



**DPP No. : B17 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 37**

**Max. Time : 29 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1

(3 marks, 2 min.) [03, 02]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.2 to Q.5

(4 marks 2 min.) [16, 08]

Comprehension ('-1' negative marking) Q.6 to Q.7

(3 marks 2 min.) [06, 04]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.8 to Q.10

(4 marks 5 min.) [12, 15]

1. You are given two unknown resistors X and Y. These resistances are to be determined, using an ammeter of  $R_A = 0.5 \Omega$  and a voltmeter of  $R_v = 20 \text{ k}\Omega$ . It is known that X is in range of a few ohms and Y is in the range of several kilo ohm's. Which circuit is preferable to measure X and Y :

आपको दो अज्ञात प्रतिरोध X व Y दिया जाता है, जिसका प्रतिरोध आपको अमीटर  $R_A = 0.5 \Omega$  तथा वॉल्टमीटर  $R_v = 20 \text{ k}\Omega$  द्वारा ज्ञात करना है। यह जानते हुए कि X की परास कुछ ओम की है तथा Y की परास कुछ किलो ओम की है। X व Y को मापित करने के लिए कौनसा परिपथ ज्यादा उपयुक्त है?

Resistor प्रतिरोध

Circuit परिपथ

x

(a)

y

(b)

(A) x → (a), y → (b)

(B\*) x → (b), y → (a)

(C) x → (a), y → (a)

(D) x → (b), y → (b)

Sol.

If R is very large ( $\sim K \Omega$ )

यदि R अत्यधिक है ( $\sim K \Omega$ )

Then measured resistance from arrangement (a) will be

तो विच्यास (a) से मापित प्रतिरोध होगा।

$$R_{\text{measured}} = R + R_A \approx R$$

So (a) will be preferred अतः (a) ज्यादा उपयुक्त होगा

If R is very small ( $\sim \text{few Ohm}$ ) यदि R अत्यल्प है ( $\sim \text{कुछ ओम}$ )

then measured resistance from (b) will be तो विच्यास (b) से मापित प्रतिरोध होगा।

$$R_{\text{measured}} = \text{where जहां } R/R_v \text{ is negligible नगण्य है।}$$

$$\text{so, } R_{\text{measured}} = R$$

So (b) will be preferred अतः (b) ज्यादा उपयुक्त है।

2. A particle moving with constant speed u inside a fixed smooth spherical bowl of radius a describes a

horizontal circle at a distance  $\frac{a}{2}$  below its centre.

एक स्थिर घर्षण रहित a त्रिज्या के एक चिकने गोलाकार प्याले (जो क्षैतिज वृत्त वर्णित करता है) में एक कण प्याले के केन्द्र से नीचे  $\frac{a}{2}$  दूरी पर गति कर रहा है।

(A\*) The radius of the circular motion is  $\frac{a\sqrt{3}}{2}$

(B\*) The value of u is  $\sqrt{\frac{3ag}{2}}$

(C) The normal reaction of the spherical surface on the particle is  $\frac{mg}{2}$

(D) The magnitude of the resultant force acting on the particle is zero, in an inertial frame.



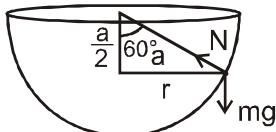
(A\*) वृत्तीय गति की त्रिज्या  $\frac{a\sqrt{3}}{2}$  है।

(B\*) u का मान  $\sqrt{\frac{3ag}{2}}$  होगा।

(C) कण पर गोलाकार सतह की अभिलम्ब प्रतिक्रिया  $\frac{mg}{2}$  होगी।

(D) कण पर कार्यरत परिणामी बल का परिमाण जड़त्वीय निर्देश तन्त्र में शून्य होगा।

Sol:



$$r = a \sin 60^\circ = \frac{a\sqrt{3}}{2}$$

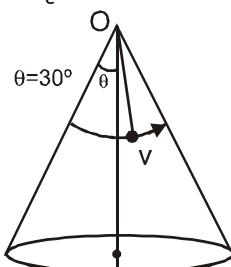
$$N \sin 60^\circ = \frac{mu^2}{r} B$$

$$N \cos 60^\circ = mg$$

From the above two equations we get  $u = \sqrt{\frac{3ag}{2}}$

उपरोक्त दोनों समीकरणों से हम प्राप्त करते हैं  $u = \sqrt{\frac{3ag}{2}}$

3. A bob of mass 2 kg is suspended from point O of a cone with an inextensible string of length  $\sqrt{3}$  m. It is moving in horizontal circle over the surface of cone as shown in the figure. Then : ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )  
2 kg द्रव्यमान का एक लोलक एक शंकु के बिन्दु O से  $\sqrt{3}$  m लम्बाई की अवितान्य डोरी से लटका हुआ है। वह शंकु की सतह पर दर्शाये अनुसार क्षेत्रीज वृत्त में गति कर रहा है। तब – ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



(A\*) bob loses contact with cone if  $v > \sqrt{5}$  m/s (B) normal force on bob is 19 N when  $v = 2 \text{ m/s}$

(C\*) tension in string is  $\frac{38}{\sqrt{3}}$  N when  $v = 2 \text{ m/s}$  (D) normal force on bob is  $\frac{17}{\sqrt{3}}$  N when  $v = 2 \text{ m/s}$

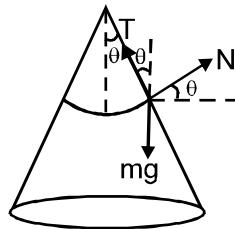
(A\*) लोलक शंकु से सम्पर्क छोड़ देता है यदि  $v > \sqrt{5}$  m/s है।

(B) लोलक पर अभिलम्ब प्रतिक्रिया 19 N है जब  $v = 2 \text{ m/s}$  है।

(C\*) डोरी में तनाव  $\frac{38}{\sqrt{3}}$  N है जब  $v = 2 \text{ m/s}$  है।

(D) लोलक पर अभिलम्ब प्रतिक्रिया  $\frac{17}{\sqrt{3}}$  N है जब  $v = 2 \text{ m/s}$  है।

Sol.



$$T \cos 30^\circ + N \sin 30^\circ = mg \\ \Rightarrow \sqrt{3} T + N = 2 mg \quad \dots \dots \dots \text{(i)}$$

$$T \sin 30^\circ - N \cos 30^\circ = \frac{mv^2}{(\sqrt{3}/2)} \\ \Rightarrow T \sin 30^\circ - 3N = 4mv^2 \\ \sqrt{3}T - 3N = 4mv^2 \quad \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

$$\text{by (i),(ii) से } N = \frac{2mg - 4mv^2}{4} ; \quad T = \frac{6mg - 4mv^2}{4\sqrt{3}}$$

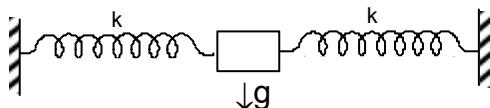
for  $N > 0$  के लिए  $\Rightarrow v < \sqrt{5} \text{ m/s}$

at  $v = 2$  पर  $T = \frac{38}{\sqrt{3}} N ; \quad N = 2N.$

### Comprehension

A block is tied within two springs, each having spring constant equal to  $k$ . Initially the springs are in their natural length and horizontal as shown in the figure, the block is released from rest. The springs are ideal, acceleration due to gravity is  $g$  downwards. Air resistance is to be neglect. The natural length of spring is  $\ell_0$ . The decrease in height of the block till it reaches equilibrium is  $\sqrt{3}\ell_0$ .

एक ब्लॉक दो स्प्रिंगों से जुड़ा हुआ है, प्रत्येक स्प्रिंग का स्प्रिंग नियतांक  $K$  है। प्रारम्भ में स्प्रिंग उनकी प्राकृतिक लम्बाई में चित्रानुसार क्षेत्रिज स्थिति में हैं, ब्लॉक को विरामावस्था से छोड़ा जाता है। स्प्रिंग आदर्श है। गुरुत्व के कारण त्वरण नीचे की ओर  $g$  है। वायु प्रतिरोध नगण्य है, स्प्रिंग की प्राकृतिक लम्बाई  $\ell_0$  है। साम्यावस्था तक पहुँचने में ब्लॉक की ऊँचाई में कमी  $\sqrt{3}\ell_0$  होती है।



4. Choose the correct option(s)

सही विकल्पों का चयन कीजिये :

(A\*) The mass of the block is  $\frac{\sqrt{3}k\ell_0}{g}$

(B) Velocity of the blocks becomes zero at the equilibrium position.

(C\*) Maximum speed of the block in motion when it is released from the shown horizontal position is  $\sqrt{\frac{4g\ell_0}{\sqrt{3}}}$

(D) The acceleration of the block, just after cutting any one of the strings (at the shown instant), is less than  $g$ .

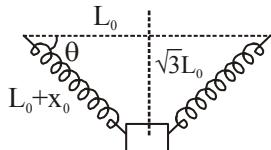
(A\*) ब्लॉक का द्रव्यमान  $\frac{\sqrt{3}k\ell_0}{g}$  होगा

(B) साम्यावस्था पर ब्लॉक का वेग शून्य हो जायेगा

(C\*) प्रदर्शित क्षेत्रिज स्थिति से छोड़ने पर गति के दौरान अधिकतम चाल  $\sqrt{\frac{4g\ell_0}{\sqrt{3}}}$  है।

(D) प्रदर्शित क्षण पर किसी भी एक स्प्रिंग को काटने के तुरन्त पश्चात् ब्लॉक का त्वरण  $g$  से कम होगा।

**Sol.** (A)  $\ell_0 + x_0 = \sqrt{\ell_0^2 + 3\ell_0^2} = 2\ell_0 \Rightarrow x_0 = \ell_0$



$$\tan \theta = \sqrt{3}$$

$$\Rightarrow \theta = 60^\circ$$

$$mg = 2[kx_0 \sin 60^\circ] = \sqrt{3}k\ell_0$$

$$\Rightarrow m = \frac{\sqrt{3}k\ell_0}{g}$$

(C) The block will have maximum speed at its equilibrium position. by energy conservation

$$\begin{aligned} 0 + \sqrt{3}mg\ell_0 + 0 &= \frac{1}{2}mv^2 + 0 + \left[ \frac{1}{2}k(\ell_0)^2 \right] 2 \\ \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 &= \sqrt{3}mg\ell_0 - k\ell_0^2 \\ \Rightarrow v^2 &= 2\sqrt{3}g\ell_0 - \frac{2k\ell_0^2}{m} \\ &= 2\sqrt{3}g\ell_0 - \frac{2\ell_0^2 g}{\sqrt{3}L_0} = 2\sqrt{3}g\ell_0 - \frac{2}{\sqrt{3}}g\ell_0 = \frac{6g\ell_0 - 2g\ell_0}{\sqrt{3}} = \frac{4g\ell_0}{\sqrt{3}} \end{aligned}$$

5. Now suppose that the block is at its equilibrium position initially.

माना ब्लॉक प्रारम्भ में विराम अवस्था में है।

(A) The block will perform SHM for any vertical displacement

(B\*) Time period of the block is  $4\pi\sqrt{\frac{m}{6k}}$  for small displacement in the vertical direction

(C) The total energy stored in both the springs at the equilibrium position is  $4k\ell_0^2$

(D\*) The acceleration of the block, just after any one of the springs is cut, is  $\frac{g}{\sqrt{3}}$

(A) किसी भी ऊर्ध्वाधर विस्थापन के लिये ब्लॉक सरल आवर्त गति करेगा।

(B\*) ऊर्ध्वाधर दिशा में अल्प विस्थापन के लिये ब्लॉक का आवर्तकाल  $4\pi\sqrt{\frac{m}{6k}}$  है।

(C) साम्यावस्था पर दोनों स्प्रिंग में संचित ऊर्जा  $4k\ell_0^2$  है।

(D\*) किसी भी स्प्रिंग को काटने के तुरन्त पश्चात् ब्लॉक का त्वरण  $\frac{g}{\sqrt{3}}$  है।

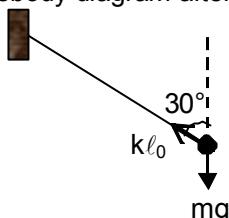
**Sol** (B) Let the block is shifted downwards by small x then Restoring force

$$F = 2k(\ell_0 + x \cos 30^\circ) \cos 30^\circ - mg$$

$$= 2k \cos^2 30^\circ x + 2k\ell_0 \cos 30^\circ - mg$$

$$\omega = \sqrt{\frac{6k}{4m}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{4m}{6k}}$$

(D) Freebody diagram after cutting right spring

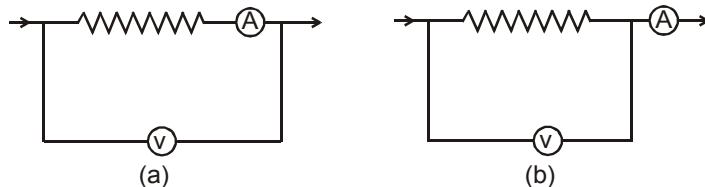


$$\text{Resultant of two forces gives } a_{\text{net}} = \frac{g}{\sqrt{3}}$$

### Comprehension -1 अनुच्छेद-1:

In the Ohm's law experiment to find resistance of unknown resistor  $R$ , following two arrangements (a) and (b) are possible.

ओम के नियम के प्रयोग से अज्ञात प्रतिरोध  $R$  का मान ज्ञात करते हैं, इसके लिए दो तरीके (a) तथा (b) सम्भव हैं।



The resistance measured is given by

मापित प्रतिरोध  $R$  दिया जाता है।

$$R_{\text{measured}} = \frac{V}{i}$$

$V$  = voltage reading of voltmeter,  $i$  = current reading of ammeter.

But unfortunately the ammeters and voltmeter used are not ideal, but having resistance  $R_A$  and  $R_V$  respectively.

$V$  = वोल्टमीटर द्वारा मापा गया विभवान्तर,  $i$  = अमीटर द्वारा मापी गई धारा।

लेकिन उपयोग में लिए गये अमीटर व वोल्टमीटर आदर्श नहीं हैं। इनका प्रतिरोध  $R_A$  व  $R_V$  है।

6. For arrangement (a), the measured resistance is  
चित्र (a), के लिए मापित प्रतिरोध होगा –

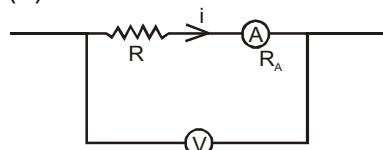
(A)  $R + R_V$

(B\*)  $R + R_A$

(C)  $\frac{RR_V}{R+R_V}$

(D)  $\frac{RR_V}{R+R_V} + R_A$

Sol. (B)



Reading of Ammeter अमीटर का पाठ्यांक =  $i$

Reading of voltmeter वोल्टमीटर पाठ्यांक = P.d. across voltmeter वोल्टमीटर पर विभव पतन

= P.d. across  $(R + R_A)$  system =  $i (R + R_A)$

= निकाय  $(R + R_A)$  पर विभव पतन =  $i (R + R_A)$

$$\Rightarrow \text{Measured resistance मापित प्रतिरोध} = \frac{V}{i} = \frac{i(R + R_A)}{i} = R + R_A$$

7. For arrangement (b), the measured resistance is  
चित्र (b), के लिए मापित प्रतिरोध होगा –

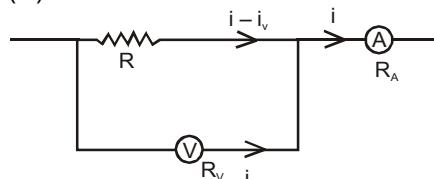
(A)  $R + R_V$

(B)  $R + R_A$

(C\*)  $\frac{RR_V}{R+R_V}$

(D)  $\frac{RR_V}{R+R_V} + R_A$

Sol. (C)



• Reading of Ammeter अमीटर पाठ्यांक =  $i$

$$\text{and व } i_V R_V = (i - i_V) R \Rightarrow i_V = \frac{i R}{R + R_V}$$

$$\bullet \text{Reading of Voltmeter वोल्टमीटर पाठ्यांक } V = i R_{\text{eq}} = i \times \frac{RR_V}{(R + R_V)}$$

$$\text{measured resistance मापित प्रतिरोध} = \frac{V}{i} = \frac{iRR_V / (R + R_V)}{i} = \frac{RR_V}{R + R_V}$$

8. A satellite is orbiting around the earth in a circular orbit and in this orbit magnitude of its acceleration is ' $a_1$ '. Now a rocket is fired in the direction of motion of satellite from the satellite due to which its speed instantaneously becomes half of initial, just after the rocket is fired acceleration of satellite has magnitude ' $a_2'$ . Then the ratio  $\frac{a_1}{a_2}$  is (Assume there is no external force other than the gravitational force of earth before and after the firing of rocket from the satellite)

एक उपग्रह पृथ्वी के चारों ओर वृत्तीय कक्षा में घूम रहा है, एवं इसके त्वरण का परिमाण ' $a_1$ ' है। अब उपग्रह से एक रॉकेट उपग्रह की गति की दिशा में दागा जाता है, जिसके कारण इसकी चाल प्रारम्भिक की आधी हो जाती है,

रॉकेट दागने के तुरन्त बाद उपग्रह के त्वरण का परिमाण ' $a_2$ ' है। अनुपात  $\frac{a_1}{a_2}$  का मान उत्तर पुस्तिका में भरिये। (यह मानिये उपग्रह से रॉकेट छोड़े जाने के पहले व बाद में पृथ्वी के गुरुत्वीय बल के अलावा कोई बाह्य बल नहीं है।

**Ans. 1**

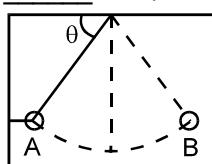
$$\text{Sol. } a_1 = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$$

It is same in both cases यह दोनों स्थितियों में समान है।

$$\therefore \frac{a_1}{a_2} = 1$$

9. A ball is held at rest in position A by two light cords (as in figure). The horizontal cord is cut and the ball starts swinging as pendulum. The ratio of the tension in the supporting cord in position B (after cut) to that in position A (before cut) will be \_\_\_\_\_.

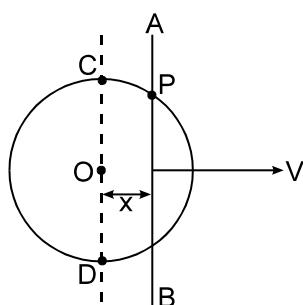
दो हल्की डोरियों द्वारा एक गेंद को स्थिति A में स्थिर रखा जाता है। (चित्रानुसार)। क्षेत्रिज डोरी को काट देने पर गेंद लोलक की भाँति झूलने लगती है। लटकी हुयी डोरी में स्थिति B (काटने के बाद) व स्थिति A (काटने से पूर्व) में उत्पन्न तनावों का अनुपात \_\_\_\_\_ होगा।



[ Ans:  $\sin^2\theta$  ]

10. A rod AB is moving on a fixed circle of radius R with constant velocity 'v' as shown in figure. P is the point of intersection of the rod and the circle. At an instant the rod is at a distance  $x = \frac{3R}{5}$  from centre of the circle. The velocity of the rod is perpendicular to the rod and the rod is always parallel to the diameter CD.

चित्रानुसार एक छड़ AB, R त्रिज्या के स्थिर वृत्त पर नियत वेग 'v' से गति कर रही है। वृत्त तथा छड़ का प्रतिच्छेदन बिन्दु P है। किसी क्षण वृत्त के केन्द्र से छड़ की दूरी  $x = \frac{3R}{5}$  है। छड़ का वेग छड़ के लम्बवत् है तथा छड़ हमेशा व्यास CD के समान्तर है।



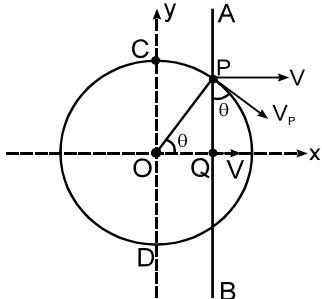
(a) Find the speed of point of intersection P.

प्रतिच्छेदन बिन्दु P की चाल ज्ञात करो।

(b) Find the angular speed of point of intersection P with respect to centre of the circle.

प्रतिच्छेदन बिन्दु P की वृत्त के केन्द्र के सापेक्ष कोणीय चाल ज्ञात करो।

[6]



**Sol. (a)**

As a rod AB moves, the point 'P' will always lie on the circle.

∴ its velocity will be along the circle as shown by ' $V_p$ ' in the figure. If the point P has to lie on the rod 'AB' also then it should have component in 'x' direction as 'V'.

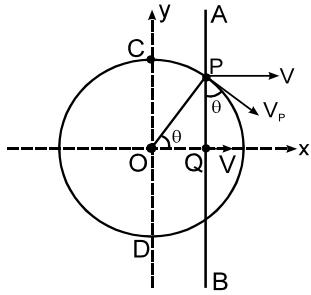
$$\therefore V_p \sin \theta = V \Rightarrow V_p = V \operatorname{cosec} \theta$$

$$\text{here } \cos \theta = \frac{x}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{3R}{5} = \frac{3}{5}$$

$$\therefore \sin \theta = \frac{4}{5} \quad \therefore \operatorname{cosec} \theta = \frac{5}{4}$$

$$\therefore V_p = \frac{5}{4} V \quad \dots \text{Ans.}$$

**हल (a)**



जब छड़ AB गति करेगी, बिन्दु 'P' हमेशा वृत्त पर स्थित होगा।

∴ चित्रानुसार इसका वेग ' $V_p$ ' वृत्त के अनुदिश होगा। यदि बिन्दु P छड़ 'AB' पर स्थित होगा तो इसका 'x' दिशा में घटक 'V' होना चाहिए।

$$\therefore V_p \sin \theta = V \Rightarrow V_p = V \operatorname{cosec} \theta$$

$$\text{यहाँ } \cos \theta = \frac{x}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{3R}{5} = \frac{3}{5}$$

$$\therefore \sin \theta = \frac{4}{5} \quad \therefore \operatorname{cosec} \theta = \frac{5}{4}$$

$$\therefore V_p = \frac{5}{4} V \quad \dots \text{Ans.}$$

**Sol. (b)**

$$\omega = \frac{V_p}{R} = \frac{5V}{4R}$$

**ALTERNATIVE SOLUTION :** वैकल्पिक हल

**Sol. (a)** Let 'P' have coordinate (x, y)

माना 'P' के निर्देशांक (x, y)

$$x = R \cos \theta, y = R \sin \theta.$$

$$V_x = \frac{dx}{dt} = -R \sin \theta \frac{d\theta}{dt} = V \Rightarrow \frac{d\theta}{dt} = \frac{-V}{R \sin \theta}$$

$$\text{तथा and } V_y = R \cos \theta \frac{d\theta}{dt} = R \cos \theta \left( -\frac{V}{R \sin \theta} \right) = -V \cot \theta$$

$$\therefore V_p = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{V^2 + V^2 \cot^2 \theta} = V \operatorname{cosec} \theta \quad \dots \text{Ans.}$$

$$\text{Sol. (b)} \quad \omega = \frac{V_p}{R} = \frac{5V}{4R}$$



**DPP No. : B18 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 41**

**Max. Time : 30 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.3

(3 marks, 2 min.) [09, 06]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.4 to Q.7

(4 marks 2 min.) [16, 08]

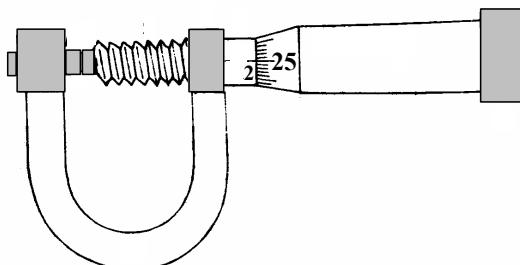
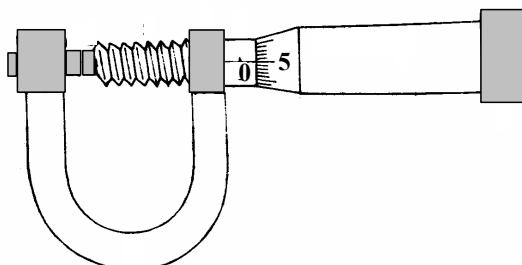
Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.8 to Q.9

(4 marks 5 min.) [08, 10]

Match the Following (no negative marking) Q.10

(8 marks, 6 min.) [08, 06]

1. The number of circular divisions on the shown screw gauge is 50. It moves 0.5 mm on main scale for one complete rotation. Main scale reading is 2. The diameter of the ball is : [ JEE 2006; 3/181, -1 ]  
 चित्र में प्रदर्शित स्रूगेज में 50 वृत्ताकार भाग है। यह मुख्य पैमाने पर एक पूर्ण घूर्णन के लिए 0.5 mm गति करता है तथा मुख्य पैमाने पर पाठ्यांक 2 है। बॉल का व्यास है :



(A) 2.25 mm

(B) 2.20 mm

(C\*) 1.20 mm

(D) 1.25 mm

Sol. Zero error =  $5 \times \frac{0.5}{50} = 0.05 \text{ mm}$

Actual measurement

$$= 2 \times 0.5 \text{ mm} + 25 \times \frac{0.5}{50} - 0.05 \text{ mm}$$

$$= 1 \text{ mm} + 0.25 \text{ mm} - 0.05 \text{ mm} = 1.20 \text{ mm.}$$

Sol. शून्य त्रुटि =  $5 \times \frac{0.5}{50} = 0.05 \text{ mm}$

यथार्थ मापन

$$= 2 \times 0.5 \text{ mm} + 25 \times \frac{0.5}{50} - 0.05 \text{ mm}$$

$$= 1 \text{ mm} + 0.25 \text{ mm} - 0.05 \text{ mm} = 1.20 \text{ mm.}$$

2. A student performs an experiment for determination of  $g \left( = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \right)$ ,  $\ell \approx 1\text{m}$ , and he commits an error of  $\Delta\ell$ . For  $T$  he takes the time of  $n$  oscillations with the stop watch of least count  $\Delta T$  and he commits a human error of 0.1 sec. For which of the following data, the measurement of  $g$  will be most accurate ? [JEE 2006; 3/181, -1 ]

(A)  $\Delta L = 0.5, \Delta T = 0.1, n = 20$   
 (C)  $\Delta L = 0.5, \Delta T = 0.01, n = 20$

(B)  $\Delta L = 0.5, \Delta T = 0.1, n = 50$   
 (D\*)  $\Delta L = 0.1, \Delta T = 0.05, n = 50$

एक विद्यार्थी  $g \left( = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \right)$  की गणना के लिए एक प्रयोग करता है,  $\ell \approx 1\text{m}$  तथा  $\Delta\ell$  त्रुटि बताता है।  $\Delta T$  अल्पतमांक वाली स्टॉप वॉच की सहायता से  $T$  के लिए  $n$  दोलनों का समय ज्ञात करता है तथा 0.1 sec व्यक्तिगत त्रुटि बताता है। निम्न में से किन आंकड़ों के लिए  $g$  का मापन सबसे यथार्थ होगा ?

