**Sol. (7)** = 0.3cc

Now, **Sol.8**

$PV = constant$

$P_1V_1 = P_2V_2$

$10^5\ (3.3) = P_2(3)$

$P_2 = 1.1 \times 10^5$

$\Delta P = P_2 - P_1 = 1.1 \times 10^5 - 10^5$

$= 0.1 \times 10^5$

$= 10 \times 10^3$ pascal

$= Y \times 10^3$ pascal

So, $Y = 10$

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

**Questions stem for Qusetions nos. 9 and 10**

**Question Stem**

A pendulum consists of a bob of mass m = 0.1 kg and a massless inextensible string of length L = 1.0 m. It is suspended from a fixed point at height H = 0.9 m above a frictionless horizontal floor. Initially, the bob of the pendulum is lying on the floor at rest vertically below the point of suspension. A horizontal impulse P = 0.2 kg-m/s is imparted to the bob at some instant. After the bob slides for some distance, the string become taut and the bob lifts off the floor. The magnitude of the angular momentum of the pendulum about the point of suspension just before the bob lifts off is J kg-m$^2$/s. The kinetic energy of the pendulum just after the lift off is K joules.

एक लोलक द्रव्यमान $m = 0.1\,kg$ के एक गोलक तथा लम्बाई $L = 1.0\,m$ की एक द्रव्यमानहीन अवितान्य डोरी से मिलकर बना है। इसे किसी घर्षणहीन क्षैतिज फर्श के उपर उंचाई $H = 0.9\,m$ पर एक स्थिर बिन्दु से लटकाया जाता है। प्रारंभ में लोलक का गोलक निलंबन बिन्दु से उर्ध्वाधर रूप से नीचे विराम में फर्श पर स्थित है। किसी क्षण पर गोलक को क्षैतिज आवेग $P = 0.2\,kg\text{-}m/s$ प्रदान किया जाता है। गोलक के कुछ दूरी के लिए फिसलने के बाद, डोरी तानित हो जाती है तथा गोलक फर्श से उपर उठ जाता है। गोलक के उपर उठने से ठीक पहले निलंबन बिन्दु के सापेक्ष लोलक के कोणीय संवेग का परिमाण $J\,kg\text{-}m^2/s$ है। गोलक के उपर उठने के ठीक बाद लोलक की गतिज उर्जा K जूल है।

**ROTATIONAL MOTION**

**Q.9** The value of J is _____.

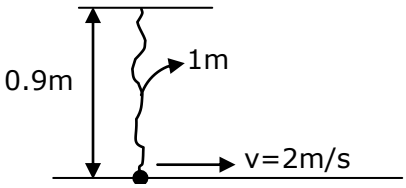
J का मान _____ है।

**Sol.** **0.18**

Angular momentum = L = $mvr_\perp$

= 0.2 × 0.9

= 0.18

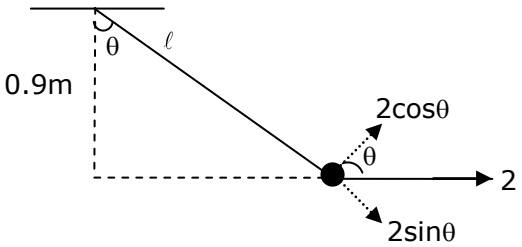



**ROTATIONAL MOTION**

**Q.10** The value of K is _____.

K का मान _____ है।

**Sol.** **0.16**




2sinθ will become zero

because of impulse from string

K.E. = $\frac{1}{2}\times 0.1\times(2\times 0.9)^2$ = 0.16J

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

**Questions Stem for Questions nos. 11 and 12**

**Question Stem**

In a circuit, a metal filmanet lamp is connected in series with a capacitor of capacitance CμF across a 200 V, 50 Hz supply. The power consumed by the lamp is 500 W while the voltage drop across it is 100 V. Assume that there is no inductive load in the circuit. Take rms values of the voltages. The magnitude of the phase angle (in degrees) between the current and the supply voltage is ϕ. Assume, $\pi\sqrt{3} \approx 5$.

एक परिपथ में, धातु फिलामेन्ट लैम्प को 200V, 50 Hz सप्लाई के सिरो में CμF धारिता के एक संधारित्र के साथ श्रेणी में संयोजित किया जाता है। लैम्प द्वारा व्ययित शक्ति 500 W है, जबकि इसके सिरो में वोल्टता पतन 100 V है। माना परिपथ में कोई प्रेरकीय लोड़ नही है। वोल्टत के rms मान लीजिए। धारा तथा सप्लाई वोल्टता के मध्य कला–कोण (डिग्री में) का परिमाण ϕ है। माना, $\pi\sqrt{3} \approx 5$.