(A)  $\Delta L = 0.5, \Delta T = 0.1, n = 20$   
 (C)  $\Delta L = 0.5, \Delta T = 0.01, n = 20$

(B)  $\Delta L = 0.5, \Delta T = 0.1, n = 50$   
 (D\*)  $\Delta L = 0.1, \Delta T = 0.05, n = 50$

Sol. 
$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta L}{L} + 2 \frac{\Delta T}{T}$$

In option (D) error in  $\Delta g$  is minimum and number of repetition of measurement are maximum. In this case the error in  $g$  is minimum.

विकल्प (D) में  $\Delta g$  में त्रुटि न्यूनतम है व मापन आवृति अधिकतम है। अतः इस प्रकरण में  $g$  त्रुटि न्यूनतम होगी।

3. A pilot plane of total mass  $M$  is taking a circular loop of radius  $r$  in a horizontal plane at a height where acceleration due to gravity is  $g_0$ . The speed of the plane is constant and equal to  $v$ .

(A) force exerted by air on the plane is  $mg_0$

(B) force exerted by air on the plane is  $\frac{mv^2}{r}$

(C) force exerted by air on the plane is  $mg_0 + \frac{mv^2}{r}$

(D\*) force exerted by air on the plane is  $\sqrt{(mg_0)^2 + \left(\frac{mv^2}{r}\right)^2}$

एक हवाई जहाज जिसका कुल द्रव्यमान  $M$  है, क्षेत्रिज तल में  $r$  त्रिज्या के वृत्ताकार लूप में किसी ऊँचाई पर गति कर रहा है जहाँ गुरुत्व के कारण त्वरण  $g_0$  है। जहाज की चाल  $v$  नियत है।

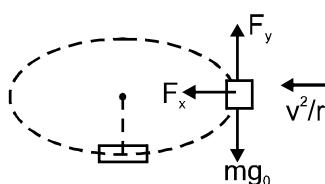
(A) विमान पर वायु द्वारा कार्यरत बल  $mg_0$  है।

(B) विमान पर वायु द्वारा कार्यरत बल  $\frac{mv^2}{r}$  है।

(C) विमान पर वायु द्वारा कार्यरत बल  $mg_0 + \frac{mv^2}{r}$  है।

(D\*) विमान पर वायु द्वारा कार्यरत बल  $\sqrt{(mg_0)^2 + \left(\frac{mv^2}{r}\right)^2}$

Sol.



$$F_y = mg_0$$

$$F_x = \frac{mv^2}{r}$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(mg_0)^2 + \left(\frac{mv^2}{r}\right)^2}$$

4. A ball of mass 1.6 kg is projected with a velocity of 20 m/s at an angle of  $37^\circ$  above the horizontal. After 1.2 sec., gravitational field vanishes and a force of constant magnitude is applied after that, force being always perpendicular to the direction of motion till it strikes the ground. When it strikes the ground it is moving vertically. Choose the correct option ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) :

1.6 kg द्रव्यमान की एक गेंद, क्षेत्र से  $37^\circ$  के कोण पर 20 m/s के वेग से प्रक्षेपित की जाती है। 1.2 sec. पश्चात् गुरुत्वायीय क्षेत्र समाप्त हो जाता है तथा नियत परिमाण का एक बल लगाया जाता है। इसके पश्चात् बल सदैव गति की दिशा के लम्बवत् तब तक रहता है जब तक कि यह धरातल पर न पहुँच जाये। जब यह धरातल से टकराता है तब यह ऊर्ध्वाधर गति कर रहा है। सही विकल्प का चयन कीजिए। ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) :

(A) Initially path is parabolic and later on it becomes hyperbolic

(B\*) The radius of the circle will be 7.2 m and constant magnitude of force applied is  $\frac{512}{9} \text{ N}$

(C\*) The speed during circular motion will be 16 m/s

(D\*) The time it takes to strike the ground is less than that it would have taken in projectile motion

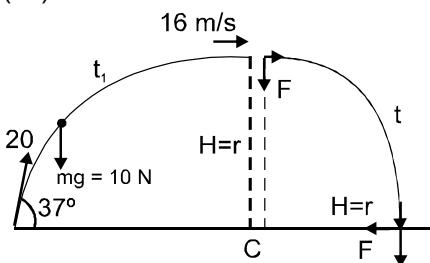
(A) प्रारम्भिक पथ परवलयिक है तथा इसके बाद यह अतिपरवलयिक है।

(B\*) वृत्त की त्रिज्या 7.2 m है तथा नियत परिमाण का आरोपित बल  $\frac{512}{9} \text{ N}$  है।

(C\*) गति के दौरान चाल 16 m/s होगी।

(D\*) धरातल से टकराने से लगा समय प्रक्षेप्य गति में लगे समय से कम होगा।

Sol.



$$t_1 = \frac{20 \times 3/5}{10} = 1.2 \text{ sec.}$$

$$H = \frac{(12)^2}{2 \times 10} = 7.2 \text{ m} = r$$

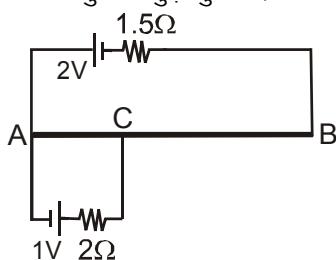
$$F = \frac{1.6 \times 16 \times 16}{7.2} = \frac{512}{9} \text{ N}$$

$$\text{For circle वृत्त के लिए } t = \frac{3.14 \times 7.2}{2 \times 16} < 1.2 \text{ sec.}$$

## COMPREHENSION

AB is a uniform wire of length 70 cm and resistance  $7\Omega$ . Part AC is 20 cm long. Two resistors and two ideal cells are connected as shown.

AB एक समान तार है जिसकी लम्बाई 70 cm एवं प्रतिरोध  $7\Omega$  है। भाग AC की लम्बाई 20 cm है। दो प्रतिरोध एवं दो आदर्श सैल चित्रानुसार जुड़े हुये हैं।



5. Potential gradient of the part CB of the wire is :  
तार के CB भाग की विभव प्रवणता है –
- (A) 2.5V/m                         (B) 2V/m                                     (C\*)  $\frac{10}{3}$  V/m   (D) 7.5V/m
6. Potential gradient of the part AC is :  
तार के AC भाग की विभव प्रवणता है –
- (A\*)  $\frac{5}{6}$  V/m                             (B) 2V/m   (C) 5 V/m   (D) 7.5V/m
7. Of the points A, B and C the potential is maximum at point:  
बिन्दु A, B तथा C में से विभव अधिकतम किस बिन्दु पर होगा –
- (A) A                                     (B) B   (C\*) C   (D) same at all of these three points.  
(D) तीनों बिन्दुओं पर समान होगा।

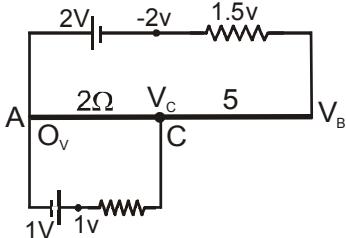
**Sol.** Let  $V_A = 0$  volts.

$\therefore$  Net current entering node C = 0

$$\therefore \frac{0 - V_c}{2} + \frac{-2 - V_c}{6.5} + \frac{1 - V_c}{2} = 0$$

$$\therefore V_c = \frac{1}{6} \text{ volt.} = \text{p.d across wire AC.}$$

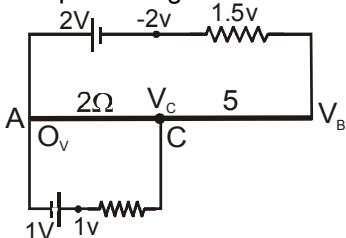
$$\text{Also } \frac{V_c - V_B}{5} = \frac{V_B + 2}{1.5} = \frac{V_c + 2}{6.5} = \frac{1}{3}$$



$$\therefore V_c - V_B = \frac{5}{3} = \text{p.d. across wire BC}$$

$$\therefore V_c > V_B > V_A$$

Hence potential gradient across BC =  $V/m$   
also potential gradient across AC  $V/m$



माना  $V_A = 0$  वोल्ट

$\therefore$  संधी C पर प्रवेश करने वाली कुल धारा = 0

$$\therefore \frac{0 - V_c}{2} + \frac{-2 - V_c}{6.5} + \frac{1 - V_c}{2} = 0$$

$$\therefore V_c = \frac{1}{6} \text{ volt.} = \text{तार AC के सिरों पर विभव पतन}$$

$$\text{एवं } \frac{V_c - V_B}{5} = \frac{V_B + 2}{1.5} =$$

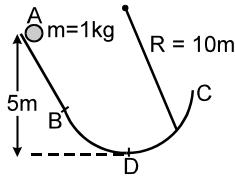
$$\therefore V_c - V_B = \frac{V_c + 2}{6.5} = \frac{1}{3} = \text{तार BC के सिरों पर विभव पतन}$$

$$\therefore V_c > V_B > V_A$$

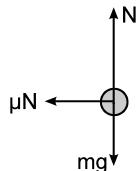
$$\text{BC के सिरों पर विभव पतन} = \frac{5/3}{1/2} = \frac{10}{3} V/m$$

$$\text{AC के सिरों पर विभव पतन} = \frac{1/6}{1/5} = \frac{5}{6} V/m$$

8. A particle of mass 1 kg slides down a track as shown in figure. Part BC of the track is circular with radius R = 10m. Part DC of the track is rough with coefficient of kinetic friction = 0.2. What is the total force acting on the particle when it has just passed point D  
 1 kg द्रव्यमान का एक कण चित्रानुसार पथ पर नीचे की ओर फिसल रहा है। पथ का भाग BC वृत्ताकार है जिसकी त्रिज्या R = 10m है। पथ का भाग DC खुरदरा है जिसका गतिक घर्षण गुणांक = 0.2 है। कण पर कार्यरत कुल बल क्या होगा जब यह ठीक बिन्दु D से गुजरता है।



Sol.



The speed of particle at D is  $v = \sqrt{2gh}$

D पर कण की चाल  $v = \sqrt{2gh}$  है

The freebody diagram of the particle just after it crosses D is  
 कण के ठीक D को पार करने पर इसका मुक्त वस्तु चित्र

The total force on the particle when it crossed D is  
 कण पर कुल बल जब यह D को पार करता है।

$$F = m\sqrt{a_t^2 + a_c^2}$$

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \frac{2 \times 10 \times 5}{10} = 10 \text{ m/s}^2$$

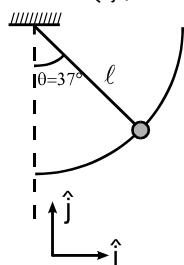
$$a_t = \frac{\mu N}{m} = \frac{0.2 \left[ mg + \frac{mv^2}{R} \right]}{m} = 0.2 [10 + 10] = 4 \text{ m/s}$$

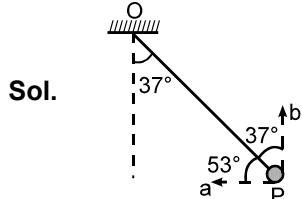
$$F = \sqrt{(10)^2 + 4^2} = \sqrt{116} = 2\sqrt{29} \text{ N}$$

Ans.  $2\sqrt{29}$  N

9. A ball attached with massless rope of the length  $\ell$  swings in vertical circle as shown in figure. The total acceleration of the ball is  $-a\hat{i} + b\hat{j}$  m/sec<sup>2</sup> when it is at angle  $\theta = 37^\circ$ ; (where a and b are positive constant). Find the magnitude of centripetal acceleration of the ball at the instant shown. The axis system is shown in figure.

एक गेंद को  $\ell$  लम्बाई की द्रव्यमानहीन रस्ती से जोड़कर ऊर्ध्व वृत्त में चित्रानुसार घुमाया जाता है। जब यह ऊर्ध्व से  $\theta = 37^\circ$  का कोण बना रही है तब इसका कुल त्वरण  $-a\hat{i} + b\hat{j}$  m/sec<sup>2</sup> है (जहाँ a तथा b धनात्मक नियतांक है) इस क्षण पर गेंद के अभिकेन्द्रीय त्वरण का परिमाण बताइए। अक्ष निकाय चित्र में दर्शाया गया है।





Sol.

Normal or centripetal acceleration of the ball is component of net acceleration along PO.

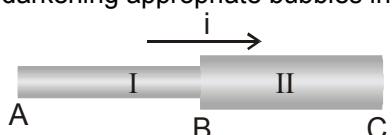
गेंद का अभिलम्ब या अभिकेन्द्रीय त्वरण है।

PO के अनुदिश कुल त्वरण का घटक।

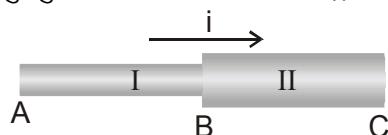
$$\therefore a_c = a \cos 53^\circ + b \cos 37^\circ = \frac{3a}{5} + \frac{4b}{5} \text{ m/sec}^2$$

Ans.  $\left| \frac{3a}{5} + \frac{4b}{5} \right|$

10. Column I gives physical quantities of a situation in which a current  $i$  passes through two rods I and II of equal length that are joined in series. The ratio of free electron density ( $n$ ), resistivity ( $\rho$ ) and cross-section area ( $A$ ) of both are in ratio  $n_1 : n_2 = 2 : 1$ ,  $\rho_1 : \rho_2 = 2 : 1$  and  $A_1 : A_2 = 1 : 2$  respectively. Column II gives corresponding results. Match the ratios in Column I with the values in Column II and indicate your answer by darkening appropriate bubbles in the  $4 \times 4$  matrix given in the OMR.



स्तम्भ I उस स्थिति की भौतिक राशियों को दिखाता है जिसमें एक धारा  $i$  श्रेणीक्रम में जुड़ी बराबर लम्बाई की दो छड़ों I और II से होकर बहती है। दोनों के मुक्त इलेक्ट्रॉन घनत्व ( $n$ ), प्रतिरोधकता ( $\rho$ ) और अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल ( $A$ ) का अनुपात क्रमशः  $n_1 : n_2 = 2 : 1$ ,  $\rho_1 : \rho_2 = 2 : 1$  और  $A_1 : A_2 = 1 : 2$  है। स्तम्भ II संगत परिणामों को दिखाता है। स्तम्भ I में दिये गये भौतिक राशियों के अनुपात को स्तम्भ II में दिये गये संगत परिणामों से सुमेलित कीजिए और अपने उत्तर को दी गई OMR में उचित बुलबुलों को काला कर  $4 \times 4$  मैट्रिक्स में दर्शाइये।



**Column I**  
**स्तम्भ I**

- (A) Drift velocity of free electron in rod I
- (B) Drift velocity of free electron in rod II
- (C) Electric field in rod I
- (D) Electric field in rod II
- (E) Potential difference across rod I
- (F) Potential difference across rod II
- (G) Average time taken by free electron to move from A to B
- (H) Average time taken by free electron to move from B to C
- (I)  $\frac{\text{छड़ I में मुक्त इलेक्ट्रॉन का अनुगमन (अपवहन) वेग}}{\text{छड़ II में मुक्त इलेक्ट्रॉन का अनुगमन (अपवहन) वेग}}$
- (J)  $\frac{\text{छड़ I में विद्युत क्षेत्र}}{\text{छड़ II में विद्युत क्षेत्र}}$
- (K)  $\frac{\text{छड़ I के सिरों पर विभवान्तर}}{\text{छड़ II के सिरों पर विभवान्तर}}$
- (L)  $\frac{\text{मुक्त इलेक्ट्रॉन द्वारा A से B तक जाने में लगा औसत समय}}{\text{मुक्त इलेक्ट्रॉन द्वारा B से C तक जाने में लगा औसत समय}}$

**Column II**  
**स्तम्भ II**

- (p) 0.5
- (q) 1
- (r) 2
- (s) 4
- (t) 0.5
- (u) 1
- (v) 2
- (w) 4

Ans. (A) q (B) s (C) s (D) q

**Sol.** (A) Since current in both rods is same.

चूंकि धारा दोनों छड़ों में समान है।

$$\therefore n_1 e v_1 A_1 = n_2 e v_2 A_2$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{2} \times \frac{2}{1} = 1$$

$$(B) \because E = \rho J = \rho \frac{I}{A} \quad \therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{A_2}{A_1} = \frac{2}{1} \times \frac{2}{1} = 4$$

$$(C) \frac{\text{p.d. across rod I}}{\text{p.d. across rod II}} \frac{\text{छड़ I पर विभवान्तर}}{\text{छड़ II पर विभवान्तर}} = \frac{E_1 \times AB}{E_2 \times BC} = 4$$

$$(D) \frac{\text{Average time taken by free electron to move from A to B}}{\text{Average time taken by free electron to move from B to C}} = \frac{AB}{V_1} \times \frac{V_2}{BC} = 1$$

$$\frac{\text{मुक्त इलेक्ट्रॉन द्वारा A से B तक जाने में लगा समय}}{\text{मुक्त इलेक्ट्रॉन द्वारा B से C तक जाने में लगा समय}} = \frac{AB}{V_1} \times \frac{V_2}{BC} = 1$$



**DPP No. : B19 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 40**

**Max. Time : 27 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.4

(3 marks, 2 min.) [12, 08]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.5 to Q.7

(4 marks 2 min.) [12, 06]

Comprehension ('-1' negative marking) Q.8 to Q.11

(3 marks 2 min.) [12, 08]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.12

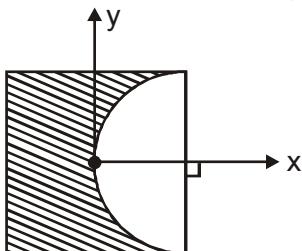
(4 marks 5 min.) [04, 05]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B19**

|            |        |        |         |                |                |
|------------|--------|--------|---------|----------------|----------------|
| 1. (D)     | 2. (B) | 3. (B) | 4. (B)  | 5. (A) (B) (C) | 6. (A) (B) (C) |
| 7. (A) (C) | 8. (A) | 9. (C) | 10. (A) | 11. (D)        | 12. 100        |

1. In the figure shown a semicircular area is removed from a uniform square plate of side ' $\ell$ ' and mass (before removing) 'm'. The x-coordinate of centre of mass of remaining portion is (The origin is at the centre of square)

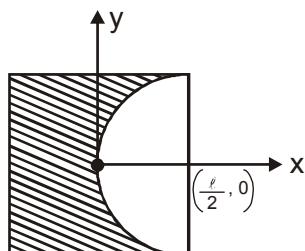
प्रदर्शित चित्र में द्रव्यमान 'm' (हटाने से पहले) तथा ' $\ell$ ' भुजा की एक समान वर्गाकार प्लेट से एक अर्धवृत्ताकार क्षेत्रफल हटा हुआ है। शेष भाग के द्रव्यमान केन्द्र के 'x' निर्देशांक होंगे। (मूल बिन्दु वर्ग के केन्द्र पर है)



$$(A) -\frac{\pi(\pi-2)\ell}{2(8-\pi)} \quad (B) \frac{\pi(\pi-2)\ell}{2(8-\pi)} \quad (C) -\frac{\pi(\pi-2)\ell}{8-\pi} \quad (D^*) \text{ None of these}$$

इनमें से कोई नहीं

Sol.  $x_{cm} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$



$m_1$  = mass of square plate वर्गाकार प्लेट का द्रव्यमान  
=  $m$

$x_1$  = c. m. of square plate = 0

$x_1$  = वर्गाकार प्लेट का द्रव्यमान केन्द्र = 0

$m_2$  = mass of removed part हटे हुए भाग का द्रव्यमान

$$= -\frac{m}{l^2} \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{l^2}{4} \right) = -\frac{\pi}{8} m$$

$x_2$  = c.m. of removed part हटे हुए भाग का द्रव्यमान केन्द्र

$$\begin{aligned} &= \frac{l}{2} - \frac{4}{3\pi} \left( \frac{l}{2} \right) = \frac{l}{2} \left( 1 - \frac{4}{3\pi} \right) \\ \therefore x_{cm} &= \frac{-\frac{\pi m}{8} \cdot \frac{l}{2} \left( 1 - \frac{4}{3\pi} \right)}{m - \frac{\pi}{8} m} \\ x_{cm} &= -\frac{l \left( \pi - \frac{4}{3} \right)}{2(8 - \pi)} \end{aligned}$$

2. Student I, II and III perform an experiment for measuring the acceleration due to gravity ( $g$ ) using a simple pendulum. They use different lengths of the pendulum and /or record time for different number of oscillations. The observations are shown in the table.

Least count for length = 0.1 cm

Least count for time = 0.1 s

| Student | Length of the pendulum (cm) | Number of oscillations (n) | Total time for (n) oscillations (s) | Time period (s) |
|---------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| I       | 64.0                        | 8                          | 128.0                               | 16.0            |
| II      | 64.0                        | 4                          | 64.0                                | 16.0            |
| III     | 20.0                        | 4                          | 36.0                                | 9.0             |

If  $E_I$ ,  $E_{II}$  and  $E_{III}$  are the percentage errors in  $g$ , i.e.,  $\left( \frac{\Delta g}{g} \times 100 \right)$  for students I, II and III, respectively,

[JEE 2008, 3/163, -1]

(A)  $E_I = 0$

(B\*)  $E_I$  is minimum

(C)  $E_I = E_{II}$

(D)  $E_{II}$  is maximum

विद्यार्थी I, II तथा III, एक सरल लोलक के द्वारा, गुरुत्वीय त्वरण ( $g$ ) को मापने का प्रयोग करते हैं। वे अलग-अलग लंबाई का लोलक उपयोग करते हैं तथा/अथवा, अलग-अलग संख्या के दोलनों का समय मापते हैं। प्रेक्षणों को निम्न तालिका में दर्शाया गया है।

लम्बाई का अल्पतमांक = 0.1 cm

समय का अल्पतमांक = 0.1 s

| विद्यार्थी | लोलक की लंबाई (cm) | दोलनों की संख्या (n) | (n) दोलनों का कुल समय (s) | आवर्त काल (s) |
|------------|--------------------|----------------------|---------------------------|---------------|
| I          | 64.0               | 8                    | 128.0                     | 16.0          |
| II         | 64.0               | 4                    | 64.0                      | 16.0          |
| III        | 20.0               | 4                    | 36.0                      | 9.0           |

यदि विद्यार्थी I, II तथा III के लिए  $g$  की प्रतिशत त्रुटि  $\left( \frac{\Delta g}{g} \times 100 \right)$  क्रमशः  $E_I$ ,  $E_{II}$  तथा  $E_{III}$  है, तो

[JEE 2008, 3/163, -1]

(A)  $E_I = 0$

(B\*)  $E_I$  न्यूनतम है

(C)  $E_I = E_{II}$

(D)  $E_{II}$  महत्तम है

**Sol.** The least count of length  $\Delta\ell = 0.1$  cm

The least count of time  $\Delta t = 0.1$  s

$$\% \text{ error of } g = \frac{\Delta g}{g} \times 100$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} \text{ where } T = \frac{t}{n} \text{ so } g = \frac{4\pi^2 \ell}{t^2} \cdot n^2$$

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta \ell}{\ell} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

$$\text{For student I } \left( 100 \times \frac{\Delta g}{g} \right)_I = \left( \frac{0.1}{64.0} + 2 \times \frac{0.1}{128.0} \right) \times 100$$

$$E_I = \frac{0.2}{64.0} \times 100 = \frac{20}{64}$$

$$\text{For student II } \left( 100 \times \frac{\Delta g}{g} \right)_{II} = \left( \frac{0.1}{64.0} + 2 \times \frac{0.1}{64.0} \right) \times 100$$

$$E_{II} = \frac{0.3}{64.0} \times 100 = \frac{30}{64}$$

$$\text{For student III } \left( 100 \times \frac{\Delta g}{g} \right)_{III} = \left( \frac{0.1}{20.0} + 2 \times \frac{0.1}{36.0} \right) \times 100$$

$$E_{III} = \left( \frac{0.1}{20.0} + \frac{0.1}{18.0} \right) \times 100 = \frac{19}{18}$$

$E_I$  is least.

**Ans. (B)**

**Sol.** लम्बाई का अल्पतमांक  $\Delta\ell = 0.1$  cm

समय का अल्पतमांक  $\Delta t = 0.1$  s

$$g \text{ में प्रतिशत त्रुटि} = \frac{\Delta g}{g} \times 100$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2} = \frac{4\pi^2 \ell}{t^2} \cdot n^2$$

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta \ell}{\ell} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

$$\text{छात्र I के लिए } \left( 100 \times \frac{\Delta g}{g} \right)_I = \left( \frac{0.1}{64.0} + 2 \times \frac{0.1}{128.0} \right) \times 100$$

$$E_I = \frac{0.2}{64.0} \times 100 = \frac{20}{64}$$

$$\text{छात्र II के लिए } \left( 100 \times \frac{\Delta g}{g} \right)_{II} = \left( \frac{0.1}{64.0} + 2 \times \frac{0.1}{64.0} \right) \times 100$$

$$E_{II} = \frac{0.3}{64.0} \times 100 = \frac{30}{64}$$

$$\text{छात्र III के लिए } \left( 100 \times \frac{\Delta g}{g} \right)_{III} = \left( \frac{0.1}{20.0} + 2 \times \frac{0.1}{36.0} \right) \times 100$$

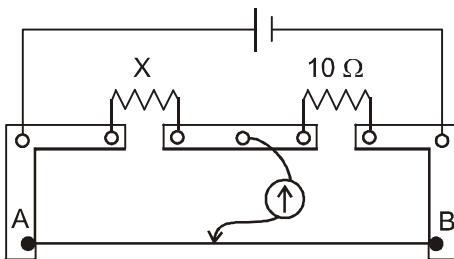
$$E_{III} = \left( \frac{0.1}{20.0} + \frac{0.1}{18.0} \right) \times 100 = \frac{19}{18}$$

$E_I$  का अल्पतमंक

**Ans. (B)**

3. A meter bridge is set-up as shown, to determine an unknown resistance 'X' using a standard 10 ohm resistor. The galvanometer shows null point when tapping-key is at 52 cm mark. The end-corrections are 1 cm and 2 cm respectively for the ends A and B. The determined value of 'X' is

[JEE 2011, 3/160,-1]



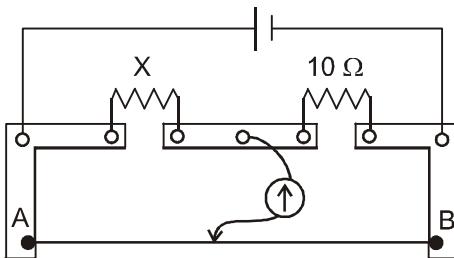
(A) 10.2 ohm

(B\*) 10.6 ohm

(C) 10.8 ohm

(D) 11.1 ohm

अज्ञात प्रतिरोध 'X' को मालूम करने के लिए 10 ohm के मानक प्रतिरोध का उपयोग करके एक मीटर-ब्रिज को लगाया गया है (चित्र देखिये)। टैपिंग-कुंजी को 52 cm निशान पर रखने पर गेलवानोमीटर में null-point प्राप्त होता है। A व B सिरों पर end-corrections क्रमशः 1 cm व 2 cm हैं। ज्ञात किया गया 'X' का मान है [JEE 2011, 3/160,-1]



(A) 10.2 ohm

(B\*) 10.6 ohm

(C) 10.8 ohm

(D) 11.1 ohm

Sol.

$$\ell_1 = 52 + 1 = 53 \text{ cm}$$

$$\ell_2 = 48 + 2 = 50 \text{ cm}$$

$$\frac{\ell_1}{\ell_2} = \frac{x}{R} \Rightarrow \frac{53}{50} = \frac{x}{10}$$

$$x = 10.6 \Omega$$

4. A mass 'm' is tied by a massless string. It is given horizontal velocity  $2\sqrt{g\ell}$ . What will be velocity on the particle at its highest position .

'm' द्रव्यमान की एक वस्तु द्रव्यमानहीन डोरी के द्वारा बंधी हुई है। इसे  $2\sqrt{g\ell}$  क्षेत्रिज वेग दिया जात है। उच्चतम स्थिति पर कण का वेग क्या होगा।

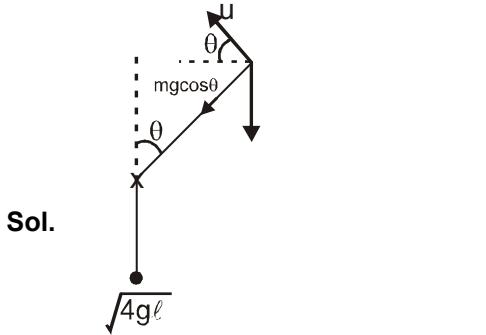


(A) Zero शून्य

$$(B^*) \frac{2\sqrt{2}}{3\sqrt{3}} \sqrt{g\ell}$$

(C)  $\sqrt{g\ell}$

(D)  $\sqrt{\frac{g\ell}{2}}$



Sol.

$$mg \cos \theta = \frac{mu^2}{l}$$

$$\frac{1}{2}u^2 + 0 = \frac{1}{2}u^2 + gl(1 + \cos \theta)$$

$$2gl = \frac{u^2}{2} + gl + gl \cos \theta$$

$$gl = \frac{u^2}{2} + gl \cos \theta$$

$$gl = \frac{gl \cos \theta}{2} + gl \cos \theta$$

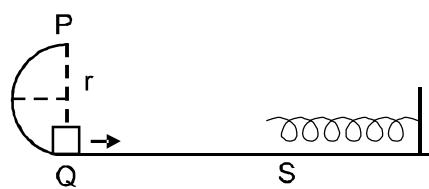
$$\cos \theta = \frac{2}{3}$$

$$V_{\min} = u \cos \theta = \sqrt{lg \cos \theta} \cdot \cos \theta$$

$$= \sqrt{lg} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{3\sqrt{3}}$$

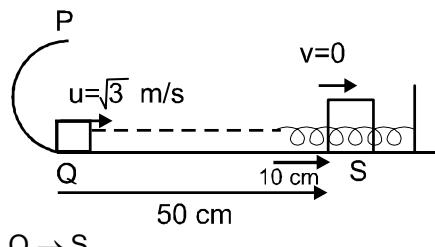
5. The circular vertical section of the fixed track shown is smooth with radius  $r = 0.9$  cm and the horizontal straight section is rough with  $\mu = 0.1$ . A block of mass 1 kg is placed at point 'Q' and given a horizontal velocity of  $\sqrt{3}$  m/s towards the spring. Distance QS = 40 cm and maximum compression in the spring is 10 cm during the motion ( $g = 10$  m/s<sup>2</sup>) :

प्रदर्शित रिस्थ पथ का ऊर्ध्वांग वृत्ताकार भाग चिकना है तथा पथ की त्रिज्या  $r = 0.9$  cm है तथा क्षेत्रिज सीधा भाग खुरदरा है जिसका घर्षण गुणांक  $\mu = 0.1$  है। 1 kg द्रव्यमान का एक ब्लॉक बिन्दु 'Q' पर रखा है तथा स्प्रिंग की ओर  $\sqrt{3}$  m/s का क्षेत्रिज वेग दिया जाता है। दूरी QS = 40 cm तथा गति के दौरान स्प्रिंग में अधिकतम सम्पीड़न 10 cm है। ( $g = 10$  m/s<sup>2</sup>) :



- (A\*) The force constant of the spring is 200 N/m  
 (B\*) The velocity with which block returns to point 'Q' is 1 m/s  
 (C\*) At point P its velocity will be 0.8 m/s  
 (D) At point P, the normal reaction on the block is less than 55 N  
 (A\*) स्प्रिंग का बल नियतांक 200 N/m है।  
 (B\*) वह वेग जिससे ब्लॉक बिन्दु 'Q' की ओर वापस लोटेगा, 1 m/s है।  
 (C\*) बिन्दु P पर इसका वेग 0.8 m/s है।  
 (D) बिन्दु P पर ब्लॉक पर अभिलम्ब प्रतिक्रिया 55 N से कम है।

**Sol.**



$Q \rightarrow S$

$$\begin{aligned} -\mu mg \times S &= 0 + \frac{1}{2}k(0.1)^2 - \frac{1}{2} \times 1 \times (\sqrt{3})^2 \\ -0.1 \times 1 \times 10 \times 0.5 &= \frac{k}{200} - \frac{3}{2} \end{aligned}$$

$$k = 200 \text{ N/m}$$

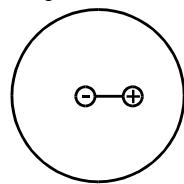
$Q \rightarrow S \rightarrow Q$

$$\begin{aligned} -\mu mg \times 0.5 \times 2 &= \frac{1}{2}mv_Q^2 - \frac{1}{2}mu^2 \\ -1 &= \frac{1}{2} \times 1 \times v_Q^2 - \frac{1}{2} \times 1 \times 3 \\ v_Q &= 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$Q \rightarrow P$

$$\begin{aligned} v_P^2 &= v_Q^2 - 2(g)(2r) \\ v_P &= \sqrt{1^2 - 4 \times 10 \times \frac{0.9}{100}} = \frac{8}{10} = 0.8 \text{ m/s} \\ N_P &= \frac{mv_P^2}{r} - mg = \frac{1 \times 64 \times 100}{100 \times 0.9} - 10 = \frac{55}{0.9} \text{ N.} \end{aligned}$$

6. Consider a gaussian spherical surface, covering a dipole of charge  $q$  and  $-q$ , then  
एक गाऊसिय गोलीय पृष्ठ जिसमें  $q$  तथा  $-q$  आवेश के द्विध्रुव परिबद्ध है, पर विचार करते हैं तब



(A\*)  $q_{in} = 0$  (Net charge enclosed by the spherical surface)

$q_{in} = 0$  (गोलाकार पृष्ठ में परिबद्ध कुल आवेश शून्य है )

(B\*)  $\phi_{net} = 0$  (Net flux coming out the spherical surface)

$\phi_{net} = 0$  (गोलाकार पृष्ठ से बाहर आने वाला कुल फ्लक्स शून्य है)

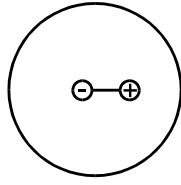
(C\*)  $\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$  (Surface integral of  $\vec{E}$  over the spherical surface)

$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$  ( $\vec{E}$  का पृष्ठीय समाकलन शून्य है )

(D)  $E = 0$  at all points on the spherical surface

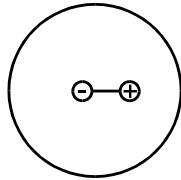
$E = 0$  गोलाकार पृष्ठ के सभी बिन्दुओं पर

**Sol.**  $\phi_{\text{net}} = \frac{q_{\text{in}}}{\epsilon_0} = 0$  as  $q_{\text{in}} = 0$



$\Rightarrow \int \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$ , but we cannot proceed further, as  $E$  cannot be taken out of the interval. Hence we cannot say  $E = 0$ . Infact electric field due to a dipole is non-zero at any point at a finite distance from the dipole.

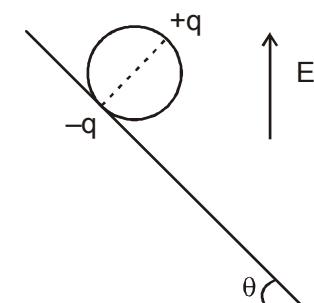
**Sol.**  $\phi_{\text{net}} = \frac{q_{\text{in}}}{\epsilon_0} = 0$  as  $q_{\text{in}} = 0$



$\Rightarrow \int \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$ , किन्तु हम आगे निष्कर्ष नहीं निकाल सकते क्योंकि  $E$  को अंतराल के बाहर नहीं लिया जा सकता अतः हम नहीं कह सकते  $E = 0$  है। तथा द्विधुर से किसी भी दूरी पर (अन्त के अलावा) वैद्युत क्षेत्र अशून्य होता है

**Ans.** A, B, C

- 7.** Two point charges  $+q$  and  $-q$  are fixed on diametrically opposite points on the uniform ring, such that  $-q$  is at bottom and is in contact with a perfect insulator incline plane. Total mass is equal to  $m$ . It remains in equilibrium on the rough inclined plane in the presence of uniform vertical electric field  $\vec{E}$ . Then दो बिन्दु आवेश  $+q$  तथा  $-q$  एक समरूप वलय के व्यास के विपरीत बिन्दुओं पर इस प्रकार जड़वत् है कि,  $-q$  तली (नततल) पर है तथा यह पूर्णतया कुचालक नततल के सम्पर्क में है। वलय का कुल द्रव्यमान  $m$  के बराबर है। यह खुरदरे नततल पर एकसमान ऊर्ध्वाधर वैद्युत क्षेत्र  $\vec{E}$  की उपस्थिति में साम्यावस्था में रहता है तब



(A\*) the value of friction force is  $mg \sin\theta$ .

(C\*) the value of electric field is  $\frac{mg}{2q}$ .

(A\*) घर्षण बल का मान  $mg \sin\theta$  है।

(C\*) वैद्युत क्षेत्र का मान  $\frac{mg}{2q}$  है।

(B) the value of friction force is less than  $mg \sin\theta$ .

(D) the value of electric field is  $\frac{mgtan\theta}{2q}$ .

(B) घर्षण बल का मान  $mg \sin\theta$  से कम है।

(D) वैद्युत क्षेत्र का मान  $\frac{mgtan\theta}{2q}$  है।

**Sol.**  $f = mg \sin\theta$   
and तथा

$$PE \sin\theta = mg \sin\theta \cdot R$$

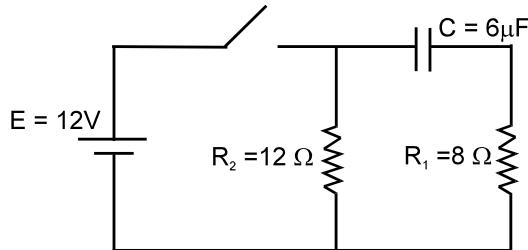
$$q 2R E \sin\theta = mg \sin\theta R$$

$$E = \frac{mg}{2q} \quad \therefore \quad \text{Ans. (A) & (C)}$$

## COMPREHENSION

The circuit contains ideal battery  $E$  and other elements arranged as shown. The capacitor is initially uncharged and switch  $S$  is closed at  $t = 0$ . (use  $e^2 = 7.4$ )

चित्रानुसार परिपथ में एक आदर्श बैटरी  $E$  तथा अन्य अवयव संयोजित हैं। संधारित्र प्रारम्भ में अनावेशित है तथा कुंजी  $S$  को  $t = 0$  समय पर बन्द (चालू) किया जाता है। ( $e^2 = 7.4$  का प्रयोग करें।)



8. Time constant of the circuit is

परिपथ का समय नियतांक है –

(A\*)  $48 \mu\text{s}$  (B)  $28.8 \mu\text{s}$  (C)  $72 \mu\text{s}$  (D)  $120 \mu\text{s}$

- Sol.** Once the switch is closed, the capacitor is charged through resistance  $R_1$  by the battery's e.m.f. Time constant is  $R_1 C$ .

एक बार स्विच बंद करने पर संधारित्र प्रतिरोध  $R_1$  तथा बैटरी द्वारा आवेशित होता है। समय नियतांक  $R_1 C$  है।

9. The potential difference across the capacitor in volts, after two time constants, is approximately :

दो समय नियतांक पश्चात् संधारित्र के सिरों पर विभवान्तर (वोल्ट में) लगभग है –

(A) 2 (B) 7.6 (C\*) 10.4 (D) 12

- Sol.** Using  $V_c = E (1 - e^{-t/RC})$  के प्रयोग से

$$\Rightarrow V_c = 12 (1 - e^{-2}) \\ = 10.4 \text{ V}$$

10. The potential difference across resistor  $R_1$  after two time constants, is approximately :

दो समय नियतांक पश्चात् प्रतिरोध  $R_1$  के सिरों पर विभवान्तर (वोल्ट में) लगभग है :

(A\*) 1.6 V (B) 7.6 V (C) 10 V (D) 12 V

- Sol.** At any moment in the circuit – परिपथ में किसी समय पर

$$V_c + V_{R_1} = 12 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{R_1} = 12 \text{ V} - 10.4 \text{ V} = 1.6 \text{ V}$$

11. The potential difference across resistor  $R_2$  after two time constants, is :

दो समय नियतांक पश्चात् प्रतिरोध  $R_2$  के सिरों पर विभवान्तर (वोल्ट में) है :

(A) 2V (B) 7.6V (C) 10V (D\*) 12 V

- Sol.** If loop law is applied to the left hand loop in clockwise direction

यदि लूप नियम दाँये हाथ पर लगाते हैं लूप दक्षिणावर्त दिशा में

$$E - V_{R_2} = 0$$

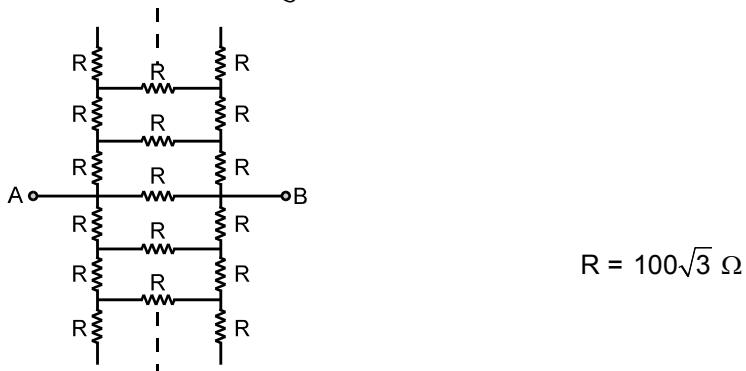
$$V_{R_2} = E = 12 \text{ V}$$

i.e. अर्थात्  $V_{R_2}$

does not change during the charging process.

परिवर्तन प्रक्रम के दौरान नहीं बदलता है।

12. Find equivalent resistance (in ohm) between A and B in following two cases  
 दिये गये परिपथों में A व B के मध्य तुल्य प्रतिरोध ओम में ज्ञात करो।



**Sol.** Let equivalent resistance between C & D be  $R_{eq}$ .  
 माना C व D के मध्य तुल्य प्रतिरोध  $R_{eq}$  है।

$$\Rightarrow \frac{R(2R + R_{eq})}{3R + R_{eq}}$$

$$\Rightarrow 3R R_{eq} + R^2_{eq} = 2R^2 + R R_{eq}$$

$$\Rightarrow R^2_{eq} + 2R R_{eq} - 2R^2 = 0$$

$$\text{So } R_{eq} = \frac{-2R \pm \sqrt{4R^2 + 8R^2}}{2} = -R + \sqrt{3}R = (\sqrt{3} - 1)R$$

So equivalent circuit अतः तुल्य परिपथ

$$\text{So अतः, } R_{AB} = \frac{R}{\sqrt{3}} = 100 \Omega$$

**Ans. 100**



**DPP No. : B20 (JEE-Main)**

**Total Marks : 60**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.20

**Max. Time : 40 min.**

(3 marks, 2 min.)

[60, 40]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B20**

|         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. (C)  | 2. (A)  | 3. (C)  | 4. (B)  | 5. (C)  | 6. (C)  | 7. (C)  |
| 8. (C)  | 9. (B)  | 10. (A) | 11. (D) | 12. (D) | 13. (A) | 14. (B) |
| 15. (C) | 16. (B) | 17. (B) | 18. (C) | 19. (D) | 20. (B) |         |

1. A simple pendulum of mass  $m$  and charge  $+q$  is suspended vertically by a massless thread of length  $\ell$ . At the point of suspension, a point charge  $+q$  is also fixed. If the pendulum is displaced slightly from equilibrium position, its time period will be

$m$  द्रव्यमान तथा  $+q$  आवेश का सरल लोलक  $\ell$  लम्बाई की द्रव्यमानहीन रसी से उर्ध्वाधर लटका हुआ है। निलम्बन बिच्छु पर एक  $+q$  बिन्दुवत् आवेश रखा जाता है। यदि सरल लोलक को इसकी साम्यावस्था से थोड़ा सा विस्थापित किया जाए तो इसका आवर्त काल होगा

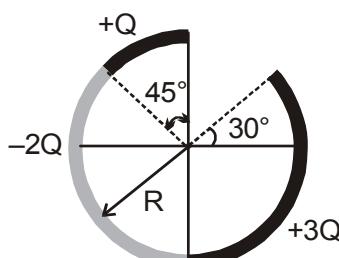
$$(A) T = 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g + \frac{kq^2}{m\ell^2}}} \quad (B) T = 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (C^*) T = 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (D) \text{will be greater than } 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

$$(A) T = 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g + \frac{kq^2}{m\ell^2}}} \quad (B) T = 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (C^*) T = 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (D) 2 \pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \text{ से ज्यादा होगा।}$$

**Sol.** Torque of electrostatic force is zero. स्थिर वैद्युत बल का बल आधूर्ण शून्य है।

2. Figure shows three circular arcs, each of radius  $R$  and total charge as indicated. The net electric potential at the centre of curvature is :

तीन वृत्ताकार चाप, प्रत्येक की त्रिज्या  $R$  एवं उन पर कुल आवेश चित्र में दर्शाये गये हैं। वक्रता केन्द्र पर परिणामी विभव है—



$$(A^*) \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} \quad (B) \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (C) \frac{2Q}{\pi\epsilon_0 R} \quad (D) \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R}$$

**Sol.**  $V = V_1 + V_2 + V_3$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{-2Q}{R} \right) + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{3Q}{R} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left( \frac{2Q}{R} \right)$$

3. Two identical spheres of same mass and specific gravity (which is the ratio of density of a substance and density of water) 2.4 have different charges of  $Q$  and  $-3Q$ . They are suspended from two strings of same length  $\ell$  fixed to points at the same horizontal level, but distant  $\ell$  from each other. When the entire set up is transferred inside a liquid of specific gravity 0.8, it is observed that the inclination of each string in equilibrium remains unchanged. Then the dielectric constant of the liquid is

दो एकसमान द्रव्यमान एवं समान विशिष्ट घनत्व 2.4 (जो कि वस्तु तथा पानी के घनत्व का अनुपात है) के समरूप गोलों पर  $Q$  तथा  $-3Q$  का अलग-अलग आवेश है। उनको दो समान लम्बाई  $\ell$  के धागों द्वारा समान क्षेत्रिज स्तर पर स्थित बिन्दुओं जो कि परस्पर  $\ell$  दूरी पर हैं, से लटकाया गया है। जब सम्पूर्ण प्रक्रम को विशिष्ट घनत्व 0.8 वाले द्रव में स्थानान्तरित किया जाता है, तब साम्यावस्था में धागों का झुकाव अपरिवर्तित पाया जाता है तो द्रव का परावैद्युतांक होगा—

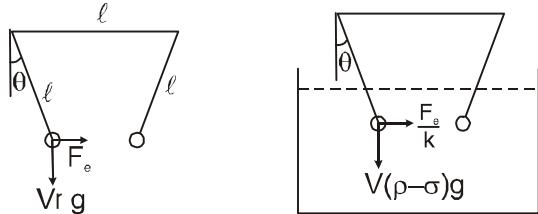
(A) 2

(B) 3

(C\*) 1.5

(D) None of these इनमें से कोई नहीं

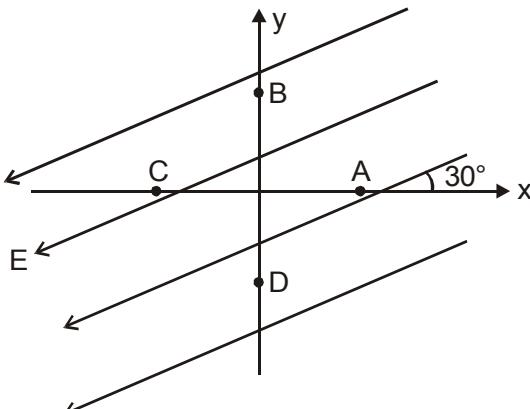
Sol.



$$\tan \theta = \frac{F_e}{V \rho g} = \frac{F_e / k}{V(\rho - \sigma)g} \Rightarrow k = \frac{\rho}{\rho - \sigma} = \frac{2.4}{2.4 - 0.8} = 1.5$$

$$\text{Ans. } k = \frac{\rho}{\rho - \sigma} = \frac{2.4}{2.4 - 0.8} = 1.5$$

4. There exists a uniform electric field in the space as shown. Four points A, B, C and D are marked which are equidistant from the origin. If  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  and  $V_D$  are their potentials respectively, then दिखाये गये भाग में एक समान विद्युत क्षेत्र अस्तित्व में है। चार बिन्दु A, B, C तथा D चिह्नित हैं, जो कि मूल बिन्दु से समान दूरी पर हैं। यदि  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  तथा  $V_D$  क्रमशः उनके विभव हों, तो

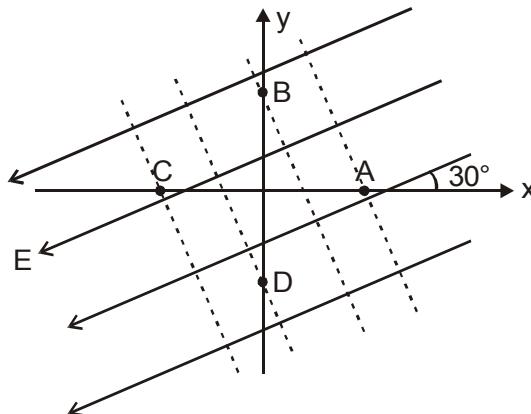


(A)  $V_B > V_A > V_C > V_D$   
(C)  $V_A = V_B = V_C = V_D$

(B\*)  $V_A > V_B > V_D > V_C$   
(D)  $V_B > V_C > V_A > V_D$

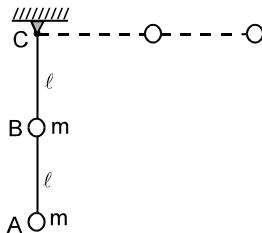
- Sol.** Four lines, perpendicular to lines of electric field and passing through A, B, C and D are drawn. These are equipotential lines. As potential decreases in the direction of electric field, therefore  $V_A > V_B > V_D > V_C$

विद्युत क्षेत्र के लम्बवत् तथा A, B, C एवं D से पारित चार विद्युत क्षेत्र रेखाएँ खींची गई हैं। ये सम विभव रेखाएँ हैं। विद्युत क्षेत्र की दिशा में विभव घटता है, अतः  $V_A > V_B > V_D > V_C$



5. A weightless rod of length  $2\ell$  carries two equal masses 'm', one tied at lower end A and the other at the middle of the rod at B. The rod can rotate in vertical plane about a fixed horizontal axis passing through C. The rod is released from rest in horizontal position. The speed of the mass B at the instant rod, become vertical is :

$2\ell$  लम्बाई की एक भारहीन छड़ से दो समान द्रव्यमान 'm' जुड़े हुए हैं एक निचले सिरे A से तथा दूसरा छड़ के मध्य बिन्दु B से। छड़ C से गुजरने वाली एक स्थिर अक्ष के सापेक्ष उर्ध्व समतल में घूम सकती है। छड़ को क्षैतिज स्थिति से छोड़ा जाता है। द्रव्यमान B की चाल ज्ञात कीजिए जब छड़ उर्ध्व हो जाए –



$$(A) \sqrt{\frac{3g\ell}{5}} \quad (B) \sqrt{\frac{4g\ell}{5}} \quad (C^*) \sqrt{\frac{6g\ell}{5}} \quad (D) \sqrt{\frac{7g\ell}{5}}$$

**Sol.(C)** Let v be the speed of B at lowermost position, the speed of A at lowermost position is  $2v$ .

मानों निम्नतर स्थिति पर B की चाल  $v$  है। निम्नतर स्थिति पर A की चाल  $2v$  है।

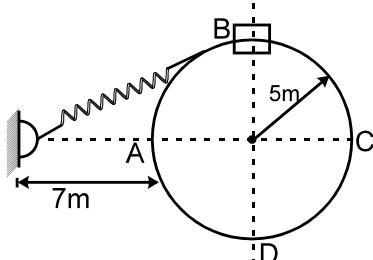
From conservation of energy ऊर्जा संरक्षण से

$$\frac{1}{2}m(2v)^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mg(2\ell) + mg\ell.$$

$$\text{Solving we get हल करने पर } v = \sqrt{\frac{6}{5}} g\ell.$$

6. A collar 'B' of mass 2 kg is constrained to move along a horizontal smooth and fixed circular track of radius 5 m. The spring lying in the plane of the circular track and having spring constant 200 N/m is undeformed when the collar is at 'A'. If the collar starts from rest at 'B', the normal reaction exerted by the track on the collar when it passes through 'A' is :

2 kg द्रव्यमान का कॉलर B, 5 मीटर त्रिज्या के स्थिर तथा वृत्ताकार पथ के अनुदिश गति करने के लिए बाधित है। वृत्तीय पथ के तल में एक स्प्रिंग स्थित है, जिसका बल नियतांक 200 N/m है तथा यह सामान्य लम्बाई में है जब कॉलर 'A' पर स्थित है। यदि कॉलर 'B' पर स्थिर अवस्था से प्रारम्भ होता है तो बिन्दु A से गुजरने के दौरान पथ द्वारा कॉलर पर लगाई गई अभिलम्ब प्रतिक्रिया होगी।



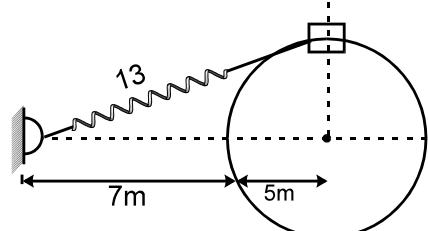
(A) 360 N

(B) 720 N

(C\*) 1440 N

(D) 2880 N

Sol.