**ALTERNATING CURRENT**

**Q.11** The value of C is _____.

C का मान _____ है।

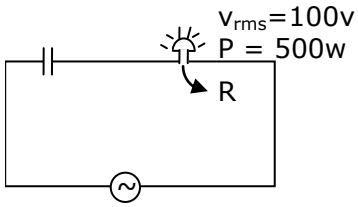
**Sol.** **100**

**ALTERNATING CURRENT**

**Q.12** The value of ϕ is _____.

ϕ का मान _____ है।

**Sol.** **60**




$v_{rms}$ = 1200 volt

f = 50 Hz

$P = \frac{V_{rms}^2}{R} = \frac{100 \times 100}{R}$

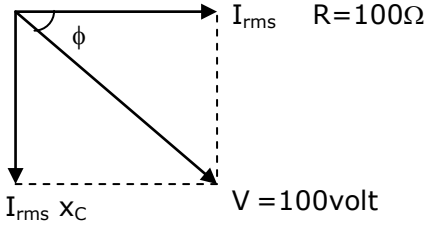
$R = \frac{10^4}{500} = 20\Omega$

Also, $\Rightarrow$ For resistance

$P = V_{rms} \cdot I_{rms}$

$P = 100 \times I_{rms}$

$\Rightarrow I_{rms} = 5A$



$$\cos\theta = \frac{100}{200} = \frac{1}{2}$$

$\phi = 60°$

From above phaser ; $200 \sin 60° = I_{rms}\, x_c$

$$200 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5 \times x_c$$

$$x_c = 20\sqrt{3}$$

$$\frac{1}{\omega C} = 20\sqrt{3}$$

We get $C = 100\ \mu F$

## Section – 3

- This section contains TWO (02) paragraphs. Based on each paragraph, there are TWO (02) questions.
- Each question has FOUR options (A), (B), (C) and (D). ONLY ONE of these four options is the correct answer.
- For each question, choose the option corresponding to the correct answer.
- Answer to each question will be evaluated according to the following marking scheme:

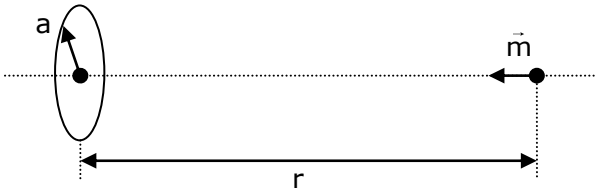
Full Marks : +3 If ONLY the correct option is chosen;
Zero Marks : 0 If none of the options is chosen (i.e. the question is unanswered);
Negative Marks : −1 In all other cases.

### Paragraph

A special metal S conducts electricity without any resistance. A closed wire loop, made of S, does not allow any change in flux through itself by inducing a suitable current to generate a compensating flux. The induced current in the loop cannot decay due to its zero resistance. This current gives rise to a magnetic moment which in turn repels the source of magnetic field or flux. Consider such a loop, of radius a, with its center at the origin. A magnetic dipole of moment m is brought along the axis of this loop from infinity to a point at distance r (>> a) from the center of the loop with its north pole always faing the loop, as shown in the figure below. The magnitude of magnetic field of a dipole m, at a point on its axis at distance r, is $\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{m}{r^3}$, where $\mu_0$ is the permeability of free space. The magnitude of the force between two magnetic dipoles with moments, $m_1$ and $m_2$, separated by a distance r on the common axis, with their north poles facing each other, is $\frac{km_1m_2}{r^4}$, where k is a constant of appropriate dimensions. The direction of this force is along the line joining the two dipoles.

एक विशेष धातु S किसी प्रतिरोध के बिना विद्युत का चालक करती है। S से निर्मित एक बन्द तार लूप प्रतिकारी फ्लक्स उत्पन्न करने के लिए उपयुक्त धारा उत्पन्न कर स्वयं से फ्लक्स में कोई परिवर्तन नहीं देता है। लूप में प्रेरित धारा का इसके शून्य प्रतिरोध के कारण क्षय नहीं हो सकता है। इस धारा के कारण चुम्बकीय आघूर्ण में वृद्धि होती है, जिसके परिणामस्वरूप चुम्बकीय क्षेत्रा या फ्लक्स का स्त्रोत प्रतिकर्षित होता है। a त्रिज्या के इस प्रकार के एक लूप पर विचार कीजिए इसका केन्द्र मूल बिन्दु पर है। नीचे चित्र में दर्शाए अनुसार m आघूर्ण के एक चुम्बकीय द्विध्रुव को इस लूप के अक्ष के अनुदिश अनन्त से लूप के केन्द्र से r (>> a) पर एक बिन्दु तक लाया जाता है तथा इसका उत्तर ध्रुव सदैव लूप की ओर है। एक द्विध्रुव m का इसके अक्ष पर r दूरी पर एक बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण है, जहाँ $\mu_0$ मुक्त त्रिविम की पारगम्यता है। $m_1$ तथा $m_2$ आघूर्ण के दो चुम्बकीय द्विध्रुव उभयनिष्ठ अक्ष पर r दूरी द्वारा पृथक्कृत है, इनके मध्य बल का परिमाण $\frac{km_1m_2}{r^4}$ है, इनके उत्तर ध्रुव एक–दूसरे की ओर है, जहाँ k उपयुक्त विमाओ का एक नियतांक है। इस बल की दिशा दोनो ध्रुवो को जोड़ने वाली रेखा के अनुदिश है।

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021




**ELECTROMAGNETIC INDUCTION**

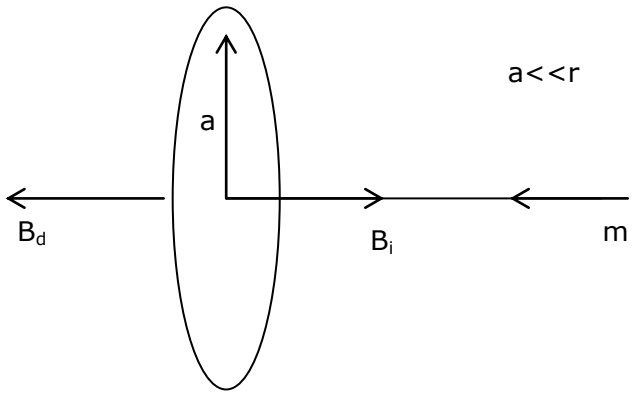
**Q.13** When the dipole m is placed at a distance r from the center of the loop (as shown in the figure), the current induced in the loop will be proportional to
जब द्विध्रुव m को लूप के केन्द्र से r दूरी पर रखा जाता है (चित्र में दर्शाए अनुसार) तब लूप में प्रेरित धारा किसके समानुपाती होगी ?
(A) $m/r^3$ (B) $m^2/r^2$ (C) $m/r^2$ (D) $m^2/r$

**Sol. A**

**ELECTROMAGNETIC INDUCTION**

**Q.14** The work done in bringing the dipole from infinity to a distance r from the center of the loop by the given proces is proportional to
दी गई प्रक्रिया द्वारा द्विध्रुव को अनन्त से लूप के केन्द्र से दूरी r तक लाने में किया गया कार्य किसके समानुपाती है ?
(A) $m/r^5$ (B) $m^2/r^5$ (C) $m^2/r^6$ (D) $m^2/r^7$

**Sol. C**




$\rightarrow$ flux of super condutor remains same.

$B_d = B_i$

($B_d$ due to dipole, $B_i$ due to induce )

$$\frac{\mu_0 2m}{4\pi r^3} = \frac{\mu_0 i}{2a}$$

$$\Rightarrow i \propto \frac{m}{r^3} \qquad .....(1)$$

$W = U_f - U_i$ and $U = -\vec{M}.\vec{B}$

$U_i = 0$ $= MB \quad (\theta = 180°)$

$\therefore W = mB$

$$W = m\frac{\mu_0 ia^2}{2(a^2 + r^2)^{3/2}}$$

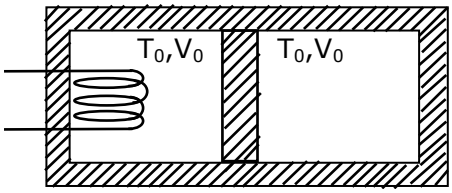
Put i from equation (1)

$$W \propto \frac{m^2}{r^6}$$

**Paragraph**

A thermally insulating cylinder has a thermally insulating and frictionless movable partition in the middle, as shown in the figure below. On each side of the partition, there is one mole of an ideal gas, with specific heat at constant volume, $C_V=2R$. Here, $R$ is the gas constant. Initially, each side has a volume $V_0$ and temperature $T_0$. The left side has an electric heater, which is turned on at very low power to transfer heat $Q$ to the gas on the left side. As a result the partition moves slowly towards the right reducing the right side volume to $V_0/2$. Consequently, the gas temperatures on the left and the right sides become $T_L$ and $T_R$, respectively. Ignore the changes in the temperatures of the cylinder, heater and the partition.