Initial extension will be equal to 6 m.

$$\therefore \text{Initial energy} = \frac{1}{2} (200) (6)^2 = 3600 \text{ J.}$$

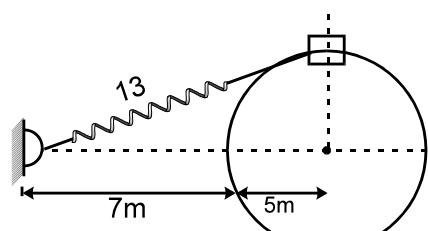
$$\text{Reaching A : } \frac{1}{2} mv^2 = 3600 \text{ J}$$

$$\Rightarrow mv^2 = 7200 \text{ J}$$

From F.B.D. at A :

$$N = \frac{mv^2}{R} = \frac{7200}{5} = 1440 \text{ N}$$

हल:



प्रारम्भ में विस्तार 6 m के बराबर है।

$$\therefore \text{प्रारम्भिक ऊर्जा} = \frac{1}{2} (200) (6)^2 = 3600 \text{ J.}$$

$$\text{A पर पहुँचने पर : } \frac{1}{2} mv^2 = 3600 \text{ J}$$

$$\Rightarrow mv^2 = 7200 \text{ J}$$

A पर F.B.D

$$N = \frac{mv^2}{R} = \frac{7200}{5} = 1440 \text{ N}$$

7. A particle is projected along a horizontal field whose coefficient of friction varies as  $\mu = \frac{A}{r^2}$  where  $r$  is the distance from the origin in meters and  $A$  is a positive constant. The initial distance of the particle is 1 m from the origin and its velocity is radially outwards. The minimum initial velocity at this point so that particle never stops is :

एक कण को क्षैतिज क्षेत्र के अनुदिश प्रक्षेपित किया गया है, जिसका घर्षण गुणांक  $\mu = \frac{A}{r^2}$  के अनुसार परिवर्तित होता है जहाँ  $r$  मूल बिन्दु से दूरी मी. मे है तथा  $A$  एक धनात्मक स्थिरांक है। मूलबिन्दु से कण की प्रारम्भिक दूरी 1 मी. है तथा वेग त्रिज्यीय दिशा में बाहर की ओर है। इस बिन्दु पर प्रारम्भिक न्यूनतम वेग क्या है जिससे कण कभी न रुके—

$$(A) \infty \quad (B) 2\sqrt{gA} \quad (C^*) \sqrt{2gA} \quad (D) 4\sqrt{gA}$$

**Sol.** (C) Work done against friction must equal the initial kinetic energy.

घर्षण के विरुद्ध किया गया कार्य प्रारम्भिक गतिज ऊर्जा के बराबर होता है।

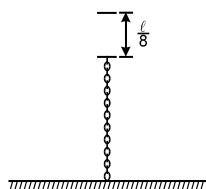
$$\therefore \frac{1}{2}mv^2 = \int_1^\infty \mu mg dx ; \frac{v^2}{2} = A g \int_1^\infty \frac{1}{x^2} dx ; \frac{v^2}{2} = Ag \left[ -\frac{1}{x} \right]_1^\infty \\ v^2 = 2gA \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2gA}$$

8. A chain of mass  $M$  and length  $\ell$  is held vertically such that its bottom end just touches the surface of a horizontal table. The chain is released from rest. Assume that the portion of chain on the table does not form a heap. The momentum of the portion of the chain above the table after the top end of the chain falls down by a distance  $\frac{\ell}{8}$ .

$M$  द्रव्यमान तथा  $\ell$  लम्बाई की एक जंजीर इस प्रकार ऊर्ध्वाधर स्थित है कि इसका निचला सिरा क्षैतिज टेबल की सतह को ठीक स्पर्श कर रहा है। जंजीर को विराम अवस्था से छोड़ा जाता है। यह मानिए कि जंजीर का भाग टेबल पर किसी प्रकार का ढेर नहीं बनाता है। जंजीर का ऊपरी सिरा  $\frac{\ell}{8}$  दूरी से नीचे की ओर गिरने के पश्चात् टेबल पर स्थित जंजीर के भाग का संवेग होगा :-

$$(A) \frac{3}{14} M \sqrt{g\ell} \quad (B) \frac{3}{16} M \sqrt{g\ell} \quad (C^*) \frac{7}{16} M \sqrt{g\ell} \quad (D) \frac{9}{14} M \sqrt{g\ell}$$

**Sol.**



After the top end of chain falls down by  $\frac{\ell}{8}$ , the speed of chain is

चैन का ऊपरी सिरा  $\frac{\ell}{8}$  से नीचे गिरने के बाद, चैन की चाल है

$$v = \sqrt{2g \frac{\ell}{8}} = \frac{\sqrt{g\ell}}{2} .$$

The mass of chain above table is  $\frac{7}{8} M$ .

ऊपर मेज पर चैन का द्रव्यमान  $M$  है

$\therefore$  momentum of chain is चैन का संवेग है।

$$\frac{7}{8} M \frac{\sqrt{g\ell}}{2} = \frac{7}{16} M \sqrt{g\ell}$$

9. Two cylindrical rods of uniform cross-section area A and  $2A$ , having free electrons per unit volume  $2n$  and  $n$  respectively are joined in series. A current  $I$  flows through them in steady state. Then the ratio of drift velocity of free electron in left rod to drift velocity of electron in the right rod is  $\left(\frac{V_L}{V_R}\right)$  is :

A व  $2A$  एक समान अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल की दो बैलनाकार छड़े जिनमें मुक्त इलेक्ट्रॉन प्रति इकाई आयतन क्रमागत  $2n$  व  $n$  हैं, श्रेणीक्रम में जोड़ी गई हैं। साम्यावस्था में उनमें से  $I$  धारा प्रवाहित है तो बायी छड़ में मुक्त इलैक्ट्रॉन के अनुगमन वेग का दायी छड़ में मुक्त इलैक्ट्रॉन के अनुगमन वेग से अनुपात  $\left(\frac{V_L}{V_R}\right)$  है।



(A)  $\frac{1}{2}$

(B\*) 1

(C) 2

(D) 4

- Sol. Since current  $I = neAv_d$  through both rods is same

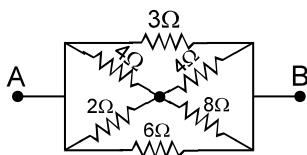
चूंकि धारा  $I = neAv_d$  दोनों छड़ों में समान है

$$2(n)eA v_L = n e(2A) v_R$$

$$\text{or } \frac{v_L}{v_R} = 1$$

10. The equivalent resistance between A & B is:

A व B के बीच तुल्य प्रतिरोध है :



(A\*)  $\frac{4}{3}\Omega$

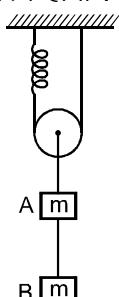
(B)  $\frac{17}{24}\Omega$

(C)  $29\Omega$

(D)  $\frac{24}{17}\Omega$

11. Two mass A and B, each of mass  $m$ , are initially in equilibrium as shown in figure. The acceleration of block A just after string between A and B is cut will be : ( $g$  = acceleration due to gravity).

$m$  द्रव्यमान के दो द्रव्यमान A तथा B चित्रानुसार प्रारम्भ में साम्यावस्था में हैं। A तथा B के मध्य की रस्सी को काटने के ठीक पश्चात् ब्लॉक A का त्वरण होगा : ( $g$  = गुरुत्व के कारण त्वरण)



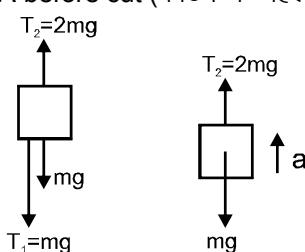
(A)  $2g$  downward  
(A)  $2g$  नीचे की ओर

(B)  $2g$  upward  
(B)  $2g$  ऊपर की ओर

(C)  $g$  downward  
(C)  $g$  नीचे की ओर

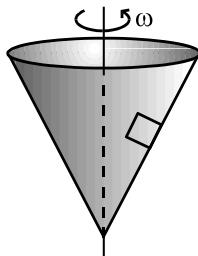
(D\*)  $g$  upward  
(D\*)  $g$  ऊपर की ओर

- Sol. FBD of A before cut (काटने के पहले FBD) FBD of A after cut (काटने के बाद FBD)



$$a = \frac{2mg - mg}{m} = g$$

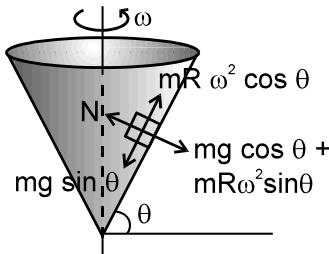
12. A smooth and vertical cone-shaped funnel is rotated with a constant angular velocity  $\omega$  in such a way that an object on the inner wall of the funnel is at rest w.r.t. the funnel. If the object is slightly displaced along the slope from this position and released :  
 एक चिकनी तथा उर्ध्व शंकु आकार की कीप (Funnel) को कोणीय वेग  $\omega$  से इस प्रकार घुमाया जाता है कि कीप की आन्तरिक दीवार पर स्थित एक वस्तु कीप के सापेख स्थिरावस्था में रहती है। अगर वस्तु को इस स्थिति से ढाल के अनुदिश थोड़ा विस्थापित करके छोड़ दिया जाए तो :



- (A) it will be in equilibrium at its new position.  
 (B) it will execute SHM  
 (C) it will oscillate but the motion is not SHM  
 (D\*) none of these

**Sol.** F.B.D. of the object w.r.t. the rotating cone is shown :

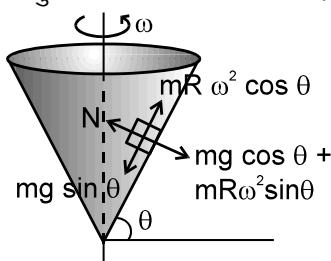
If we displace the object along the slope then 'R' (the radius of the circle on which the object moves) will change and hence there will be no equilibrium of the object along the slope.



As a result, it will move up or down along the slope.

Hence (D) is correct

**Sol.** घूर्णित शंकु के सापेख वस्तु का मुक्त वस्तु चित्र दिखाया गया है।  
 यदि हम ढाल के अनुदिश वस्तु को खिसकाते हैं तो 'R' बदलेगी (वृत्त की त्रिज्या जिस पर वस्तु गति करती है) और इस प्रकार वहाँ ढाल के अनुदिश वस्तु की साम्यावस्था नहीं होगी।



परिणामस्वरूप यह ऊपर या नीचे ढाल के अनुदिश गति करेगा। अतः (D) सही है।

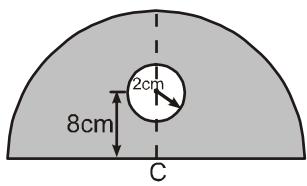
13. The centre of mass of a system of particles is at  $(x_0, y_0, z_0)$  where  $x_0 \leq 0, y_0 \leq 0$ . It is known that no particle lies in the region  $y < 0$  and  $x < 0$  then the position of centre of mass can be  
 कणों के एक निकाय का द्रव्यमान केन्द्र  $(x_0, y_0, z_0)$  पर स्थित है जहाँ  $x_0 \leq 0, y_0 \leq 0$ , यह ज्ञात है कि क्षेत्र  $y < 0$  या  $x < 0$  में कोई भी कण स्थित नहीं है। तो द्रव्यमान केन्द्र की स्थिति हो सकती है।

- (A\*) (0, 0, 4)      (B) (0, -4, 0)      (C) (-4, 0, 0)      (D) (-4, -4, 4,)

**Sol.**  $x$  &  $y$  coordinates of all the particles are positive. Hence  $x$  &  $y$  coordinates of centre of mass of the system can not be negative.

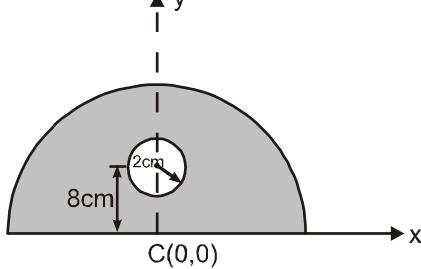
सभी कणों के  $x$  तथा  $y$  निर्देशांक धनात्मक हैं। अतः निकाय के द्रव्यमान केन्द्र के  $x$  तथा  $y$  निर्देशांक धनात्मक होते हैं।

- 14.** In the figure shown a hole of radius 2 cm is made in a semicircular disc of radius  $6\pi$  cm at a distance 8 cm from the centre C of the disc. The distance of the centre of mass of this system from point C is: चित्रानुसार  $6\pi$  सेमी. त्रिज्या की अर्धवृत्ताकार चकती में चकती के केन्द्र C से 8 cm दूरी पर 2 cm त्रिज्या का छिद्र काटते हैं। इस निकाय के द्रव्यमान केन्द्र की बिन्दु C से दूरी है।



- Sol.** (A) 4 cm (B\*) 8 cm (C) 6 cm (D) 12 cm  
 Taking C as origin and x & y-axes as shown in figure.  
 Due to symmetry about y-axis

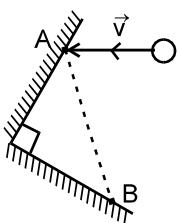
Due to symmetry about y-axis



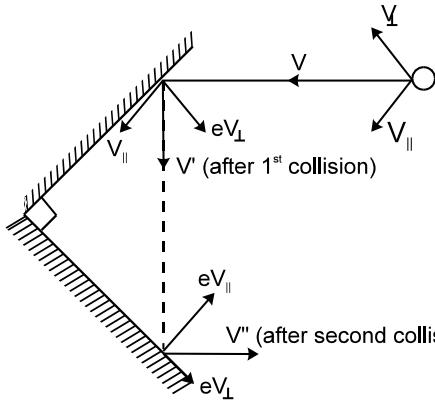
$$\begin{aligned}
 x_{cm} &= 0 \\
 y_{cm} &= \left( \frac{m_1 y_1 - m_2 y_2}{m_1 - m_2} \right) \\
 &= \frac{\left( \frac{\pi(6\pi)^2}{2} \right) \left( \frac{4(6\pi)}{3\pi} \right) - [\pi(2)^2(8)]}{\frac{\pi(6\pi)^2}{2} - \pi(2)^2} \\
 &= \frac{8(18\pi^2 - 4)}{(18\pi^2 - 4)} = 8 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

15. AB is an L shaped obstacle fixed on a horizontal smooth table. A ball strikes it at A, gets deflected and restrikes it at B. If the velocity vector before collision is  $\vec{v}$  and coefficient of restitution of each collision is 'e', then the velocity of ball after its second collision at B is

AB एक L आकार का अवरोधक है। यह एक क्षेत्रिज चिकनी मेज पर स्थित है। एक गेंद इस पर बिन्दु A पर टकराती है तथा विक्षेपित होकर B पर पुनः टकराती है। यदि टकराने से पूर्व वेग संदिश  $v$  है तथा प्रत्येक टकराने के लिए प्रत्यावस्थान गुणांक 'e' है तो B पर द्वितीय टकराने के बाद गेंद का वेग होगा –



- (A)  $e^2\vec{v}$       (B)  $-e^2\vec{v}$       (C\*)  $-e\vec{v}$       (D) data insufficient आँकडे अपर्याप्त हैं।

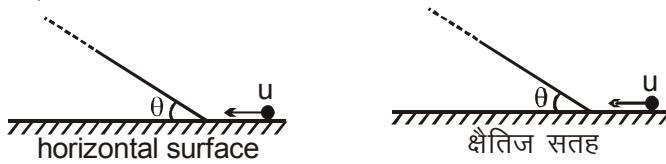


Sol.

During 1<sup>st</sup> collision perpendicular component of  $V$ ,  $V_{\perp}$  becomes  $e$  times, while II<sup>nd</sup> component  $V_{\parallel}$  remains unchanged and similarly for second collision. The end result is that both  $V_{\parallel}$  and  $V_{\perp}$  becomes  $e$  times their initial value and hence  $V'' = -eV$  (the ( - ) sign indicates the reversal of direction).

पहली टक्कर के दौरान  $V$  का लम्बवत् घटक  $V_{\perp}$   $e$  गुणा हो जाता है जबकि दूसरा घटक  $V_{\parallel}$  अपरिवर्तित रहता है तथा ऐसा ही दूसरी टक्कर के दौरान होता है। अन्तिम परिमाण यह है कि  $V_{\parallel}$  तथा  $V_{\perp}$  अपनी प्रारंभिक मान के  $e$  गुणा हो जाते हैं तथा इसलिए  $V'' = -eV$  (( - ) चिन्ह दिशा का विपरीत होना दिखाता है)

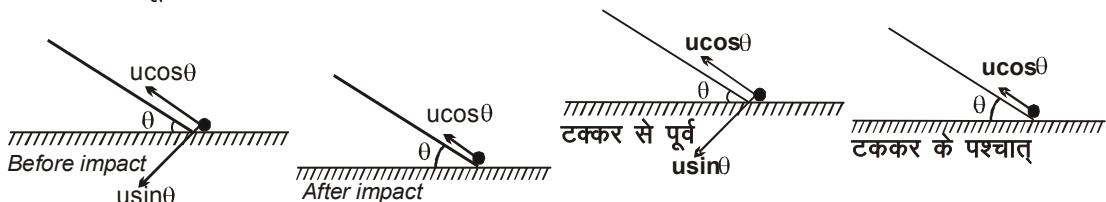
16. A particle of mass  $m$  is given initial horizontal velocity of magnitude  $u$  as shown in the figure. It transfers to the fixed inclined plane without a jump, that is, its trajectory changes sharply from the horizontal line to the inclined line. All the surfaces are smooth and  $90^{\circ} \geq \theta > 0^{\circ}$ . Then the height to which the particle shall rise on the inclined plane (assume the length of the inclined plane to be very large)  
 चित्र में दिखाये अनुसार  $m$  द्रव्यमान के एक कण को प्रारंभ में  $u$  परिमाण का क्षेत्रिज वेग दिया जाता है। यह स्थिर नत तल पर बिना उछले (without jump) चला जाता है और इसका पथ तेजी से क्षेत्रिज रेखा से नत रेखा के अनुदिश हो जाता है। सभी सतह चिकनी हैं तथा  $90^{\circ} \geq \theta > 0^{\circ}$  है तो वह ऊँचाई जहां तक कण नत तल पर चढ़ेगा (यह माने कि नत तल की लम्बाई बहुत अधिक है।)



- (A) increases with increase in  $\theta$   
 (B\*) decreases with increase in  $\theta$   
 (C) is independent of  $\theta$   
 (D) data insufficient  
 (A)  $\theta$  बढ़ने के साथ बढ़ेगी  
 (B\*)  $\theta$  बढ़ने के साथ घटेगी  
 (C)  $\theta$  से मुक्त होगी  
 (D) आंकड़े अपर्याप्त

Sol. Just before the particle transfers to inclined surface, we resolve its velocity along and normal to the plane.

टक्कर के ठीक पूर्व कण नत तल को प्रदान करेगा। इसके वेग के तल के समान्तर व लम्बवत् घटक लेने से



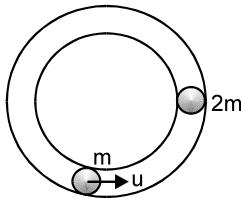
For the trajectory of the particle to sharply change from the horizontal line to the inclined line, the impact of the particle with inclined plane should reduce the  $usin\theta$  component of velocity to zero. Hence the particle moves up the incline with speed  $u \cos\theta$ .

Hence as  $\theta$  increases, the height to which the particle rises shall decrease.

कण का पथ क्षेत्रिज रेखा से नत रेखा में परिवर्तित होने के लिए, नत तल से कण की टक्कर के कारण वेग का घटक  $u \cos\theta$  से शून्य हो जाना चाहिये। इसलिये कण नत तल पर ऊपर की ओर  $u \cos\theta$  चाल से गति करता है।

इसलिये जब  $\theta$  बढ़ता है, कण द्वारा प्राप्त ऊँचाई घटती है।

17. Two masses 'm' and '2m' are placed in fixed horizontal circular smooth hollow tube as shown. The mass 'm' is moving with speed 'u' and the mass '2m' is stationary. After their first collision, the time elapsed for next collision. (coefficient of restitution  $e = 1/2$ )  
 चित्रानुसार रिथर वृत्ताकार खोखली चिकनी नली में 'm' तथा '2m' द्रव्यमान रखे हैं। द्रव्यमान 'm', 'u' चाल से गति कर रहा है, जबकि '2m' द्रव्यमान विराम में है। प्रथम टक्कर के पश्चात् अगली टक्कर होने में कितना समय लगेगा (प्रत्यावर्स्थान गुणांक  $e = 1/2$ )



(A)  $\frac{2\pi r}{u}$       (B\*)  $\frac{4\pi r}{u}$       (C)  $\frac{3\pi r}{u}$       (D)  $\frac{12\pi r}{u}$

**Sol.** (B) Let the speeds of balls of mass m and 2m after collision be  $v_1$  and  $v_2$  as shown in figure.

Applying conservation of momentum

(B) माना m तथा 2m द्रव्यमान के टक्कर के पश्चात् वेग  $v_1$  तथा  $v_2$  हैं। संवेग संरक्षण के नियम से

$$mv_1 + 2mv_2 = mu \quad \text{and} \quad -v_1 + v_2 = \frac{u}{2}$$

solving we get  $v_1 = 0$  and  $v_2 = \frac{u}{2}$

इनको हल करने पर  $v_1 = 0$  तथा  $v_2 = \frac{u}{2}$

Hence the ball of mass m comes to rest and ball of mass 2m moves with speed  $\frac{u}{2}$ .

अतः m द्रव्यमान की गेंद विराम में आ जायेगी तथा 2m द्रव्यमान की गेंद की चाल  $\frac{u}{2}$  से जायेगी।

$$t = \frac{2\pi r}{u/2} = \frac{4\pi r}{u}$$

18. The density of a solid ball is to be determined in an experiment. The diameter of the ball is measured with a screw gauge, whose pitch is 0.5 mm and there are 50 divisions on the circular scale. The reading on the main scale is 2.5 mm and that on the circular scale is 20 divisions. If the measured mass of the ball has a relative error of 2%, the relative percentage error in the density is

एक ठोस गेंद का घनत्व एक प्रयोग से निर्धारित होना है। गेंद का व्यास एक स्फूर्ति-गेज, जिसका पिच 0.5 mm है तथा जिसके वृत्तीय पैमाने पर 50 भाग है, द्वारा मापा जाता है। माप में मुख्य पैमाने का मान 2.5 mm तथा वृत्तीय पैमाने का मान 20 भाग है। यदि गेंद के मापे गये द्रव्यमान में सापेक्ष त्रुटि 2% है, तब घनत्व में सापेक्ष त्रुटि है।

(A) 0.9%      (B) 2.4%      (C\*) 3.1%      (D) 4.2%

**Ans.** (C)

**Sol.** Least count =  $\frac{0.5}{50} = 0.01 \text{ mm}$

Diameter of ball D = 2.5 mm + (20)(0.01)

D = 2.7 mm

$$\rho = \frac{M}{\text{vol}} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi \left(\frac{D}{2}\right)^3}$$

$$\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_{\text{max}} = \frac{\Delta m}{m} + 3 \frac{\Delta D}{D} ; \left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_{\text{max}} = 2\% + 3 \left(\frac{0.01}{2.7}\right) \times 100\%$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = 3.1\%$$

**Sol.** अल्पतमांक  $= \frac{0.5}{50} = 0.01 \text{ mm}$

गेंद का व्यास  $D = 2.5 \text{ mm} + (20)(0.01)$

$D = 2.7 \text{ mm}$

$$\rho = \frac{M}{\text{vol}} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{D}{2}\right)^3}$$

$$\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_{\max} = \frac{\Delta m}{m} + 3 \frac{\Delta D}{D}$$

$$\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_{\max} = 2\% + 3\left(\frac{0.01}{2.7}\right) \times 100\%$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = 3.1\%$$

- 19.** A moving particle is acted upon by several forces  $F_1, F_2, F_3, \dots$  etc. One of the force is chosen, say  $F_2$ , then which of the following statement about  $F_2$  will be true.

गतिशील कण पर  $F_1, F_2, F_3, \dots$  बल कार्यरत हैं। इनमें से एक बल को लेते हैं। माना  $F_2$ , तो निम्न में से कौनसा तथ्य  $F_2$  के बारे में सत्य होगा –

- (A) Work done by  $F_2$  will be negative if speed of the particle decreases.
- (B) Work done by  $F_2$  will be positive if speed of the particle increases
- (C) Work done by  $F_2$  will be equal to the work done by other forces if speed of the particle does not change
- (D\*) If  $F_2$  is a conservative force, then work done by all other forces will be equal to change in potential energy due to force  $F_2$  when speed remains constant.
- (A)  $F_2$  के द्वारा किया गया कार्य ऋणात्मक होगा यदि कण की चाल कम हो रही है।
- (B)  $F_2$  के द्वारा किया गया कार्य धनात्मक होगा यदि कण की चाल बढ़ रही है।
- (C)  $F_2$  के द्वारा किया गया कार्य अन्य बलों द्वारा किये गये कार्य के तुल्य होगा यदि कण की चाल नहीं बदलती है।
- (D\*) यदि  $F_2$  संरक्षित बल हो तो, सभी अन्य बलों द्वारा किया गया कार्य, बल  $F_2$  के कारण स्थितिज ऊर्जा में परिवर्तन के तुल्य होगा जब चाल नियत है।

**Sol.** by Work energy theorem

$$W_{F2} + W_{\text{other}} = \Delta K$$

$$\Rightarrow W_{F2} = \Delta K - W_{\text{other}}$$

So A & B are wrong

If speed do not change  $\Delta K = 0$

$$\text{then } W_{F2} = -W_{\text{other}} \quad \dots(1)$$

So  $W_{F2} \neq W_{\text{other}}$

if  $F_2$  is conservative force then

$$\Delta U = -W_{F2} = W_{\text{other}} \quad (\text{from (1)})$$

D is only correct option

कार्य ऊर्जा प्रमेय द्वारा

$$W_{F2} + W_{\text{दूसरा}} = \Delta K$$

$$\Rightarrow W_{F2} = \Delta K - W_{\text{दूसरा}}$$

अतः A और B गलत हैं

यदि चाल परिवर्तित नहीं होती है।  $\Delta K = 0$

$$\text{तब } W_{F2} = -W_{\text{दूसरा}} \quad \dots(1)$$

अतः  $W_{F2} \neq W_{\text{दूसरा}}$

यदि  $F_2$  संरक्षी बल है तो

$$\Delta U = -W_{F2} = W_{\text{दूसरा}} \quad (1) \text{ से}$$

केवल D ही सही विकल्प है।

20. An object is moving along a straight line path from P to Q under the action of a force  $(4\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k})\text{N}$ . If the co-ordinate of P & Q in metres are  $(3, 2, -1)$  &  $(2, -1, 4)$  respectively. Then the work done by the force is:

एक वस्तु सीधी रेखा के अनुदिश पथ P से Q तक बल  $(4\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k})\text{N}$  की उपस्थिति में गतिमान हैं। यदि बिन्दु P तथा Q के निर्देशांक मीटर में क्रमशः  $(3, 2, -1)$  तथा  $(2, -1, 4)$  हैं तो कार्यरत बल द्वारा किया कार्य होगा

(A)  $-15\text{ J}$                          (B\*)  $+15\text{ J}$                          (C)  $1015\text{ J}$                          (D)  $(4\hat{i} - 3\hat{j} + 2\hat{k})$

Sol.  $P \bar{Q} = (2 - 3)\hat{i} + (-1 - 2)\hat{j} (4 - (-1))\hat{k}$

$\bar{F} \cdot \bar{PQ} = -4 + 9 + 10 = 15\text{ J}$



**DPP No. : B21 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 40**

**Max. Time : 34 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1

(3 marks, 2 min.) [03, 03]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.2 to Q.3

(4 marks 2 min.) [08, 04]

Comprehension ('-1' negative marking) Q.4 to Q.6

(3 marks 2 min.) [09, 06]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.7 to Q.9

(4 marks 5 min.) [12, 15]

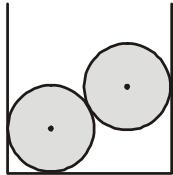
Match the Following (no negative marking) Q.10

(8 marks, 6 min.) [08, 06]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B21**

- |  |                            |                   |                                 |        |        |
|--|----------------------------|-------------------|---------------------------------|--------|--------|
| 1. (C)   | 2. (B) (C)                 | 3. (A)(B) (C) (D) | 4. (B)                          | 5. (C) | 6. (A) |
| 7. $\tau = \frac{\lambda^2 R}{\pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{R+r}{r}\right)$ | 8. $6 mg \cos^2(\theta/2)$ | 9. 3              | 10. (A) p,r (B) p (C) r (D) q,s |        |        |

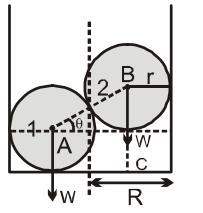
1. Two smooth spheres each of radius 5 cm and weight W rest one on the other inside a fixed smooth cylinder of radius 8 cm. The reactions between the spheres and the vertical side of the cylinder are:



8 सेमी त्रिज्या के चिकने स्थिर बेलन के अन्दर 5 सेमी त्रिज्या तथा W भार वाले दो चिकने गोले स्थिर रखे हैं। ऊर्ध्व दीवार के साथ गोलों की प्रतिक्रिया होगी –

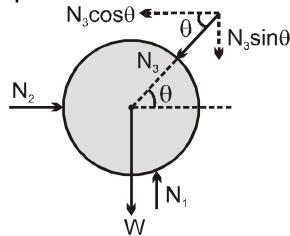
- (A)  $W/4$  &  $3W/4$       (B)  $W/4$  &  $W/4$       (C\*)  $3W/4$  &  $3W/4$       (D)  $W$  &  $W$

**Sol.**



$$r = 5\text{cm} ; R = 8\text{cm}$$

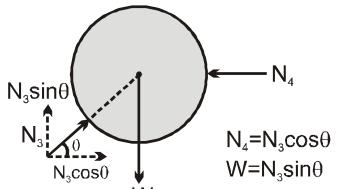
FBD of sphere 1



$$N_1 = W + N_3 \sin\theta$$

$$N_2 = N_3 \cos\theta$$

FBD of sphere 2



$$AC = 2R - 2r = 16 - 10 = 6$$

$$AB = 2r$$

$$\cos\theta = \frac{AC}{AB} = \frac{R-r}{r} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

$$\theta = 53^\circ$$

$$N_4 = N_3 \cos\theta$$

$$W = N_3 \sin\theta$$

**Ans.**  $N_4 = W \cot\theta$

$$N_3 = W \operatorname{cosec}\theta$$

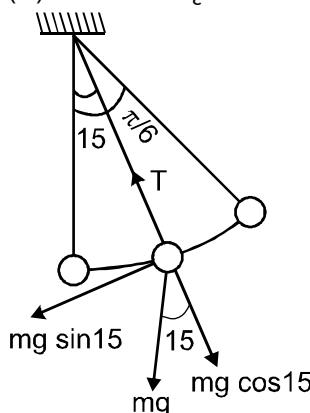
$$N_2 = W \cot\theta$$

$$N_1 = 2W.$$

2. A simple pendulum of length 2m with a bob of mass M oscillates with an angular amplitude of  $\frac{\pi}{6}$  radians then (use  $\sqrt{g} = \pi$ ) :

M द्रव्यमान का गोलक का 2m लम्बाई का एक सरल लोलक  $\frac{\pi}{6}$  रेडियन कोणीय आयाम से दोलन करता है तब ( $\sqrt{g} = \pi$  का उपयोग करो) :

- (A) tension is the string is  $mg \cos 15^\circ$  at angular displacement of  $15^\circ$   
 (B\*) rate of change of speed at angular displacement of  $15^\circ$  is  $g \sin 15^\circ$   
 (C\*) tension in the string is greater than  $mg \cos 15^\circ$  at angular displacement of  $15^\circ$   
 (D) frequency of oscillation is  $0.5 \text{ sec}^{-1}$ .  
 (A) डोरी में तनाव  $15^\circ$  के कोणीय विस्थापन पर  $mg \cos 15^\circ$  है।  
 (B\*)  $15^\circ$  के कोणीय विस्थापन पर चाल के परिवर्तन की दर  $g \sin 15^\circ$  है।  
 (C\*)  $15^\circ$  के कोणीय विस्थापन पर डोरी में तनाव  $mg \cos 15^\circ$  से अधिक होगा।  
 (D) दोलन की आवृत्ति  $0.5 \text{ sec}^{-1}$  है।



**Sol.**

$$\text{As चूंकि } T - mg \cos 15 = \frac{mv^2}{l}$$

$$\therefore T > mg \cos 15$$

$$\text{As चूंकि } \frac{dv}{dt} = a \text{ (tangential acceleration)} \text{ (स्पर्श रेखीय त्वरण)}$$

$$\therefore a = g \sin 15$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{2}}$$

3. A particle moving with kinetic energy = 3 J makes an elastic head-on collision with a stationary particle which has twice its mass. During the impact :  
 3J गतिज ऊर्जा से गतिशील एक कण दूसरे स्थिर कण से सीधी प्रत्यास्थ टक्कर करता है। स्थिर कण का द्रव्यमान दुगुना है। टक्कर के दौरान :  
 (A\*) the minimum kinetic energy of the system is 1 J  
 निकाय की न्यूनतम गतिज ऊर्जा 1 J है  
 (B\*) the maximum elastic potential energy of the system is 2 J  
 निकाय की अधिकतम प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा 2 J है  
 (C\*) momentum and total energy are conserved at every instant  
 प्रत्येक क्षण संवेग व कुल ऊर्जा संरक्षित रहती है  
 (D\*) the ratio of kinetic energy to potential energy of the system first decreases and then increases.  
 निकाय की गतिज व स्थितिज ऊर्जा का अनुपात पहले घटता है तथा फिर बढ़ता है।

**Sol.** Let  $m$  be mass of first particle hence  $2m$  will be mass of stationary particle. K.E. =  $\frac{1}{2} mv^2 = 3J$

For maximum deformation state (from conservation of linear momentum)

$$mv + 0 = 3m v'$$

$$v' = \frac{v}{3}$$

$$\text{Minimum kinetic energy of the system} = \frac{1}{2} (3m)v'^2$$

$$= \frac{1}{2} (3m) \cdot \left(\frac{v}{3}\right)^2$$

$$= \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} mv^2\right) = \frac{1}{3} \times 3$$

$$= 1 J$$

Maximum elastic potential energy of the system

$$= \text{Total K.E.} - \text{Min. K.E.}$$

$$= 3 - 1 = 2 J$$

As the external force on the system is zero, hence its momentum is conserved at every instant. As the collision is elastic, hence total energy will also be conserved at every instant.

Ratio of K.E. to P.E. of the system first decreases, as the K.E. decreases & P.E. increases upto maximum deformation state after that K.E. increases & P.E. decreases hence, the ratio of K.E. to P.E. then increases.

माना पहले कण का द्रव्यमान  $m$  है अतः स्थिर कण का द्रव्यमान  $2m$  होगा. K.E. =  $mv^2 = 3J$

अधिकतम विकृति अवस्था के लिए (रेखीय संवेग संरक्षण से)

$$mv + 0 = 3m v'$$

$$v' = \frac{v}{3}$$

$$\text{निकाय की अधिकतम गतिज ऊर्जा} = \frac{1}{2} (3m)v'^2$$

$$= \frac{1}{2} (3m) \cdot \left(\frac{v}{3}\right)^2$$

$$= \frac{1}{3} \left(\frac{1}{2} mv^2\right) = \frac{1}{3} \times 3$$

$$= 1 J$$

निकाय की अधिकतम प्रत्यास्थ स्थितिज ऊर्जा

$$= \text{कुल गतिज ऊर्जा} - \text{न्यूनतम गतिज ऊर्जा}$$

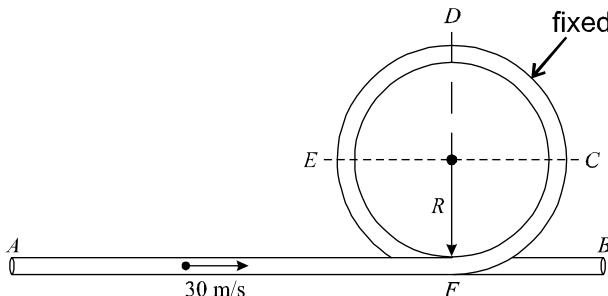
$$= 3 - 1 = 2 J$$

जैसा कि निकाय पर बाह्य बल शून्य है अतः इसका हर क्षण संवेग संरक्षित है। चूंकि टक्कर प्रत्यास्थ है अतः कुल ऊर्जा भी प्रत्येक समय संरक्षित रहेगी। निकाय का K.E. तथा P.E. का अनुपात पहले घटता है चूंकि K.E. घटती है तथा P.E. उसकी अधिकतम कविकृति अवस्था तक बढ़ती है उसके बाद K.E. बढ़ती है तथा P.E. घटती है अतः K.E. तथा P.E. का अनुपात तब बढ़ता है।

### Comprehension : अनुच्छेद

A smooth horizontal pipe is bent in the form of a vertical circle of radius 20 m as shown in figure. A small glass ball is thrown in horizontal portion of pipe at speed 30 m/s as shown from end A. (Take  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

एक विकने क्षेत्रिज पाईप को चित्रानुसार 20 m त्रिज्या की ऊर्ध्वाधर वृत्त में मोड़ा जाता है। एक छोटी काँच की गेंद को पाईप के क्षेत्रिज तल A से 30 m/s की चाल से फेंका जाता है। ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



4. Which of the following statement is/are correct : निम्न में से कौनसे तथ्य सही होंगे –

- (i) ball will not come out from end B. गेंद सिरे B से बाहर नहीं आयेगी।
  - (ii) ball will come out from end B. गेंद सिरे B से बाहर आ जायेगी।
  - (iii) At point D speed of ball will be just more than zero. बिन्दु D पर गेंद की चाल शून्य से ठीक ज्यादा होगी।
  - (iv) At point E and C the ball will have same speed. बिन्दु E तथा C पर गेंद की चाल एक समान होगी।
- (A) only (i)      (B\*) (ii) and (iv)      (C) (ii), (iii) and (iv)      (D) only (ii)  
 (A) केवल (i)      (B\*) (ii) और (iv)      (C) (ii), (iii) और (iv)      (D) केवल (ii)

**Sol.** In the given situation if the speed becomes zero at the highest point then also the particle can complete the circle as there is no chance for the particle to loose contact in this case.

$u_{\min}$  = minimum speed required to complete vertical circle

दी गई स्थिति में यदि उच्चतम बिन्दु पर चाल शून्य हो जाती है तो कण भी वृत्त पूरा कर सकती है चुंकि वहाँ इस स्थिति में ढीले सम्पर्क के लिए कण के लिए कोई सौकान्ही है।

$u_{\min}$  = ऊर्ध्व वृत्त पूरा करने के लिए आवश्यक न्यूनतम चाल

$$= \sqrt{4gR} = \sqrt{4 \times 10 \times 20} = \sqrt{800} \text{ m/s}$$

$$30 \text{ m/s} > \sqrt{800}$$

so it can easily complete the vertical circle

अतः यह आसानी से ऊर्ध्व वृत्त पूरा कर सकता है।

Now, for point C

C बिन्दु के लिए

$$k_f + p_f = p_i + k_i$$

$$\frac{1}{2} mv_c^2 + mgh_c = 0 + \frac{1}{2} m(30)^2$$

$$v_c^2 = (30)^2 - 2gh_c$$

As  $h_c = h_E = R$ ; heights of points C & E from reference

चुंकि  $h_c = h_E = R$ ; निर्देश तंत्र से C व E बिन्दुओं की ऊँचाई

so अतः  $V_E = V_C$

5. At what angle from vertical from bottom most point F. The normal reaction on ball due to pipe will change its direction (in terms of radially outwards and inwards) :

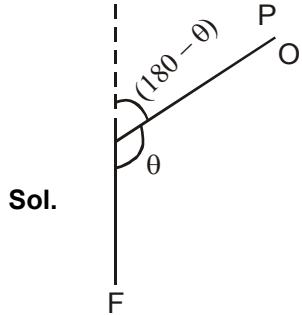
निम्नतम बिन्दु F से ऊर्ध्वाधर से किस कोण पर पाईप के कारण गेंद पर अभिलम्ब प्रतिक्रिया बल अपनी दिशा बदलेगा। (त्रिज्यरूप से अन्दर तथा बाहर की ओर) :

(A)  $\theta = 180^\circ$

(B)  $\theta = \cos^{-1} \left( -\frac{2}{3} \right)$

(C\*)  $\theta = \cos^{-1} \left( -\frac{5}{6} \right)$

(D) None of these इनमें से कोई नहीं



**Sol.**

$$mg \cos(180 - \theta) = \frac{mv^2}{\ell} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Applying W – E theorem between points F & P :  
बिन्दुओं F तथा P के मध्य कार्य ऊर्जा प्रमेय लगाने पर

$$\frac{1}{2} mu^2 = \frac{1}{2} mv^2 + mg\ell(1 - \cos \theta)$$

$$v^2 = u^2 - 2g\ell(1 - \cos \theta) \quad \dots \dots \dots (2)$$

on putting the value of  $v^2$  from (2) in (1)

(1) में (2) से  $v^2$  का मान रखने पर

$$mg \cos(180 - \theta) = \frac{m}{\ell} [u^2 - 2g\ell(1 - \cos \theta)]$$

$$-g\ell \cos \theta = u^2 - 2g\ell + 2g\ell \cos \theta$$

$$-3g\ell \cos \theta = 900 - 2 \times 10 \times 20$$

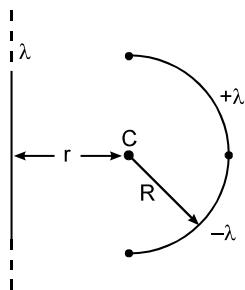
$$\cos \theta = -\frac{500}{3g\ell} = \frac{-500}{600}$$

$$\cos \theta = -5/6$$

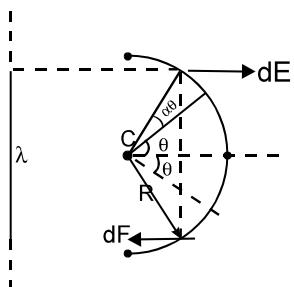
6. With what speed ball will come out from point B : बिन्दु B से गेंद किस चाल से बाहर निकलेगी :  
 (A\*) 30 m/s                    (B)  $20\sqrt{2}$  m/s                    (C)  $10\sqrt{5}$  m/s                    (D) None of these इनमें से कोई नहीं

**Sol.** As there will be no energy dissipation, it will come out at the same speed at which it enters.  
चुंकि ऊर्जा का कोई अपव्यय नहीं होगा यह उसी चाल से बाहर आयेगी जिस चाल से यह प्रवेश करती है।

7. In the figure shown, a very long wire and a semicircular ring of radius 'R' are placed in the same plane. The centre of the ring is at a distance 'r' from the wire. The wire has uniformly distributed line charge density ' $\lambda$ ' and the ring has linear charge density '+ $\lambda$ ' on one half and '- $\lambda$ ' on the other half as shown. Find the magnitude of net torque on the ring due to the wire.  
प्रदर्शित चित्र में एक बहुत लम्बा तार तथा 'R' त्रिज्या की एक अर्धवृत्ताकार वलय समान तल में स्थित है। वलय का केन्द्र तार से 'r' दूरी पर है। तार रेखीय आवेश घनत्व ' $-\lambda$ ' से एक समान रूप से आवेशित है तथा वलय के आधे भाग पर रेखीय आवेश घनत्व ' $+\lambda$ ' तथा शेष आधे भाग पर ' $-\lambda$ ' चित्रानुसार स्थित है। तार के कारण वलय पर कुल बल आघूर्ण का परिमाण ज्ञात करें।



Sol.



$$d\tau = dF \cdot 2R \sin \theta = \frac{2k\lambda \cdot R d\theta}{r + R \cos \theta} \cdot 2R \sin \theta$$

$$\tau = 4k\lambda^2 R$$

$$\int_0^{\pi/2} \frac{R \sin \theta d\theta}{r + R \cos \theta}$$

$$= 4k\lambda^2 R [-\ell n r + R \cos \theta]_0^{\pi/2} = -4k\lambda^2 R \left[ \ell n \frac{r}{r+R} \right]$$

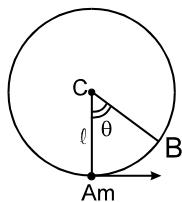
$$\tau = 4k\lambda^2 R \ell n \left( \frac{R+r}{r} \right)$$

$$\tau = \frac{\lambda^2 R}{\pi} \ell n \left( \frac{R+r}{r} \right)$$

$$\text{Ans. } \tau = \frac{\lambda^2 R}{\pi} \ell n \left( \frac{R+r}{r} \right)$$

8. A particle of mass  $m$  is attached at one end of a light, inextensible string of length  $\ell$  whose other end is fixed at the point C. The particle is given minimum velocity at the lowest point to complete the circular path in the vertical plane. As it moves in the circular path the tension in the string changes with  $\theta$ .  $\theta$  is defined in the figure. As  $\theta$  varies from '0' to '2π' (i.e. the particle completes one revolution) plot the variation of tension 'T' against ' $\theta$ '.

एक  $m$  द्रव्यमान का कण, हल्की अप्रत्यास्थ  $\ell$  लम्बाई की डोरी से जोड़ा गया है जिसका दुसरा सिरा C पर स्थिर (Fixed) किया गया है कण को निम्नतम स्थिति में न्यूनतम वेग दिया गया है ताकि यह उर्ध्वाधर तल में वृत्तीय गति पुरी कर लेवे। प्रदर्शित चित्र में  $\theta$  है जिसके बदलने में साथ डोरी में तनाव बदलता है तो  $\theta$  के '0' से '2π' तक (अर्थात् पूर्ण चक्रकर के लिए) बदलने के लिए तनाव 'T' का ' $\theta$ ' के साथ ग्राफ खीचे।

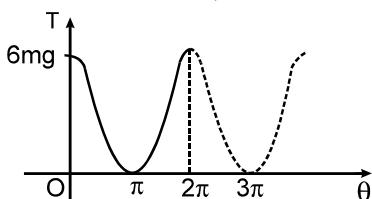


Sol.

By Newton's law at B  
B पर न्यूटन के नियम से

$$T - mg \cos \theta = \frac{mv^2}{\ell}$$

By energy conservation b/w A and B  
A व B के बीच ऊर्जा संरक्षण द्वारा



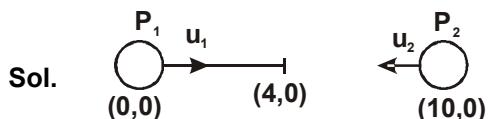
$$mg\ell (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m (5\ell g)$$

$$mv^2 = m 5\ell g - 2mg\ell (1 - \cos \theta)$$

$$\begin{aligned}
 T &= mg \cos\theta + m \cdot 5g - 2mg(1 - \cos\theta) \\
 &= 3mg + 3mg \cos\theta \\
 &3mg + 3mg \cos\theta \\
 &3mg(1 + \cos\theta) = 6mg \cos^2(\theta/2)
 \end{aligned}$$

9. Two particles  $P_1$  and  $P_2$  of equal mass situated at  $(0, 0)$  and  $(10, 0)$  respectively at  $t = 0$  and moving with constant velocities collided head on at point  $(4, 0)$  after time  $t_0$ . If the coefficient of restitution is 1 then what is the x-coordinate of centre of mass of the two particles at  $t = 2t_0$ .

समान द्रव्यमान के दो कण  $P_1$  तथा  $P_2$ ,  $t = 0$  समय पर क्रमशः  $(0, 0)$  तथा  $(10, 0)$  पर स्थित हैं तथा नियत वेग से गति करते हुए  $t_0$  समय पर बिंदु  $(4, 0)$  पर सम्पुष्क टकराते हैं। यदि प्रत्यावर्स्थान गुणांक 1 है तो  $t = 2t_0$  समय पर दोनों कणों के द्रव्यमान केन्द्र के x निर्देशांक ज्ञात करो।



$$u_1 = \frac{4}{t_0} \text{ and तथा } u_2 = \frac{6}{t_0}$$

At  $t = t_0$ , x-coordinate of c.m. is 4. Hence after further  $t_0$  time

$t = t_0$  समय पर, c.m. का x-निर्देशांक 4 है। अतः अगले  $t_0$  समय में

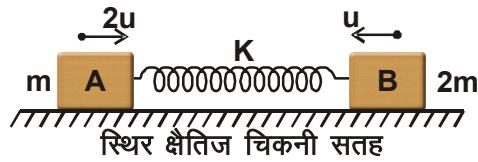
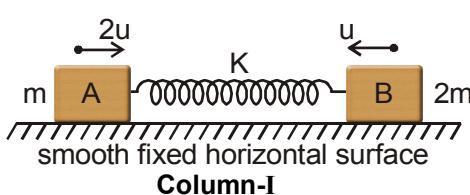
$$X_{cm} = 4 + v_{cm} \cdot t_0$$

$$= 4 + \frac{\left(\frac{4}{t_0} - \frac{6}{t_0}\right) \cdot t_0}{2} = 3$$

Ans. 3

10. Two blocks A and B of mass  $m$  and  $2m$  connected by a light spring of spring constant  $k$  lie at rest on a fixed smooth horizontal surface. Initially the spring is unstretched. Now at time  $t = 0$  both the blocks are imparted horizontal velocities towards each other of magnitudes  $2u$  and  $u$  as shown in figure. In the subsequent motion, the only horizontal force acting on blocks is due to spring. Match the conditions in column-I with the instants of time they occur as given in column-II.