एक तापीय रूप से कुचालक बेलन में नीचे चित्र में दर्शाए अनुसार मध्य में तापीय रूप से कुचालक तथा घर्षणहीन गतिमान विभाजक है। विभाजक के प्रत्येक भाग पर एक मोल आदर्श गैस है, जिसकी नियत आयतन पर विशिष्ट उष्मा $C_v = 2R$ है। यहाँ R गैस नियतांक है। प्रारंभ में प्रत्येक भाग का आयतन $V_0$ तथा ताप $T_0$ है। बायें भाग में एक विद्युत हीटर है, जो गैस को बाऐं भाग पर Q उष्मा स्थानान्तरित करने के लिए अत्यन्त निम्न शक्ति पर चालू होता है। जिसके परिणामस्वरूप विभाजक धीरे–धीरे दायीं ओर गति करता है, जिससे दाएं भाग का आयतन $V_0/2$ तक घटता जाता है। परिणामस्वरूप बाऐं व दाऐं भाग पर गैस के ताप क्रमशः $T_L$ तथा $T_R$ हो जाते है। बेलन, हीटर तथा विभाजक के तापो में परिवर्तनो को नगण्य मानिए।



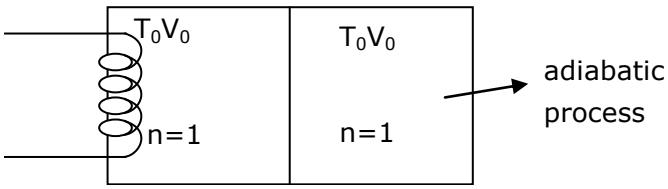

**HEAT-2**

**Q.15** The value of $\frac{T_R}{T_0}$

$\frac{T_R}{T_0}$ का मान है –

(A) $\sqrt{2}$ (B) $\sqrt{3}$ (C) 2 (D) 3

**Sol. A**




process in right chamber is adiabatic

$PV^{\gamma}$ = constant

$\because \gamma = \frac{3}{2}$

$\therefore T_0V_0^{\gamma-1} = T_f\left(\frac{V_0}{2}\right)^{\gamma-1}$

$T_R = T_0\, 2^{1/2}$

$\frac{T_R}{T_0} = \sqrt{2}$

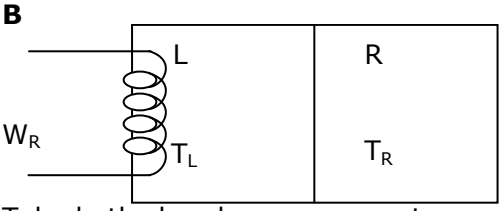
**HEAT-2**

**Q.16** The value of $\frac{Q}{RT_0}$

$\frac{Q}{RT_0}$ का मान है –

(A) $4(2\sqrt{2}+1)$ (B) $4(2\sqrt{2}-1)$ (C) $(5\sqrt{2}+1)$ (D) $(5\sqrt{2}-1)$

**Sol.** **B**




Take both chamber as one system
net work done = 0
i.e. $\Delta W_L + \Delta W_R = 0$ ....(i)
Apply 1st law of thermodynamics
$\Delta Q_{L+R} = \Delta U_L + \Delta U_R + \Delta W_L + \Delta W_R$
$\Delta Q_{L+R} = \Delta U_L + \Delta U_R$
$\because \Delta U = nC_V dT$

$$\Delta Q_{L+R} = 1 \times 2R\,(T_L - T_0) + 1 \times 2R\left(\sqrt{2}T_0 - T_0\right) \quad \text{....(i)}$$

Calculation of $T_L$
(Final temperature in left chamber)
From ideal gas equation

| $\frac{3v_0}{2}$ | $\frac{v_0}{2}$ |
|---|---|

$PV = nRT$

$$nR = \frac{PV}{T}$$

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P\left(\frac{3V_0}{2}\right)}{T_L} \rightarrow \text{For left chamber}$$

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P\left(\frac{V_0}{2}\right)}{\sqrt{2}T_0} \rightarrow \text{for right chamber}$$