एक चिकने क्षैतिज तथा स्थिर दृढ़ तल पर  $m$  तथा  $2m$  द्रव्यमान के दो ब्लॉक A तथा B स्थिर अवस्था में रखे हुये हैं। दोनों ब्लॉकों को K स्प्रिंग नियतांक की एक हल्की स्प्रिंग से जोड़ा गया है। प्रारम्भ में स्प्रिंग में खिंचाव नहीं है।  $t = 0$  पर दोनों ब्लॉकों को चित्र में दर्शाये अनुसार एक दूसरे की ओर क्रमशः  $2u$  तथा  $u$  परिमाण का वेग दिया जाता है। गति के दौरान ब्लॉकों पर लगने वाला क्षैतिज बल केवल स्प्रिंग के कारण ही लगता है। कॉलम-I में दी गई स्थितियां जिस समय पर प्राप्त होती हैं उस समय का कॉलम-II से चयन कीजिये –



(A) The speed of both blocks are same at time

$$(p) t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2m}{3k}}$$

(B) The length of spring is least at time

$$(q) t = \pi \sqrt{\frac{2m}{3k}}$$

(C) The length of spring is maximum at time

$$(r) t = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{2m}{3k}}$$

(D) The acceleration of both blocks is zero

$$(s) t = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{3k}}$$

simultaneously at time

### कॉलम-I

- (A) दोनों ब्लॉकों की चाल समान होगी।  
 (B) स्प्रिंग की लम्बाई न्यूनतम होगी।  
 (C) स्प्रिंग की लम्बाई अधिकतम होगी।  
 (D) दोनों ब्लॉकों का त्वरण एकसाथ एक ही समय पर शून्य होगा।

### कॉलम-II

$$(p) t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2m}{3k}} \text{ पर}$$

$$(q) t = \pi \sqrt{\frac{2m}{3k}} \text{ पर}$$

$$(r) t = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{2m}{3k}} \text{ पर}$$

$$(s) t = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{3k}} \text{ पर}$$

**Ans.** (A) p,r (B) p (C) r (D) q,s

**Sol.** The time period of oscillation of either block is  $T = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{3k}}$ .

After starting at  $t = 0$  from mean position, at  $t = \frac{T}{4}$  both blocks will reach extreme position for first time and the compression is maximum. Also speeds of both blocks are zero.

At instant  $t = \frac{T}{2}$ , both blocks are again at mean position and their acceleration is zero.

At instant  $t = \frac{3T}{4}$ , the blocks are again at extreme positions with length of the spring being maximum and speed of both blocks being zero.

At  $t = T$ , the blocks are again at mean position and their acceleration is zero

$$\text{प्रत्येक गटे का आवर्तकाल } T = 2\pi \sqrt{\frac{2m}{3k}}.$$

मध्यावस्था से  $t = 0$  पर प्रारम्भ होने के पश्चात्  $t = \frac{T}{4}$  पर दोनों गटे प्रथम बार चरल रिथिति पर पहुँचते हैं एवं स्प्रिंग में संकुचन अधिकतम एवं दोनों गटों की चाल भी शून्य है।

$t = \frac{T}{2}$  पर दोनों गटे पुनः मध्य अवस्था में हैं तथा उनके त्वरण शून्य है।

$t = \frac{3T}{4}$  पर गटे पुनः चरम रिथिति पर होंगे तथा स्प्रिंग की लम्बाई अधिकतम होगी एवं दोनों गटों की चाल शून्य होगी।

$t = T$  पर गटे पुनः मध्य रिथिति में होंगे एवं उनका त्वरण शून्य होगा।



**DPP No. : B22 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 43**

**Max. Time : 33 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1

(3 marks, 2 min.) [03, 02]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.2 to Q.6

(4 marks 2 min.) [20, 10]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.7 to Q.9

(4 marks 5 min.) [12, 15]

Match the Following (no negative marking) Q.10

(8 marks, 6 min.) [08, 06]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B22**

- |           |            |               |            |                                    |
|-----------|------------|---------------|------------|------------------------------------|
| 1. (C)    | 2. (C) (D) | 3. (B) (C)(D) | 4. (A) (C) | 5. (A)(B) (C)                      |
| 6. (B)(C) | 7. 4       | 8. 7          | 9. 40      | 10. (A) r,s (B) r, s (C) p (D) p,q |

1. A particle is revolving in a circle of radius R with initial speed v. It starts retarding with retardation  $\frac{v^2}{4\pi R}$ .

The number of revolutions it makes in time  $\frac{8\pi R}{v}$  is :

एक कण R त्रिज्या के वृत्त में प्रारम्भिक चाल v से गतिशील है। यह नियत मदन  $\frac{v^2}{4\pi R}$  के साथ मंदित होना प्रारम्भ करता है। यह  $\frac{8\pi R}{v}$  समय में कितने चक्कर पूरे करेगा –

- (A) 3  
कोई नहीं

(B) 4

(C\*) 2

(D) none of these उपरोक्त में से

**Sol.** Initial Velocity = V = u (say)

Velocity at time t = v

$$\begin{aligned} \frac{dv}{dt} = -\frac{v^2}{4\pi R} &\Rightarrow -\int \frac{dv}{v^2} = \int \frac{dt}{4\pi R} \\ \frac{1}{u} = 0 + C &\quad \therefore \quad \frac{1}{v} = \frac{1}{4\pi R} t + \frac{1}{u} \\ \frac{1}{u} = \frac{ut + 4\pi R}{4\pi Ru} &\quad \Rightarrow \quad \int \frac{dt}{ut + 4\pi R} = \int \frac{ds}{4\pi Ru} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{u} \cdot \log_e (ut + 4\pi R) = \frac{1}{4\pi Ru} s + C$$

$$\frac{1}{u} \cdot \log_e (0 + 4\pi R) = 0 + C$$

$$\left( \frac{ut + 4\pi R}{4\pi R} \right) \log_e = \frac{s}{4\pi R} \quad \text{For } t = \frac{8\pi R}{u}$$

$$\log_e \left( \frac{u}{4\pi R} \times \frac{8\pi R}{u} + \frac{4\pi R}{4\pi R} \right) = \frac{s}{4\pi R}$$

$$\therefore S = (4\pi R) \log_e 3 = 4\pi R \text{ (about)}$$

$$\therefore \text{Number of revolution} = 2$$

- 2.** A charged ring (uniform) has electric field 10 N/C at a point on the axis of it. If same charge on the same ring is distributed non-uniformly, then the electric field at the same point :

(A) must be 10 N/C                                  (B) may be less than 10 N/C  
 (C\*) may be 10 N/C                                  (D\*) may be more than 10 N/C

एक आवेशित वलय (एकसमान) के अक्ष पर स्थित बिन्दु पर 10 N/C का विद्युत क्षेत्र है। यदि समान वलय पर समान आवेश असमान रूप से वितरित है तो समान बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र।

(A) 10 N/C होगा                                  (B) 10 N/C से कम हो सकता है  
 (C\*) 10 N/C हो सकता है                      (D\*) 10 N/C से अधिक हो सकता है।

- Sol.** In the case of non uniform distribution of charge, the electric field has two components along the axis and  $\perp$  to axis of the ring. In this case it is not necessary that  $\perp$  components are cancelled out.

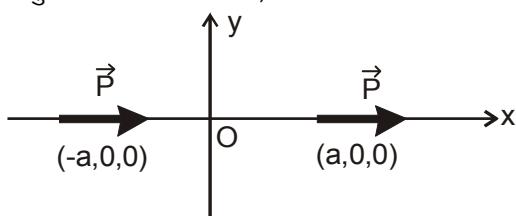
So  $\vec{E}_{\text{res.}}$  can be more than 10 N/C.

आवेश के असमान वितरण की स्थिति में विद्युत क्षेत्र के वलय की अक्ष के अनुदिश व अक्ष के लम्बवत् दो घटक होंगे। इस स्थिति में यह आवश्यक नहीं है कि लम्बवत् घटक एक दूसरे को निरस्त करें।

अतः  $\vec{E}_{\text{res.}}$  10 N/C से अधिक हो सकता है।

- 3.** Two identical dipoles of dipole moment  $\vec{P} = p_0 \hat{i}$  ( $p_0$  is a positive constant) are placed on x-axis at points A(a, 0, 0) and B(-a, 0, 0) as shown. Then pick up the correct statements :

$\vec{P} = p_0 \hat{i}$  द्विध्रुव आघूर्ण ( $p_0$  धनात्मक नियतांक है) के दो समरूप द्विध्रुव x-अक्ष पर स्थित बिन्दु A (a, 0, 0) तथा B(-a, 0, 0) पर चित्रानुसार रखे हुये हैं। तब सही कथन/कथनों का चयन कीजिये –



- (A) The electric field at each point on y-z plane (except at infinity) must be perpendicular to y-z plane.  
 (B\*) If electric field exists at a point on y-z plane, it must be perpendicular to y-z plane.  
 (C\*) Potential at each point on y-z plane is zero.  
 (D\*) There is a circle of finite radius on y-z plane with centre at origin such that both electric field and potential are zero at each point on its periphery.  
 (A) y-z तल पर प्रत्येक बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र (अनन्त के अतिरिक्त) y-z तल के लम्बवत् होगा।  
 (B\*) यदि विद्युत क्षेत्र y-z तल के किसी बिन्दु पर उपस्थित है तो यह y-z तल के लम्बवत् होगा।  
 (C\*) y-z तल के प्रत्येक बिन्दु पर विभव शून्य होगा।  
 (D\*) y-z तल पर परिमित त्रिज्या का एक वृत्त (जिसका केन्द्र मूल बिन्दु पर है) इस प्रकार होगा कि विद्युत क्षेत्र तथा विभव दोनों इसकी परिधी के प्रत्येक बिन्दु पर शून्य होंगे।

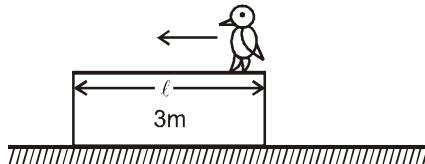
- Sol.** Potential at each point on y-z plane is zero. The electric field will be zero on y-z plane at a distance  $\sqrt{2} a$  from origin.

y-z तल पर प्रत्येक बिन्दु पर विभव शून्य होगा। y-z तल पर मूल बिन्दु से  $\sqrt{2} a$  दूरी पर विद्युत क्षेत्र शून्य होगा।

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times \frac{2}{3} \mu\text{C} \times \frac{1}{3} \mu\text{C}}{1^2} = 2\text{mN}$$

4. A penguin of mass  $m$  stands at the right edge of a sled of mass  $3m$  and length  $\ell$ . The sled lies on frictionless ice. The penguin starts moving towards left, reaches the left end and jumps with a velocity  $u$  and at an angle  $\theta$  relative to ground. (Neglect the height of the sled)

$m$  द्रव्यमान का पैंगिन लम्बाई तथा  $3m$  द्रव्यमान की सिल्ली के ऊपर दाये सिरे पर खड़ा हुआ है। सिल्ली घर्षणरहित बर्फ के ऊपर रखी हुई है। पैंगिन बाएं तरफ चलना प्रारम्भ करता है तथा बाएं सिरे पर पहुँचकर  $u$  वेग के साथ धरातल से  $\theta$  कोण पर छलांग लगाता है। (सिल्ली की ऊँचाई को नगण्य मानें)

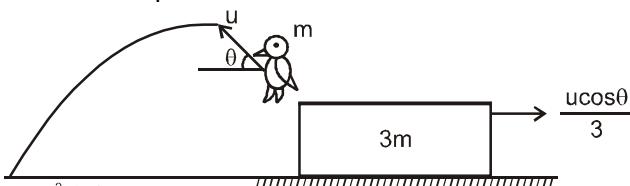


- (A\*) Till the penguin reaches the left end, the sled is displaced by  $\frac{\ell}{4}$
- (B) Till the penguin reaches the left end, the sled is displaced by  $\frac{\ell}{3}$
- (C\*) After jumping, it will fall on the ground at a distance  $\frac{4 u^2 \sin 2\theta}{3g}$  from the left end of the sled.
- (D) After jumping, it will fall on the ground at a distance  $\frac{3 u^2 \sin 2\theta}{4g}$  from the left end of the sled.
- (A\*) पैंगिन के बाएं सिरे तक पहुँचने पर सिल्ली  $\frac{\ell}{4}$  से विस्थापित होती है।
- (B) पैंगिन के बाएं सिरे तक पहुँचने पर सिल्ली  $\frac{\ell}{3}$  से विस्थापित होती है।
- (C\*) छलांग लगाने के पश्चात पैंगिन सिल्ली के बाएं सिरे से  $\frac{4 u^2 \sin 2\theta}{3g}$  दूरी पर धरातल पर गिरता है।
- (D) छलांग लगाने के पश्चात पैंगिन सिल्ली के बाएं सिरे से  $\frac{3 u^2 \sin 2\theta}{4g}$  दूरी पर धरातल पर गिरता है।

Sol. (A)  $S_m = \frac{m_1 S_1 + m_2 S_2}{m_1 + m_2}$

$$0 = \frac{(3m)(-x) + (m)(\ell - n)}{3m + m}$$

$$x = \frac{\ell}{4}$$



(C)

$$T = \frac{2usin\theta}{g}$$

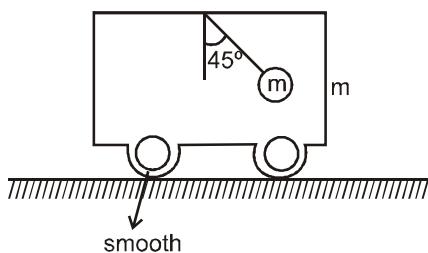
$$\text{Displacement of sled in this time} = \left(\frac{u \cos \theta}{3}\right) \left(\frac{2 \sin \theta}{g}\right) = \frac{1}{3} \left(\frac{u^2 \sin 2\theta}{g}\right)$$

$$\text{इस समय में सिल्ली का विस्थापन} = \left(\frac{u \cos \theta}{3}\right) \left(\frac{2 \sin \theta}{g}\right) = \frac{1}{3} \left(\frac{u^2 \sin 2\theta}{g}\right)$$

$$\text{Total distance कुल दूरी} = \frac{4}{3} \left(\frac{u^2 \sin 2\theta}{g}\right)$$

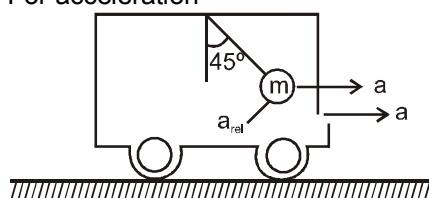
5. A cart of mass  $m$  is placed on a smooth horizontal surface. A pendulum of mass  $m$  is released from rest as shown. Then :

$m$  द्रव्यमान की गाड़ी चिकनी क्षैतिज जगह पर स्थित है।  $m$  द्रव्यमान का लोलक स्थिरावस्था से चित्रानुसार छोड़ा जाता है तो:



- (A\*) velocity of the cart just after release is zero.  
 (B\*) acceleration of the cart just after release is  $g/3$ .  
 (C\*) velocity of the pendulum relative to the cart just after release is zero.  
 (D) acceleration of pendulum relative to the cart just after release is  $g/3$ .  
 (A\*) छोड़ने के तुरन्त पश्चात् गाड़ी का वेग शून्य है।  
 (B\*) छोड़ने के तुरन्त पश्चात् गाड़ी का त्वरण  $g/3$  है।  
 (C\*) छोड़ने के तुरन्त पश्चात् लोलक का गाड़ी के सापेक्ष वेग शून्य है।  
 (D) छोड़ने के तुरन्त पश्चात् लोलक का गाड़ी के सापेक्ष त्वरण  $g/3$  है।

**Sol.** As the system is released from rest, velocity of the cart and pendulum just after release is zero.  
 For acceleration



Equation for pendulum in tangential direction

$$mg \sin 45^\circ = m (a_{\text{rel}} - a \cos 45^\circ) \quad \dots \dots (1)$$

Equation for the system in x direction

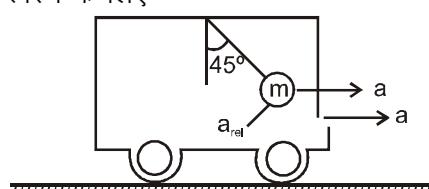
$$(F_{\text{net}})_n = 0 = (m) (a) + (m) (a - a_{\text{rel}} \cos 45^\circ) \quad \dots \dots (2)$$

Solving

$$a = \frac{g}{3}$$

$$a_{\text{rel}} = 2\sqrt{2} \frac{g}{3}$$

**Sol.** निकाय को स्थिरावस्था से छोड़ने पर गाड़ी तथा लोलक का वेग छोड़ने के तुरन्त पश्चात् शून्य है।  
 त्वरण के लिए



लोलक के लिए स्पर्श रेखीय दिशा में समीकरण से

$$mg \sin 45^\circ = m (a_{\text{rel}} - a \cos 45^\circ) \quad \dots \dots (1)$$

निकाय पर x दिशा में समीकरण से

$$(F_{\text{net}})_n = 0 = (m) (a) + (m) (a - a_{\text{rel}} \cos 45^\circ) \quad \dots \dots (2)$$

हल करने पर

$$a = \frac{g}{3}$$

$$a_{\text{rel}} = 2\sqrt{2} \frac{g}{3}$$

6. Consider a vernier callipers in which each 1 cm on the main scale is divided into 8 equal divisions and a screw gauge with 100 divisions on its circular scale. In the vernier callipers, 5 divisions of the vernier scale coincide with 4 division on the main scale and in the screw gauge, one complete rotation of the circular scale moves it by two divisions on the linear scale. Then,
- (A) If the pitch of the screw gauge is twice the least count of the Vernier callipers, the least count of the screw gauge is 0.01mm.
- (B\*) If the pitch of the screw gauge is twice the least count of the Vernier callipers, the least count of the screw gauge is 0.005mm.
- (C\*) If the least count of the linear scale of the screw gauge is twice the least count of the Vernier callipers, the least count of the screw gauge is 0.01 mm.
- (D) If the least count of the linear scale of the screw gauge is twice the least count of the vernier callipers, the least count of the screw gauge is 0.005 mm.
- एक वर्नियर कैलीपर्स में मुख्य पैमाने का 1 cm, 8 बराबर भागों में विभक्त है तथा एक पेंचमापी के वृत्ताकार पैमाने पर 100 भाग है। वर्नियर कैलीपर्स में वर्नियर पैमाने पर 5 समान भाग हैं जो मुख्य पैमाने के 4 भागों से पूरी तरह मिलते हैं (संपाती होते हैं)। पेंचमापी में वृत्ताकार पैमाने के एक पूरे चक्कर से रेखीय पैमाने पर 2 भागों की दूरी तय होती है। तब
- (A) यदि पेंचमापी का चूड़ी अन्तराल वर्नियर कैलीपर्स के अल्पतमांक का दो गुना है, तब पेंचमापी का अल्पतमांक 0.01mm है।
- (B) यदि पेंचमापी का चूड़ी अन्तराल वर्नियर कैलीपर्स के अल्पतमांक का दो गुना है, तब पेंचमापी का अल्पतमांक 0.005mm है।
- (C) यदि पेंचमापी के रेखीय पैमाने का अल्पतमांक वर्नियर कैलीपर्स के अल्पतमांक का दोगुना है, तो पेंचमापी का अल्पतमांक 0.01 mm है।
- (D) यदि पेंचमापी के रेखीय पैमाने का अल्पतमांक वर्नियर कैलीपर्स के अल्पतमांक का दोगुना है, तो पेंचमापी का अल्पतमांक 0.005 mm है।

[JEE(Advanced) 2015 ; P-1,4/88, -2]

**Ans. (B,C)**

For Vernier calipers

वर्नियर कैलिपर्स के लिये

$$1\text{MSD} = \frac{1}{8}\text{cm}$$

$$5\text{ VSD} = 4\text{ MSD}$$

$$1\text{VSD} = \frac{4}{5}\text{MSD} = \frac{4}{5} \times \frac{1}{8}\text{cm} = \frac{1}{10}\text{cm}$$

$$\text{LC of vernier calliper} \text{ वर्नियर कैलिपर्स का अल्पतमांक} = \frac{1}{8}\text{cm} - \frac{1}{10}\text{cm} = 0.025\text{ cm}$$

(A) & (B) स्कूरेज का चुड़ी अन्तराल

$$\text{pitch of screw gauge} = 2 \times (0.025) = 0.05\text{ cm}$$

$$\text{Leastcount of screw gauge} = \frac{0.05}{100}\text{cm} = 0.005\text{ mm}$$

$$\text{स्कूरेज का अल्पतमांक} = \frac{0.05}{100}\text{cm} = 0.005\text{ mm}$$

(C) & (D) Least count of linear scale of screw gauge = 0.05 cm

(C) तथा (D) स्कूरेज के रेखीय पैमाने का अल्पतमांक = 0.05 cm

$$\text{pitch चुड़ी अन्तराल} = 0.05 \times 2\text{ cm} = 0.1\text{ cm}$$

$$\text{Leastcount of screw gauge स्कूरेज का अल्पतमांक} = \frac{0.1}{100}\text{cm} = 0.01\text{ mm}$$

7. The energy of a system as a function of time  $t$  is given as  $E(t) = A^2 \exp(-\alpha t)$ , where  $\alpha = 0.2\text{s}^{-1}$ . The measurement of  $A$  has an error of 1.25%. If the error in the measurement of time is 1.50%, the percentage error in the value of  $E(t)$  at  $t = 5\text{ s}$  is  
 एक निकाय की समय  $t$  पर ऊर्जा  $E(t) = A^2 \exp(-\alpha t)$  फलन द्वारा दी जाती है, जहाँ  $\alpha = 0.2\text{s}^{-1}$  है।  $A$  के मापन में 1.25% की प्रतिशत त्रुटि है। यदि समय के मापन में 1.50% की त्रुटि है तब  $t = 5\text{ s}$  पर  $E(t)$  के मान में प्रतिशत त्रुटि होगी।

[JEE(Advanced) 2015 ; P-2,4/88]

**Ans. 4**

**Sol.**  $E(t) = A^2 e^{-\alpha t}$

$$\alpha = 0.2 \text{ s}^{-1}$$

$$\frac{dA}{A} = 1.25\%$$

$$\frac{dt}{t} = 1.50 \%$$

$$\frac{dE}{E} = ?$$

$$\log E = 2 \log A - \alpha t$$

$$\frac{dE}{E} = \pm 2 \frac{dA}{A} \pm \alpha dt$$

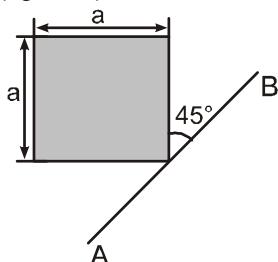
$$= \pm 2 (1.25) \pm 0.2(7.5)$$

$$= \pm 2.5 \pm 1.5$$

$$= \pm 4 \%$$

8. Find the moment of inertia (in  $\text{kg.m}^2$ ) of a thin uniform square sheet of mass  $M = 3\text{kg}$  and side  $a = 2\text{m}$  about the axis AB which is in the plane of sheet :

एक पतली एकसमान वर्गाकार प्लेट जिसका द्रव्यमान  $M = 3\text{kg}$  और भुजा  $a = 2\text{m}$  है, का AB अक्ष जोकि प्लेट के तल में है, के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण ( $\text{kg.m}^2$  में) ज्ञात करो।

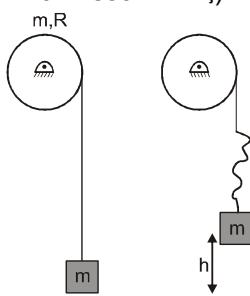


**Ans. 7**

**Sol.**  $I = \frac{ma^2}{12} + m \left( \frac{a}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{7ma^2}{12} = 7.$

9. A solid cylindrical pulley of mass  $m$  and radius  $R = 10 \text{ cm}$  is hinged about its horizontal axis of symmetry. A light string is wrapped around it, and a small block of mass 'm' is suspended from the string. Now the block is lifted vertically by a distance  $h = 1.8 \text{ m}$  and released. Just after the string becomes taut again, find the angular velocity of the cylinder in rad/s. (Take  $g = 10 \text{ m/sec}^2$ )

$m$  द्रव्यमान और  $R = 10 \text{ cm}$  त्रिज्या की एक ठोस बेलनाकार घिरनी अपने क्षैतिज सममित अक्ष के सापेक्ष कीलकित (hinged) है। एक हल्के धागे को इस पर लपेटा जाता है और 'm' द्रव्यमान के एक ब्लॉक को इससे लटकाया जाता है। अब ब्लॉक को  $h = 1.8 \text{ m}$  ऊपर उठाकर छोड़ दिया जाता है। रस्सी के पुनः तनित (tight) होने के ठीक बाद घिरनी का कोणीय वेग rad/s के ज्ञात करो। ( $g = 10 \text{ m/sec}^2$  लीजिए)



**Ans. 40**

**Sol.** Applying angular momentum conservation about the hinge point, between just before and just after the jerk

जटका लगने के ठीक पहले तथा ठीक पश्चात् कीलकित बिन्दु के परितः कोणीय संवेग संरक्षण से

$$L_i = L_f$$

$$(m) (\sqrt{2gh}) (R) = (m) (\omega R) (R) + \left( \frac{mR^2}{2} \right) \omega$$

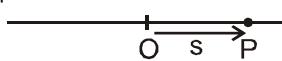
$$\omega = \frac{2\sqrt{2gh}}{3R}$$

$$\omega = \frac{2\sqrt{2 \times 10 \times 1.8}}{3 \times 0.1}$$

$$\omega = 40 \text{ rad/sec.}$$

- 10.** A particle of mass  $m = 1 \text{ kg}$  executes SHM about mean position O with angular frequency  $\omega = 1.0 \text{ rad/s}$  and total energy  $2J$ .  $x$  is positive if measured towards right from O. At  $t = 0$ , particle is at O and moves towards right. Match the condition in column-I with the position of the particle in column-II

$m = 1 \text{ kg}$  द्रव्यमान का एक कण माध्य बिन्दु O के सापेक्ष  $\omega = 1.0 \text{ रेडियन/से.}$  तथा कुल ऊर्जा  $2 \text{ जूल}$  से सरल आवर्त गति कर रहा है।  $x$ , O से दायी तरफ धनात्मक है।  $t = 0$  पर कण O पर तथा दायी तरफ गतिशील है। स्तम्भ-I को स्तम्भ-II से सुमेलित करिये।



**Column-I**

- (A) speed of particle is  $\sqrt{2} \text{ m/s}$  at
- (B) Kinetic energy of the particle is  $1J$  at
- (C) At  $t = \pi/6 \text{ s}$  particle is at
- (D) Kinetic energy is  $1.5 \text{ J}$  at

**स्तम्भ-I**

- (A) कण की चाल  $\sqrt{2} \text{ m/s}$  जिस बिन्दु पर होगी वह है
- (B) कण की गतिज ऊर्जा  $1 \text{ जूल}$  जिस बिन्दु पर होगी वह है
- (C)  $t = \pi/6 \text{ पर}$  कण जिस बिन्दु पर होगा वह है
- (D) गतिज ऊर्जा  $1.5 \text{ जूल}$  जिस बिन्दु पर होगी वह है

**Ans.** (A) r,s (B) r, s (C) p (D) p,q

**Sol.**  $KE_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 = TE \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 2}{1}} = 2 \text{ m/s}$

amplitude आयाम  $A = \frac{v_{max}}{\omega} = 2 \text{ m.}$

$$x = A \sin \omega t = 2 \sin t$$

$$v = 2 \cos t = \sqrt{4 - x^2}$$

$$(A) v = \sqrt{2} \text{ m/s} \Rightarrow x = \pm \sqrt{2} \text{ m.}$$

$$(B) KE = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow 1 = \frac{1}{2} \times 1 \times v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2} \text{ m/s.}$$

$$\therefore x = \pm \sqrt{2} \text{ m.}$$

$$(C) \text{ at } t = \pi/6 \text{ s, पर } x = 2 \sin \pi/6 = 1 \text{ m.}$$

$$(D) KE = \frac{3}{2} \Rightarrow 1.5 = \frac{1}{2} \times mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{3} \Rightarrow x = \pm 1 \text{ m.}$$

**Column-II**

- (p)  $x = + 1 \text{ m}$
- (q)  $x = - 1 \text{ m}$
- (r)  $x = + \sqrt{2} \text{ m}$
- (s)  $x = - \sqrt{2} \text{ m}$

**स्तम्भ-II**

- (p)  $x = + 1 \text{ m}$
- (q)  $x = - 1 \text{ m}$
- (r)  $x = + \sqrt{2} \text{ m}$
- (s)  $x = - \sqrt{2} \text{ m}$

**DPP No. : B23 (JEE-Advanced)**

Total Marks : 37

**Max. Time : 30 min.**

**Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.2**

**(3 marks, 2 min.)**

[06, 04]

**Comprehension ('-1' negative marking) Q.3 to Q.7**

**(3 marks 2 min.)**

[15, 10]

### **Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.8 to Q.11**

**(4 marks 5 min.)**

[08, 10]

**Match the Following (no negative marking) Q.10**

(8 marks, 6 min.)

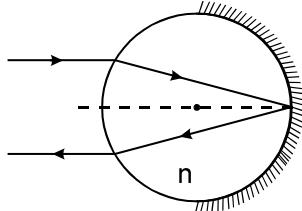
[08, 06]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B23**

- ANSWER KEY OF BPP NOTES

|    |     |    |  |     |                                       |    |     |    |     |    |     |    |     |
|----|-----|----|--|-----|---------------------------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| 1. | (D) | 2. | (D)  | 3.  | (C)                                   | 4. | (A) | 5. | (C) | 6. | (B) | 7. | (D) |
| 8. | 5   | 9. | $\frac{72v}{55\ell}$ , $\frac{\pi\ell}{3}$ , $\frac{24mv}{55}$ | 10. | (A) - t ; (B) - p ; (C) - r ; (D) - s |    |     |    |     |    |     |    |     |

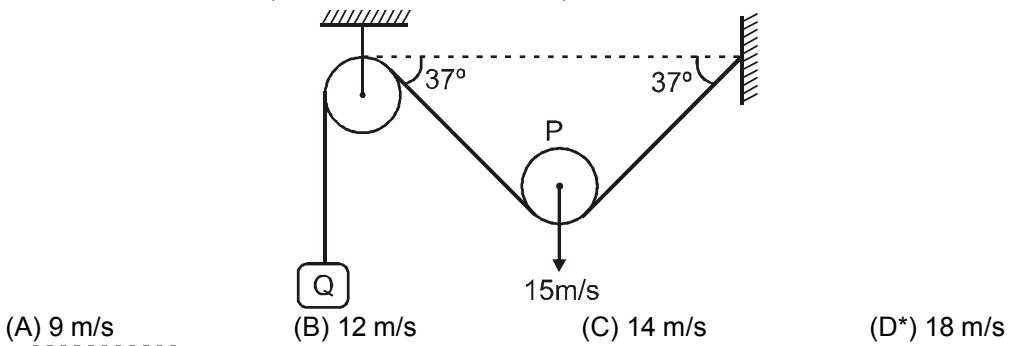
1. A transparent cylinder has its right half polished so as to act as a mirror. A paraxial light ray is incident from left, that is parallel to principal axis, exits parallel to the incident ray as shown. The refractive index  $n$  of the material of the cylinder is :  
 एक पारदर्शी बेलन के दाये आधे भाग को पॉलिश किया गया है, जिससे यह दर्पण की भाँति व्यवहार करता है। अक्ष के नजदीक, मुख्यअक्ष के समान्तर किरणें इस पर बायीं ओर से आपतित होती हैं तथा आपतित किरणों के समान्तर ही बाहर निकलती हैं। बेलन के पदार्थ का अपवर्तनांक  $n$  है –



- Sol.** For spherical surface गोलीय सतह के लिए

$$\Rightarrow \frac{n}{2R} - \frac{1}{\infty} = \frac{n-1}{R}$$

2. The massless pulley P is moving vertically downwards with constant speed of 15 m/s. Find the velocity with which the block Q moves up at the instant shown. (all pulleys are frictionless)  
 द्रव्यमानरहित घिरनी P ऊर्ध्वाधर नीचे की तरफ नियत चाल 15 m/s से गतिशील है। प्रदर्शित समय पर ब्लॉक Q का ऊपर की तरफ वेग ज्ञात करो। (सभी घिरनीया घर्षणरहित हैं।)



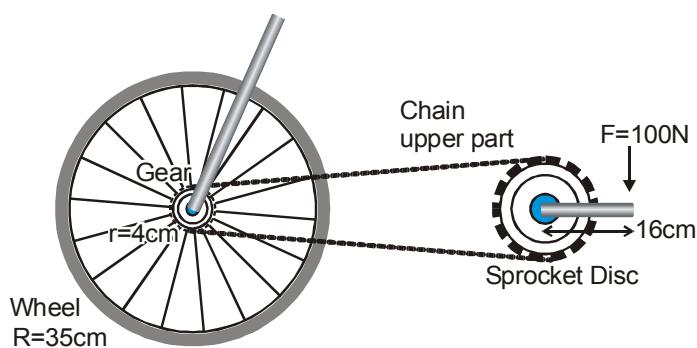
Sol.

$$V(\text{block}) = 2 \times 15 \cos 53^\circ \\ = 18 \text{ m/s.}$$

### COMPREHENSION

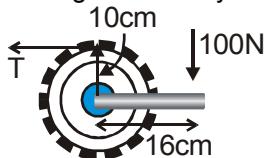
A bicycle has pedal rods of length 16 cm connected to a sprocketed disc of radius 10 cm. The bicycle wheels are 70 cm in diameter and the chain runs over a gear of radius 4 cm. The speed of the cycle is constant and the cyclist applies 100 N force that is always perpendicular to the pedal rod, as shown. Assume tension in the lower part of chain negligible. The cyclist is pedalling at a constant rate of two revolutions per second. Assume that the force applied by other foot is zero when one foot is exerting 100 N force. Neglect friction within cycle parts & the rolling friction.

एक साईकिल की पेडल छड़ की लम्बाई 16 cm है, जो चित्रानुसार 10 cm. त्रिज्या के कांटो वाले चक्र से जुड़ी है। साईकिल के पहिये का व्यास 70 cm है तथा चेन 4 cm. त्रिज्या के गियर पर घूमती है। साईकिल की चाल नियत है तथा साईकिल सवार पेडल पर हमेशा 100 N बल लम्बवत् आरोपित करता है। जैसा कि चित्र में प्रदर्शित है। माना चेन के निचले हिस्से में तनाव नगण्य है। साईकिल सवार पेडल को नियत दर दो चक्रकर प्रति सेकण्ड से घुमाता है। माना दूसरे पैर से आरोपित बल शून्य है, जब पहला पैर 100 N बल आरोपित कर रहा है। साईकिल के पूर्जो में घर्षण तथा घूर्णी घर्षण नगण्य है।



3. The tension in the upper portion of the chain is equal to  
 चैन के ऊपरी भाग में तनाव होगा -  
 (A) 100 N      (B) 120 N      (C\*) 160 N      (D) 240 N

**Sol.** As angular velocity of the disc is constant i.e.



चूंकि चक्के का कोणीय वेग नियत है अर्थात्

$$\sum \tau = 0$$

$$100N \times 16 \text{ cm} = T \times 10 \text{ cm}$$

$$T = 160 \text{ N}$$

**4.** Net torque on the rear wheel of the bicycle is equal to

साईकिल के पिछले पहिए पर कुल बलाधूर्ण है -

$$(A^*) \text{ zero शून्य}$$

$$(B) 16 \text{ N-m}$$

$$(C) 6.4 \text{ N-m}$$

$$(D) 4.8 \text{ N-m}$$

**Sol.** As angular acceleration of the rear wheel is zero therefore net torque on the wheel is zero.

चूंकि पहिए का कोणीय त्वरण शून्य है अतः पहिए पर कुल बलाधूर्ण शून्य होगा।

**5.** The power delivered by the cyclist is equal to

साईकिल सवार द्वारा दी गई शक्ति बराबर है।

$$(A) 280 \text{ W}$$

$$(B) 100 \text{ W}$$

$$(C^*) 64 \pi \text{ W}$$

$$(D) 32 \text{ W}$$

**Sol.** Power delivered दी गई शक्ति =  $\vec{F} \cdot \vec{v}$

where  $\vec{v}$  is velocity of the point of application of the force.

यहां  $\vec{v}$  बल के क्रिया बिन्दु का वेग

$$v = 16 \text{ cm} \times 2\pi \cdot 2 (= R\omega)$$

$$= 0.64 \pi \text{ m/s}$$

$$P = 100 \times 0.64 \pi = 64 \pi \text{ W.}$$

$$\text{ALT : } P = \tau\omega$$

**6.** The speed of the bicycle is साईकिल की चाल है।

$$(A) 6.4 \pi \text{ m/s}$$

$$(B^*) 3.5 \pi \text{ m/s}$$

$$(C) 2.8 \pi \text{ m/s}$$

$$(D) 5.6 \pi \text{ m/s}$$

**Sol.**  $RN = rn \Rightarrow n = \frac{10\text{cm} \times 2}{4\text{cm}} = 5 \text{ cy/s}$

So rear wheel rotates 5 cycles/second. अतः पहिया 5 चक्कर/सेकण्ड घूर्णन करेगा

$$\text{Hence अतः } V = \frac{35}{100} \times 2\pi \times 5 = 3.5 \pi \text{ m/s}$$

**7.** The net force of the friction on the rear wheel due to the road is :

सड़क द्वारा पिछले पहिये पर आरोपित कुल घर्षण बल है :

$$(A) 100 \text{ N}$$

$$(B) 62 \text{ N}$$

$$(C) 32.6 \text{ N}$$

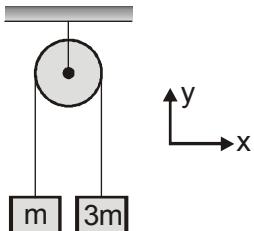
$$(D^*) 18.3 \text{ N}$$

**Sol.** As चूंकि  $\sum \tau = 0$

$$160 \text{ N} \times 4 \text{ cm} = f \times 35 \text{ cm}$$

$$f = \frac{160 \times 4 \text{ cm}}{35 \text{ cm}} = 18.3 \text{ N}$$

8. In the figure shown pulley and string are massless. The blocks move in vertical plane due to gravity. If the magnitude of acceleration of centre of mass of blocks is  $a$  (in  $\text{m/s}^2$ ) then value of  $2a$  is (Take  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )  
 प्रदर्शित चित्र में धिरनी तथा डोरी द्रव्यमानहीन है। ब्लॉक गुरुत्व के कारण उर्ध्वाधर तल में गति करता है। यदि ब्लॉक के द्रव्यमान केन्द्र के त्वरण का परिमाण  $a$  ( $\text{m/s}^2$  में) है। तो  $2a$  का मान होगा। ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )



**Sol.** Let acceleration of  $3m \downarrow$  is  
 माना  $3m$  का त्वरण नीचे की ओर है।

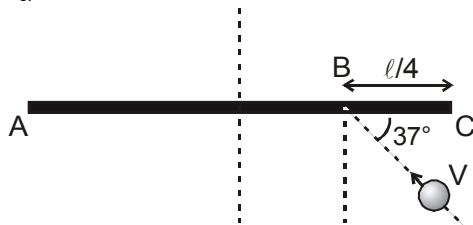
$$a_0 = \frac{3m - m}{3m + m} \cdot g = \frac{g}{2}$$

$$a_{cm} = \frac{3m \cdot a_0 - m \cdot a_0}{3m + m} = \frac{a_0}{2} = \frac{g}{4}$$

$$\therefore 2a = 2 \times \frac{g}{4} = 5$$

**Ans. 5**

9. A smooth rod AC of length  $\ell$  and mass  $m$  is kept on a horizontal smooth plane. It is free to rotate and move. A particle of same mass  $m$  moving on the plane with velocity  $v$  strikes rod at point B making angle  $37^\circ$  with the rod. The collision is elastic. After collision, when rod move  $\pi/2$  angle then (a) the angular velocity of rod, (b) distance travelled by centre of the rod and (c) impulse of the impact force.  
 लम्बाई  $\ell$  तथा द्रव्यमान  $m$  की छड़ AC, क्षैतिज चिकने तल पर रखी है। यह गति करने एवं धूर्णन के लिए स्वतंत्र है। समान द्रव्यमान  $m$  का एक कण, उसी तल में वेग  $v$  से गति करते हुए छड़ से  $37^\circ$  का कोण बनाते हुए इसके बिन्दु B पर टक्कर प्रत्यास्थ है। टक्कर के बाद छड़  $90^\circ$  का कोण घूम चूकी होगी। तब ज्ञात करे। (a) छड़ की काणीय चाल (b) छड़ के केन्द्र द्वारा तय दूरी और (c) छड़ पर आवेगी बल का आवेग।

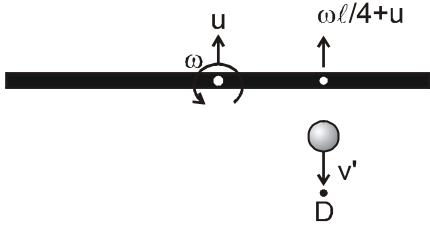


Ans.  $\frac{72v}{55\ell}, \frac{\pi\ell}{3}, \frac{24mv}{55}$

**Sol.** The ball has  $V'$ , component of its velocity perpendicular to the length of rod immediately after the collision.  $u$  is velocity of COM of the rod and  $\omega$  is angular velocity of the rod, just after collision. The ball strikes the rod with speed  $v \cos 53^\circ$  in perpendicular direction and its component along the length of the rod after the collision is unchanged.

Using for the point of collision.

Velocity of approach = Velocity of separation



$$\Rightarrow \frac{3V}{5} = \left( \frac{\omega\ell}{4} + u \right) + V' \quad \dots \dots (1)$$

Conserving linear momentum (of rod + particle), in the direction  $\perp$  to the rod.

$$mV \cdot \frac{3}{5} = mu - mV' \quad \dots \dots (2)$$

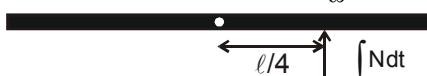
Conserving angular momentum about point 'D' as shown in the figure

$$0 = 0 + \left[ mu \frac{\ell}{4} - \frac{m\ell^2}{12} \omega \right] \Rightarrow u = \frac{\omega\ell}{3} \quad \dots \dots (3)$$

By solving

$$u = \frac{24V}{55}, \omega = \frac{72V}{55\ell}$$

Time taken to rotate by  $\pi$  angle  $t = \frac{\pi}{\omega}$



$$\text{In the same time, distance travelled} = u_2 \cdot t = \frac{\pi\ell}{3}$$

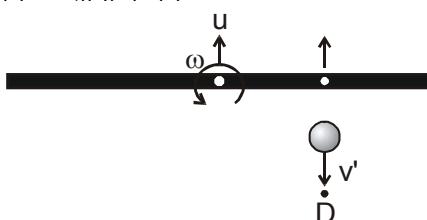
Using angular impulse-angular momentum equation.

$$\int N \cdot dt \cdot \frac{\ell}{4} = \frac{m\ell^2}{4} \cdot \frac{72V}{55\ell} \Rightarrow \int N \cdot dt = \frac{24mV}{55} \text{ or } \begin{cases} \text{using impulse-momentum equation on Rod} \\ \int N dt = mu = \frac{24mv}{55} \end{cases}$$

**Sol.** टक्कर के तुरन्त बाद, छड़ की लम्बाई के लम्बवत् गेंद के वेग का घटक  $V'$  है। टक्कर के बाद  $u$  छड़ के द्रव्यमान केन्द्र का वेग तथा  $\omega$  छड़ का कोणीय वेग है। गेंद छड़ से लम्बवत् दिशा में चाल  $v \cos 53^\circ$  से टकराती है। तथा लम्बाई के अनुदिश इसका घटक अपरिवर्तित रहता है।

संघट्ट बिन्दु के लिए

अलगाव वेग = सामीप्य वेग



$$\Rightarrow \frac{3V}{5} = \left( \frac{\omega\ell}{4} + u \right) + V' \quad \dots \dots (1)$$

छड़ के लम्बवत् दिशा में (छड़ + कण) के संवेग संरक्षण से

$$mV \cdot \frac{3}{5} = mu - mV' \quad \dots \dots (2)$$

चित्रानुसार बिन्दु D के परितः कोणीय संवेग संरक्षित है

$$0 = 0 + \left[ mu \frac{\ell}{4} - \frac{m\ell^2}{12} \omega \right] \Rightarrow u = \frac{\omega \ell}{3} \quad \dots (3)$$

हल करने पर

$$u = \frac{24V}{55}, w = \frac{72V}{55\ell}$$

$\pi$  कोण घूमने में लिया गया समय  $t = \frac{\pi}{\omega}$

$$\text{उसी समय में तय की दूरी} = u_2 t = \frac{\pi \ell}{3}$$

कोणीय आवेग – कोणीय संवेग समीकरण से

$$\int N \cdot dt \cdot \frac{\ell}{4} = \frac{m\ell^2}{4} \cdot \frac{72V}{55\ell} \quad \Rightarrow \int N \cdot dt = \frac{24mV}{55} \quad \left. \begin{array}{l} \text{चड़ पर आवेग – संवेग समीकरण लगाने पर} \\ \left\{ \int N dt = mu = \frac{24mv}{56} \right. \end{array} \right\}$$

10. Two dipoles of dipole moments  $\vec{P}_1$  and  $\vec{P}_2$  are oriented in two ways as shown. Assuming dipole of moment  $\vec{P}_2$  to be placed at the origin and  $\vec{P}_1$  at distance  $d$  from origin :

$\vec{P}_1$  तथा  $\vec{P}_2$  द्विध्रुव आघूर्ण के दो द्विध्रुव वित्रानुसार दो तरीको से व्यवस्थित किये गये हैं। यह मानिए कि द्विध्रुव आघूर्ण  $\vec{P}_2$  मूल बिन्दु पर रखा है तथा  $\vec{P}_1$  मूल बिन्दु से  $d$  दूरी पर है।

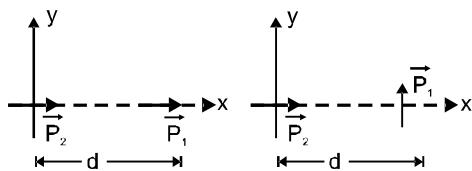


Fig.(i)

Fig.(ii)

#### Column-I

(A) Torque on  $\vec{P}_1$  in figure—I

चित्र -I में  $\vec{P}_1$  पर बलाघूर्ण

(B) Torque on  $\vec{P}_1$  in figure—II

चित्र -II में  $\vec{P}_1$  पर बलाघूर्ण

(C) Force experienced by  $\vec{P}_1$  in figure—I

चित्र -I में  $\vec{P}_1$  द्वारा अनुभव बल

(D) Force experienced by  $\vec{P}_1$  in figure—II

चित्र -II में  $\vec{P}_1$  द्वारा अनुभव बल

#### Column-II

$$(p) \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{2\vec{P}_1 \vec{P}_2}{d^3}$$

$$(q) \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{\vec{P}_1 \vec{P}_2}{d^3}$$

$$(r) \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{6\vec{P}_1 \vec{P}_2}{d^4}$$

$$(s) \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{3 \vec{P}_1 \vec{P}_2}{d^4}$$

(t) zero शून्य

**Ans.** (A) – t ; (B) – p ; (C) – r ; (D) – s

**Sol.**

$$\text{बलाधूर्ण Torque} = \vec{P} \times \vec{E}$$

$$\tau = 0 \Rightarrow \text{b/c } \theta = 0$$

[In figure (i)] [चित्र (i) में]

In चित्र figure (ii)

$$\tau = \frac{2K\vec{P}_2}{d^3} \times \vec{P}_1 = \frac{2KP_1P_2}{d^3}$$

force on  $\vec{P}_1$  in figure (i)

चित्र (i) में  $\vec{P}_1$  पर बल

$$\Rightarrow P_1 \times \frac{d\varepsilon}{dr}$$

$$= \frac{6KP_1P_2}{d^4}$$

force on  $\vec{P}_1$  in figure II by action –reaction pair

चित्र (ii) में क्रिया–प्रतिक्रिया द्वारा  $\vec{P}_1$  पर बल

$$F = \frac{3KP_1P_2}{d^4}$$



**DPP No. : B24 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 40**

**Max. Time : 24 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.4

(3 marks, 2 min.) [12, 08]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.5 to Q.9

(4 marks 2 min.) [20, 10]

Match the Following (no negative marking) Q.10

(8 marks, 6 min.) [08, 06]

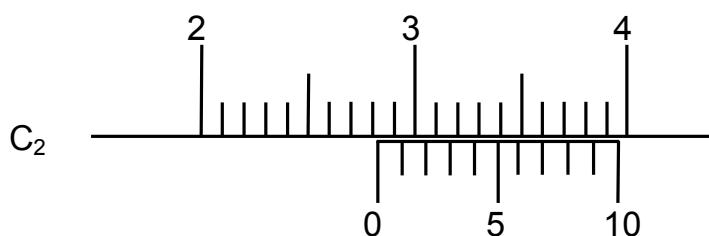
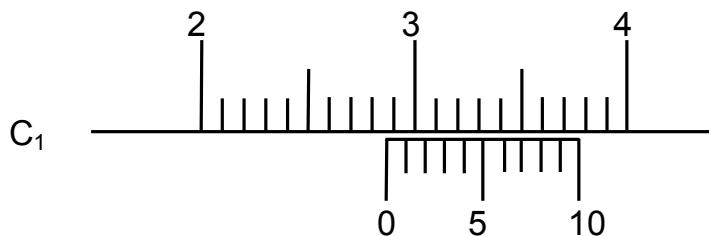
**ANSWER KEY OF DPP NO. : B24**

- |               |        |        |         |                |               |
|---------------|--------|--------|---------|----------------|---------------|
| 1. (C)        | 2. (A) | 3. (A) | 4. (E)  | 5. (B) (C) (D) | 6. (B)(C) (D) |
| 7. (B) (C)(D) | 8. (D) | 9. (A) | 10. (A) |                |               |

1. There are two Vernier calipers both of which have 1 cm divided into 10 equal divisions on the main scale. The Vernier scale of one of the calipers ( $C_1$ ) has 10 equal divisions that correspond to 9 main scale divisions. The Vernier scale of the other caliper ( $C_2$ ) has 10 equal divisions that correspond to 11 main scale divisions. The readings of the two calipers are shown in the figure. The measured values (in cm) by calipers  $C_1$  and  $C_2$ , respectively, are :

[JEE (Advanced) 2016; P-2, 3/62, -1]

दो वर्नियर कैलिपर्स इस तरह से हैं कि उनके मुख्य पैमाने का 1 cm, 10 समभागों में विभाजित है। एक कैलिपर ( $C_1$ ) के वर्नियर पैमाने पर 10 बराबर भाग हैं जो कि मुख्य पैमाने के 9 भागों के बराबर है। दूसरे कैलिपर ( $C_2$ ) के वर्नियर पैमाने पर भी 10 बराबर भाग हैं जो कि मुख्य पैमाने के 11 भागों के बराबर हैं। दोनों कैलिपर्स के पठनों को चित्र में दर्शाया गया है।  $C_1$  तथा  $C_2$  द्वारा मापे गए सही मान (cm में) क्रमशः हैं



- |                   |                   |                    |                   |
|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| (A) 2.87 and 2.87 | (B) 2.87 and 2.86 | (C*) 2.87 and 2.83 | (D) 2.85 and 2.82 |
| (A) 2.87 एवं 2.87 | (B) 2.87 एवं 2.86 | (C*) 2.87 एवं 2.83 | (D) 2.85 एवं 2.82 |

**Ans. (C)**

**Sol.** For vernier C<sub>1</sub>

$$10 \text{ VSD} = 9 \text{ MSD} = 9 \text{ mm}$$

$$1 \text{ VSD} = 0.9 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow LC = 1\text{MSD} - 1\text{VSD} = 1\text{mm} - 0.9 \text{ mm} = 0.1 \text{ mm}$$

$$\text{Reading of } C_1 = \text{MSR} + (\text{VSR})(L.C.) = 28\text{mm} + (7)(0.1)$$

$$\text{Reaing of } C_1 = 28.7 \text{ mm} = 2.87 \text{ cm}$$

For vernier C<sub>2</sub> : the vernier C<sub>2</sub> is abnormal,

So we have to find the reading from basics.