$T_L = 3\sqrt{2}T_0$
Put the value of $T_L$ in equation (i)

$$\Delta Q_{L+R} = 2R\left[3\sqrt{2}T_0 - T_0\right] + 2R\left[\sqrt{2}T_0 - T_0\right]$$

$$\Delta Q_{L+R} = 2R\left[4\sqrt{2}T_0 - 2T_0\right]$$

$$\text{or } \frac{\Delta Q_{L+R}}{RT_0} = 4\left[2\sqrt{2}-1\right]$$

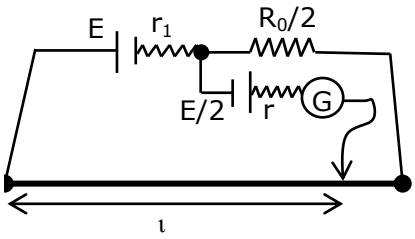
An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

## SECTION 4

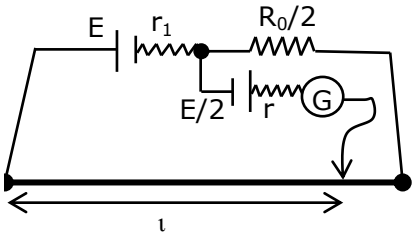
- This section contains THREE (03) questions.
- The answer to each question is a NON-NEGATIVE INTEGER.
- For each question, enter the correct integer corresponding to the answer using the mouse and the on-screen virtual numeric keypad in the place designated to enter the answer.
- Answer to each question will be evaluated according to the following marking scheme:
  Full Marks : +4 If ONLY the correct integer is entered;
  Zero Marks : 0 In all other cases.

**CURRENT ELECTRICITY**

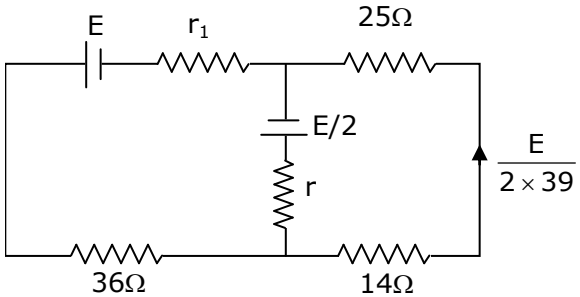
**Q.17** In order to measure the internal resistance $r_1$ of a cell of emf $E$, a meter bridge of wire resistance $R_0 = 50\Omega$, a resistance $R_0/2$, another cell of emf $E/2$ (internal resistance $r$) and a galvanometer G are used in a circuit, as shown in the figure. If the null point is found at $l$=72 cm, then the value of $r_1$=____ Ω.




वि.वा.बल E के एक सेल के आंतरिक प्रतिरोध $r_1$ के मापन के लिए एक परिपथ में चित्रानुसार तार प्रतिरोध $R_0 = 50\Omega$ के एक मीटर सेतु, एक प्रतिरोध $R_0/2$ वि.वा.बल E/2 के अन्रू सेल (आंतरिक प्रतिरोध r) तथा एक गेल्वेनोमीटर G का उपयोग किया जाता है। यदि शून्य विक्षेप बिन्दु $l = 72$ cm पर पाया जाता है, तब $r_1$ का मान _____ Ω.




**Sol. 3**




From the circuit

$$\frac{E}{2\times 39} = \frac{E}{75 + r_1}$$

$75 + r_1 = 2 \times 39$

$r_1 = 3\ \Omega$

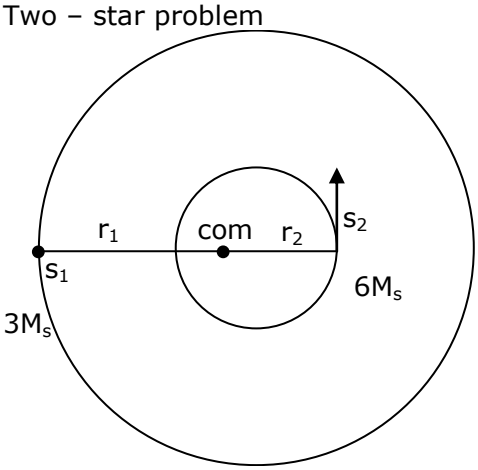
**GRAVITATION**

**Q.18** The distance between two stars of masses $3M_S$ and $6M_S$ is $9R$. Here $R$ is the mean distance between the centers of the Earth and the Sun, and $M_S$ is the mass of the Sun. The two stars orbit around their common center of mass in circular orbits with period $nT$, where $T$ is the period of Earth's revolution around the Sun. The value of n is ____.

द्रव्यमान $3M_s$ तथा $6M_s$ के दो तारो के मध्य दूरी 9R है। यहाँ R, पृथ्वी तथा सूर्य के केन्द्रो के मध्य माध्य दूरी है तथा $M_s$ सूर्य का द्रव्यमान है। दोनो तारे वृत्तीय कक्षाओ में अपने उभयनिष्ठ द्रव्यमान केन्द्र के चारो ओर आवर्तकाल nT से परिक्रमण करते है, जहाँ T सूर्य के चारो ओर पृथ्वी के परिक्रमण का आवर्तकाल है। n का मान ____ है।

**Sol.** **9**

Two – star problem




$r_1 = \frac{6 \times 9}{9} R = 6R$

$r_2 = 3R$

on $6M_s$

$$\frac{G3M_S 6M_s}{(9R)^2} = 6M_S \left(\frac{2\pi}{nT}\right)^2 3R \qquad \text{....(i)}$$

for S-E system

$$\frac{GM_s M_E}{R^2} = M_E \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R \qquad \text{....(ii)}$$

Solve equation (i) and (ii)

n = 9

**MODERN-I**

**Q.19** In a photoemission experiment, the maximum kinetic energies of photoelectrons from metals $P$, $Q$ and $R$ are $E_P$, $E_Q$ and $E_R$, respectively, and they are related by $E_P = 2E_Q = 2E_R$. In this experiment, the same source of monochromatic light is used for metals $P$ and $Q$ while a different source of monochromatic light is used for the metal $R$. The work functions for metals $P$, $Q$ and $R$ are 4.0 eV, 4.5 eV and 5.5 eV, respectively. The energy of the incident photon used for metal $R$, in eV, is ____.

किसी प्रकाश उत्सर्जन प्रयोग में, धातुओ P, Q तथा R से फोटो इलेक्ट्रॉनो की अधिकतम गतिज उर्जायें क्रमशः $E_P, E_Q$ तथा $E_R$ है तथा ये $E_P = 2E_Q = 2E_R$ द्वारा संबंधित है। इस प्रयोग में, एकलवर्णीय प्रकाश के समान स्त्रोत का उपयोग धातुओ P तथा Q के लिए किया जाता है, जबकि एकलवर्णीय प्रकाश के भिन्न–भिन्न स्त्रोतो का उपयोग धातु R के लिए किया जाता है। धातुओ P, Q तथा R के लिए कार्यफलन क्रमशः 4.0 eV, 4.5 eV तथा 5.5 eV है। धातु R के लिए प्रयुक्त आपतित फोटॉन की उर्जा (eV में) ____ है।

**Sol.** **6**

Photo-electric effect

$E = h\upsilon - W_0$

Here, $W_0$ = work function

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

Given : $E_P = 2E_Q = 2E_R$
Now,
$E_P = h\upsilon_P - 4$ ...(i)
$E_Q = h\upsilon_Q - 4.5$ ....(ii)
$E_R = h\upsilon_R - 5.5$ ....(iii)
we have to calculate $h\upsilon_R$
$\upsilon_Q = \upsilon_Q \rightarrow$ Given
Equation (i) – equation (ii)
E = 0.5
$h\upsilon_R = 6$

An Unmatched Experience of Offline
KOTA CLASSROOM For JEE
New batch Starting from : 6th October 2021

## Academic Pillars of JEE MOTION KOTA



**Ram Ratan Dwivedi**
(RRD Sir)
Joint Director
Exp. : 20 yrs

**Amit Verma**
(AV Sir)
Joint Director
Exp. : 16 yrs



**Vijay Pratap Singh**
(VPS Sir)
Vice President
Exp. : 20 yrs



**Nikhil Srivastava**
(NS Sir)
Head JEE Academics
Exp. : 17 yrs

**Aatish Agarwal**
(AA Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 17 yrs

**Jayant Chittora**
(JC Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 16 yrs

**Anurag Garg**
(AG Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 17 yrs

**Arjun Gupta**
(Arjun Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 14 yrs

**Devki Nandan Pathak**
(DN Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 13 yrs

**Avinash Kishore**
(AVN Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 9 yrs

**Vipin Sharma**
(VS Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 12 yrs

**Durgesh Pandey**
(Pandey Sir)
Sr. Faculty
Exp. : 8 yrs

Join
**JEE DROPPER BATCH**
English & Hindi Medium
Online + Offline Mode

Batch Starting from :
**6th October 2021**