The point where both of the marks are matching :

distance measured from main scale = distance measured from vernier scale

$$28\text{mm} + (1\text{mm})(8) = (28 \text{ mm} + x) + (1.1 \text{ mm}) (7)$$

$$\text{solving } x = 0.3 \text{ mm}$$

$$\text{So reading of } C_2 = 28 \text{ mm} + 0.3 \text{ mm} = 2.83 \text{ cm}$$

वर्नियर C<sub>1</sub> के लिये

$$10 \text{ VSD} = 9 \text{ MSD} = 9 \text{ mm}$$

$$1 \text{ VSD} = 0.9 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow LC = 1\text{MSD} - 1\text{VSD} = 1\text{mm} - 0.9 \text{ mm} = 0.1 \text{ mm}$$

$$C_1 \text{ का पाठ्यांक} = \text{MSR} + (\text{VSR})(L.C.) = 28\text{mm} + (7)(0.1)$$

$$C_1 \text{ का पाठ्यांक} = 28.7 \text{ mm} = 2.87 \text{ cm}$$

वर्नियर C<sub>2</sub> के लिये : वर्नियर C<sub>2</sub> असामान्य है

इसलिये इसका पाठ्यांक निम्न के आधार पर ज्ञात करते हैं

वह बिन्दु जहाँ दोनों चिन्ह सुमेलित होते हैं:

मुख्य पैमाने से मापी गयी दूरी = वर्नियर पैमाने से मापी गयी दूरी

$$28\text{mm} + (1\text{mm})(8) = (28 \text{ mm} + x) + (1.1 \text{ mm}) (7)$$

हल करने पर

$$x = 0.3 \text{ mm}$$

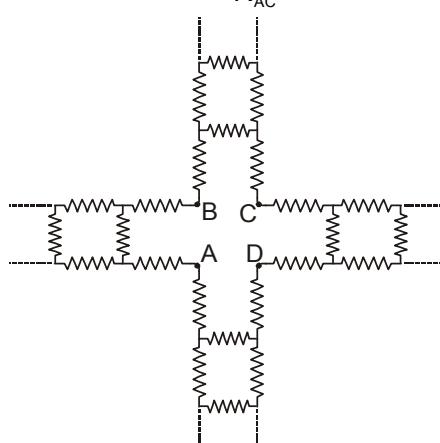
$$\text{अतः } C_2 \text{ का पाठ्यांक} = 28 \text{ mm} + 0.3 \text{ mm} = 2.83 \text{ cm}$$

- 2.** Four infinite ladder network containing identical resistances of  $R \Omega$  each, are combined as shown in figure. The equivalent resistance between A and B is  $R_{AB}$  and between A and C is  $R_{AC}$ . Then the value

of  $\frac{R_{AB}}{R_{AC}}$  is :

चार अनन्त सीढ़ीनुमा जालक जिसमें प्रत्येक का प्रतिरोध  $R \Omega$  है, दिखाये गये चित्र के अनुसार जुड़े हैं। A तथा B के बीच

तुल्य प्रतिरोध  $R_{AB}$  है और A तथा C के बीच  $R_{AC}$  है तो  $\frac{R_{AB}}{R_{AC}}$  का मान है –



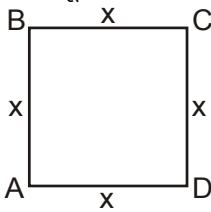
$$(A^*) \frac{3}{4}$$

$$(B) \frac{4}{3}$$

$$(C) 2$$

$$(D) \frac{1}{2}$$

- Sol.** Let the equivalent resistance of one infinite ladder be  $x$ . Then the complete network reduces to माना एक अनन्त सीढ़ी का तुल्य प्रतिरोध  $x$  है। तो सम्पूर्ण तन्त्र को इस प्रकार दिखा सकते हैं।

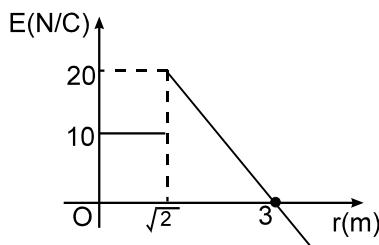


$$\therefore R_{AB} = \frac{x \times 3x}{x + 3x} = \frac{3}{4}x$$

$$\text{and (और)} \quad R_{AC} = \frac{2x \times 2x}{2x + 2x} = x$$

$$\text{Hence (इसलिये)} \quad \frac{R_{AB}}{R_{AC}} = \frac{3}{4}$$

3. An electric field 'E' whose direction is radially outward varies as distance from origin 'r' as shown in the graph. E is taken as positive if its direction is away from the origin. Then the work done by electric field on a 2 C charge if it is taken from (1, 1, 0) to (3, 0, 0) is :  
एक विद्युत क्षेत्र 'E' जिसकी दिशा त्रिज्यायी बाहर की ओर है, मूल बिन्दू से दूरी 'r' के साथ चित्रानुसार परिवर्तित होता है। E घनात्मक लिया जाता है यदि इसकी दिशा मूल बिन्दू से दूरी की ओर है तब विद्युत क्षेत्र द्वारा 2 C आवेश को बिन्दू (1, 1, 0) से (3, 0, 0) तक ले जाने किया गया कार्य होगा :

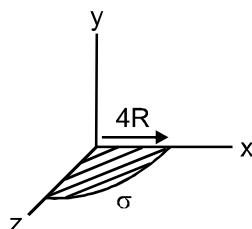


- (A\*)  $20(3 - \sqrt{2}) \text{ J}$       (B)  $-60 \text{ J}$       (C)  $60 \text{ J}$       (D)  $20(\sqrt{2} - 3) \text{ J}$

**Sol.** Work done on 2 coul charge  $= \int q \vec{E} \cdot d\vec{r} = q \int_1^3 E dr$   $\quad [\because r \text{ for } (1, 1, 0) = \sqrt{2} \text{ & } r \text{ for } (3, 0, 0) = 3]$   
 $= 2 \times \text{area of } E-r \text{ graph from } r = \sqrt{2} \text{ m to } r = 3 = 2 \times \left[ \frac{1}{2}(3 - \sqrt{2})20 \right] = 20(3 - \sqrt{2}) \text{ J.}$   
 $2 \text{ C आवेश पर किया गया कार्य} = \int q \vec{E} \cdot d\vec{r} = q \int_1^3 E dr \quad [\because r \text{ for } (1, 1, 0) = \sqrt{2} \text{ & } r \text{ for } (3, 0, 0) = 3]$   
 $= 2 \times \text{area of } E-r \text{ वक्र का क्षेत्रफल} = \sqrt{2} \text{ m to } r = 3 = 2 \times \left[ \frac{1}{2}(3 - \sqrt{2})20 \right] = 20(3 - \sqrt{2}) \text{ J.}$

4. Quarter non-conducting disc of radius  $4R$  having uniform surface charge density  $\sigma$  is placed in  $xz$ -plane then which of the following is incorrect :

4R त्रिज्या की अचालक चकती का चतुर्थांश समरूप पृष्ठीय आवेश घनत्व  $\sigma$  रखते हुए  $xz$ -तल में रखा हुआ है। तब निम्न में से कौनसा कथन गलत है :



(A) electric potential at  $(0, 3R, 0)$  is  $\frac{\sigma R}{4 \epsilon_0}$

(B) electric potential at  $(0, 0, 0)$  is  $\frac{\sigma R}{2 \epsilon_0}$

(C) electric field at  $(0, 3R, 0)$  is symmetric with  $x$  and  $z$  axis

(D) electric field intensity at  $(-4R, 0, -4R)$  is equally inclined with  $x$  and  $z$  axis

(E\*) electric potential at  $(0, 2R, 0)$  is  $\frac{\sigma R}{4 \epsilon_0}$

(A)  $(0, 3R, 0)$  पर वैद्युत विभव  $\frac{\sigma R}{4 \epsilon_0}$  है।

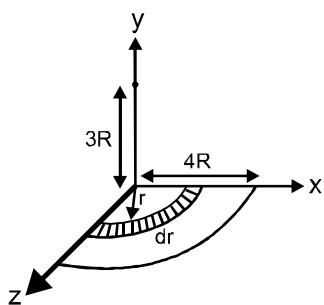
(B)  $(0, 0, 0)$  पर वैद्युत विभव  $\frac{\sigma R}{2 \epsilon_0}$  है।

(C)  $(0, 3R, 0)$  पर वैद्युत क्षेत्र  $x$  व  $z$  अक्ष से सममित है।

(D)  $(-4R, 0, -4R)$  पर वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता  $x$  व  $z$  अक्ष से समान रूप से झुकी (समान कोण पर) हुई है।

(E)  $(0, 2R, 0)$  पर वैद्युत विभव  $\frac{\sigma R}{4 \epsilon_0}$  है।

**Sol.**



$$(1) V = \int_0^{4R} \frac{K \frac{\pi}{2} r dr \sigma}{\sqrt{r^2 + (3R)^2}} = \frac{\sigma R}{4 \epsilon_0}$$

$$(2) V = \int_0^{4R} \frac{K \frac{\pi}{2} r dr \sigma}{r} = \frac{\sigma R}{2 \epsilon_0}.$$

5. A block is hanging with a light string in a lift as shown in the figure (a). The lift is moving in upward direction and its speed time graph is plotted as shown in the figure (b) : (take  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )  
 एक  $12 \text{ kg}$  द्रव्यमान का पिण्ड एक हल्की रस्सी से जुड़ा है एवं रस्सी का दूसरा सिरा किसी लिफ्ट की ऊपरी छत से चित्र (a) के अनुसार बँधा है। यह लिफ्ट ऊपर की ओर गतिशील है एवं इसकी चाल व समय के मध्य वक्र चित्र (b) में दर्शाया गया है। ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

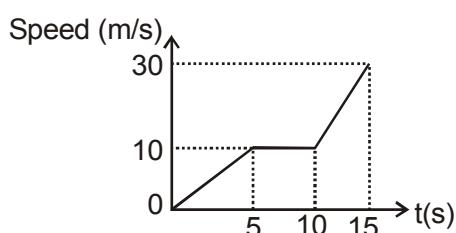
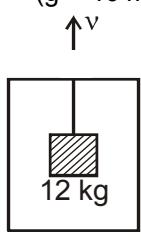


Fig.(a)

- (A) Tension in the rope at  $t = 2 \text{ sec}$  is  $120 \text{ N}$   
 (C\*) Tension in the rope at  $t = 11 \text{ sec}$  is  $168 \text{ N}$   
 (A)  $t = 2 \text{ sec}$  पर रस्सी में तनाव  $120 \text{ N}$  है।  
 (C\*)  $t = 11 \text{ sec}$  पर रस्सी में तनाव  $168 \text{ N}$  है।

Fig.(b)

- (B\*) Tension in the rope at  $t = 8 \text{ sec}$  is  $120 \text{ N}$   
 (D\*) Tension in the rope at  $t = 2 \text{ sec}$  is  $144 \text{ N}$   
 (B\*)  $t = 8 \text{ sec}$  पर रस्सी में तनाव  $120 \text{ N}$  है।  
 (D\*)  $t = 2 \text{ sec}$  पर रस्सी में तनाव  $144 \text{ N}$  है।

**Sol.** (B, C, D)

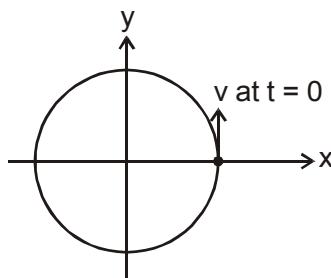
From  $t = 0$  to  $5\text{S}$  से  $a = 2\text{m/s}^2$   $T = m(g + a) = 144 \text{ N}$

From  $t = 5$  to  $10\text{S}$  से  $a = 0$   $T = mg = 120 \text{ N}$

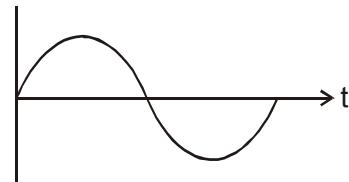
From  $t = 10$  to  $15\text{S}$  से  $a = 4\text{m/s}^2$   $T = m(g + a) = 168 \text{ N}$

- 6.** A particle is moving in a uniform circular motion on a horizontal surface. Particle position and velocity at time  $t = 0$  are shown in the figure in the coordinate system. Which of the indicated variable on the vertical axis is/are correctly matched by the graph(s) shown alongside for particle's motion ?

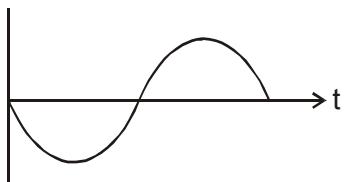
एक कण क्षैतिज सतह पर एक समान रूप से वृत्तीय गति करता है। निर्देश तंत्र में कण की स्थिति व वेग  $t = 0$  पर चित्रानुसार है। निम्न में से ऊर्ध्वाधर अक्ष पर निर्देशित परिवर्तित राशियाँ कण की गति के साथ सही ग्राफ को दिखाती हैं, होगी।



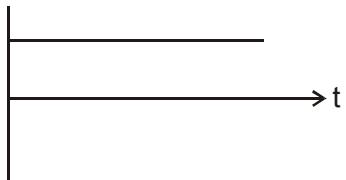
- (A) x component of velocity  
(A) वेग का x घटक



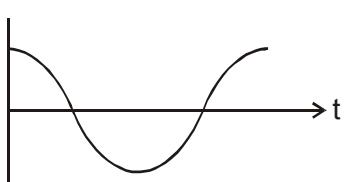
- (B\*) y component of force keeping particle moving  
in a circle



- (B\*) बल का y घटक जो कण को वृत्त में गति कराये  
(C\*) Angular velocity of the particle  
(C\*) कण का कोणीय वेग



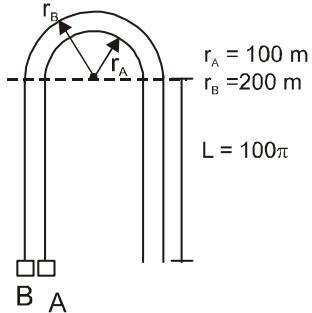
- (D\*) x coordinate of the particle  
(D\*) कण का x निर्देशांक



## COMPREHENSION

Two cars A and B start racing at the same time on a flat race track which consists of two straight sections each of length  $100\pi$  and one circular section as in fig. The rule of the race is that each car must travel at constant speed at all times without ever skidding. ( $g = 10 \text{ m/sec}^2$ )

दो कार A व B एक ही समय पर एक समतल पथ पर दौड़ना प्रारम्भ करती हैं। इस पथ में दो सीधे भाग प्रत्येक की लम्बाई  $100\pi$  व एक वृत्ताकार भाग चित्रानुसार है। दौड़ का नियम यह है कि दोनों कार पूरे समय बिना फिसले नियत चाल से दौड़ती हैं। ( $g = 10 \text{ m/sec}^2$ )



7. If  $\mu_A = 0.1$ ,  $\mu_B = 0.2$  ( $\mu_A$  is coefficient of friction on track A and  $\mu_B$  is the coefficient of friction on track B) then :

यदि  $\mu_A = 0.1$ ,  $\mu_B = 0.2$  तो (जहाँ  $\mu_A$  A रास्ते पर घर्षण गुणांक एवं  $\mu_B$ , B रास्ते पर घर्षण गुणांक है) :

- (A) car A completes its journey before car B
  - (B\*) both cars complete their journey in same time on circular part
  - (C\*) speed of car B is greater than that of car A
  - (D\*) car B completes its journey before car A.
- (A) कार A इसकी यात्रा कार B से पहले पूरी करती है।  
 (B\*) दोनों कार वृत्ताकार पथ पर उनकी यात्रा समान समय में पूरी करती है।  
 (C\*) कार B की चाल कार A की चाल से अधिक है।  
 (D\*) कार B इसकी यात्रा कार A से पहले पूरी करती है।

**Sol.** Speed limit for car A      $V_A = \sqrt{\mu gr} = \sqrt{0.1 \times 10 \times 100} = 10 \text{ m/s}$

Speed limit for car B      $V_B = \sqrt{0.2 \times 10 \times 200} = 20 \text{ m/s}$

If both cars travel with their limited speed then both cars will take equal time to complete semicircular part as

$$t = \frac{\pi r}{v} = \frac{\pi r_A}{V_A} = \frac{\pi \times 100}{10} = 10\pi \quad \text{for A}$$

$$t = \frac{\pi r_B}{V_B} = \frac{\pi \times 200}{20} = 10\pi \quad \text{for B}$$

but B will have less time than A on straight part

So car B complete the journey before A

कार A के लिए चाल सीमा  $V_A = \sqrt{\mu gr} = \sqrt{0.1 \times 10 \times 100} = 10 \text{ m/s}$

कार B के लिए चाल सीमा  $V_B = \sqrt{0.2 \times 10 \times 200} = 20 \text{ m/s}$

यदि दोनों कारें उनकी असीमित चाल से गति करती हैं तब दोनों कार अर्धवृत्ताकार भाग को पूरा करने के लिए बराबर समय लेंगी

$$t = \frac{\pi r}{v} = \frac{\pi r_A}{V_A} = \frac{\pi \times 100}{10} = 10\pi \quad \text{for A}$$

$$t = \frac{\pi r_B}{V_B} = \frac{\pi \times 200}{20} = 10\pi \quad \text{for B}$$

परन्तु B, A से सीधे भाग पर कम समय लेगी

अतः कार B कार A से पहले यात्रा पूरी करती है।

8. If speed of car A is 108 kmph and speed of car B is 180 kmph, and both tracks are equally rough :  
यदि कार A की चाल 108 kmph व कार B की चाल 180 kmph है एवं दोनों पथ समान रूप से खुरदरे हैं तो—  
(A) car A completes its journey before car B                   (B) both cars complete their journey in same time  
(C) speed of car A is greater than that of car B           (D\*) car B completes its journey before car A.  
(A) कार A इसकी यात्रा कार B से पहले पूरी करती है। (B) दोनों कार उनकी यात्रा समान समय में पूरी करती है।  
(C) कार A की चाल कार B की चाल से अधिक है।                   (D\*) कार B इसकी यात्रा कार A से पहले पूरी करती है।

**Sol.** time taken by car A कार A द्वारा लिया गया समय

$$t_A = \frac{100\pi \times 2 + \pi r A}{V_A} = \frac{(200\pi + \pi \times 100) \times 10^{-3}}{V_A} = \frac{300\pi \times 10^{-3}}{108} \text{ hr} = 2.77 \times 10^{-3} \text{ hr.}$$

time taken by car B कार B द्वारा लिया गया समय

$$t_B = \frac{100\pi \times 2 + \pi r_B}{V_B} = \frac{(200\pi + \pi \times 200)}{180} \times 10^{-3} \text{ hr} = \frac{400\pi}{180} \times 10^{-3} = 2.22 \times 10^{-3}$$

$$\text{So } t_A > t_B$$

- 9.** If  $V_B = 90\text{kmph}$ , the minimum value of  $\mu_A$  so that car A can complete its journey before car B is :  
यदि  $V_B = 90\text{kmph}$ ,  $\mu_A$  का न्यूनतम मान ताकि कार A इसकी यात्रा कार B से पहले पूरी कर सके।

$$(A^*) \frac{45}{128} \qquad (B) \frac{45}{100}$$

$$\text{Sol. } t = \frac{400\pi \text{ (m)}}{25 \text{ (m/s)}} = 16\pi \text{ second} ; \quad v_A = \frac{300\pi(m)}{16\pi(sec)} = \frac{75}{4} \text{ m/s} ; \quad \mu = \frac{V^2}{rq} = \frac{45}{128}$$

- 10.** Match the physical quantities given in column I with dimensions expressed in terms of mass (M), length (L), time (T) and charge (Q) given in column II and write the correct answer against the matched quantity.

स्तम्भ I में दी गई भौतिक राशियों को स्तम्भ II में द्रव्यमान (M), लम्बाई (L), समय (T) व आवेश (Q) के पदों में दी गई विमाओं के साथ समेलित कीजिए और समेलित राशि के संगत सही उत्तर बताइये।

| <b>Column I</b> |                  | <b>Column II</b>            |
|-----------------|------------------|-----------------------------|
| (i)             | Angular momentum | (a) $ML^2 T^{-2}$           |
| (ii)            | Latent heat      | (b) $ML^2 Q^{-2}$           |
| (iii)           | Torque           | (c) $ML^2 T^{-1}$           |
| (iv)            | Capacitance      | (d) $ML^3 T^{-1} Q^{-2}$    |
| (v)             | Inductance       | (e) $M^{-1} L^{-2} T^2 Q^2$ |
| (vi)            | Resistivity      | (f) $L^2 T^{-2}$            |
| <b>स्तम्भ I</b> |                  | <b>स्तम्भ II</b>            |
| (i)             | कोणीय संवेग      | (a) $ML^2 T^{-2}$           |
| (ii)            | गुप्त ऊर्जा      | (b) $ML^2 Q^{-2}$           |
| (iii)           | बलादूर्ण         | (c) $ML^2 T^{-1}$           |
| (iv)            | धारिता           | (d) $ML^3 T^{-1} Q^{-2}$    |
| (v)             | प्रेरकत्व        | (e) $M^{-1} L^{-2} T^2 Q^2$ |
| (vi)            | प्रतिरोधकता      | (f) $L^2 T^{-2}$            |
| (A*) (i) - (c)  | (B) (ii) - (d)   | (C) (iii) - (e)             |
|                 |                  | (D) (v) - (f)               |

**Sol.** (A) For angular momentum. कोणीय संवेग के लिए

$$L = M \vee r = M (L T^{-1}) (L) = M L^2 T^{-1} \rightarrow (c)$$



**DPP No. : B25 (JEE-Main)**

**Total Marks : 60**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.20

**Max. Time : 40 min.**

(3 marks, 2 min.)

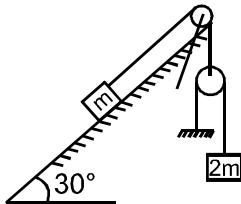
[60, 40]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B25**

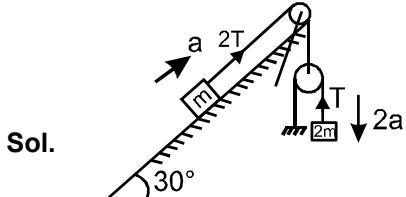
- |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. (C)  | 2. (A)  | 3. (A)  | 4. (B)  | 5. (C)  | 6. (B)  | 7. (A)  |
| 8. (B)  | 9. (C)  | 10. (B) | 11. (A) | 12. (C) | 13. (D) | 14. (A) |
| 15. (B) | 16. (A) | 17. (B) | 18. (D) | 19. (B) | 20. (C) |         |

1. In the given figure inclined surface and pulleys are smooth. Strings and pulleys are massless. Acceleration of mass m is :

दिये गये चित्र में नत सतह व धिरनियाँ घर्षणरहित हैं। डोरियाँ व धिरनियाँ हल्की (द्रव्यमानहीन) हैं। द्रव्यमान m का त्वरण होगा



- (A)  $\frac{7g}{9}$       (B)  $\frac{7g}{11}$       (C\*)  $\frac{7g}{18}$       (D)  $\frac{7g}{20}$



Sol.

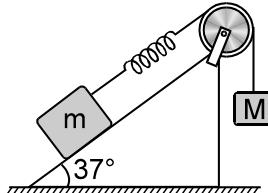
$$2mg - T = 2m \times 2a \quad \dots (i)$$

$$2T - mg \sin 30^\circ = m \times a \quad \dots (ii)$$

from equation समीकरण (i) and (ii) से

$$a = \frac{7g}{18}.$$

2. A block of mass  $m$  is attached with a massless spring of force constant  $k$ . The block is placed over a fixed rough inclined surface for which the coefficient of friction is  $\mu = \frac{3}{4}$ . The block of mass  $m$  is initially at rest. The block of mass  $M$  is released from rest with spring in undeformed state. The minimum value of  $M$  required to move the block up the plane is (neglect mass of string and pulley and friction in pulley.)  
 एक  $m$  द्रव्यमान का गुटका  $k$  बल नियतांक वाली द्रव्यमानहीन रस्सी से जुड़ा हुआ है। गुटका स्थिर खुरदरे नततल पर रखा है जिसका घर्षण गुणांक  $\mu = \frac{3}{4}$  है। गुटका  $m$  प्रारम्भ में स्थिर है।  $M$  द्रव्यमान का गुटका विराम से छोड़ा जाता है, तब स्प्रिंग असंकुचित अवस्था में है।  $M$  का न्यूनतम मान ज्ञात कीजिए ताकि गुटका तल पर ऊपर की ओर गति कर सके (रस्सी, पुली का द्रव्यमान तथा पुली में घर्षण नगाय मानिए।)



(A\*)  $\frac{3}{5}m$       (B)  $\frac{4}{5}m$       (C)  $\frac{6}{5}m$       (D)  $\frac{3}{2}m$

**Sol.** As long as the block of mass  $m$  remains stationary, the block of mass  $M$  released from rest comes down by  $\frac{2 Mg}{K}$  (before coming it rest momentarily again).

जितने समय तक  $m$  द्रव्यमान का ब्लॉक स्थिर अवस्था में रहता है उतने समय में  $M$  द्रव्यमान का ब्लॉक  $\frac{2 Mg}{K}$  से नीचे की ओर आता है। (इसके क्षणिक विरामावस्था में आने से पहले)

Thus the maximum extension in spring is

अतः स्प्रिंग में अधिकतम विस्तार

$$x = \frac{2Mg}{K} \quad \dots \dots \dots \text{(A)}$$

for block of mass  $m$  to just move up the incline

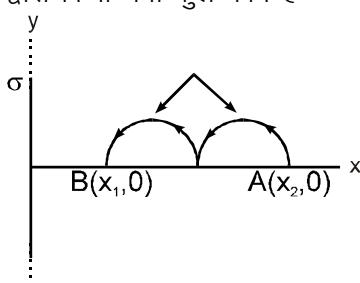
$m$  द्रव्यमान के ब्लॉक के नत तल पर ऊपर की ओर गति करने के लिए

$$kx = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta \quad \dots \dots \dots \text{(B)}$$

$$2Mg = mg \times \frac{3}{5} + \frac{3}{4}mg \times \frac{4}{5} \quad \text{or} \quad M = \frac{3}{5}m \quad \text{Ans.}$$

3. An infinite long plate has surface charge density  $\sigma$ . As shown in the fig. a point charge  $q$  is moved from A to B. Net work done by electric field is:

एक अनन्त लम्बाई की प्लेट का पृष्ठीय आवेश घनत्व  $\sigma$  है। चित्र में दिखाये अनुसार एक बिन्दुवत आवेश  $q$  को A से B तक ले जाते हैं। विद्युत क्षेत्र द्वारा किया गया कुल कार्य है –



(A\*)  $\frac{\sigma q}{2\epsilon_0} (x_1 - x_2)$       (B)  $\frac{\sigma q}{2\epsilon_0} (x_2 - x_1)$       (C)  $\frac{\sigma q}{\epsilon_0} (x_2 - x_1)$       (D)  $\frac{\sigma q}{\epsilon_0} (2\pi r + r)$

**Sol.**

$$\begin{aligned}
 U_A - U_B &= q(U_A - U_B) \\
 \text{But } U_B - U_A &= Ed \\
 \text{So, } U_A - U_B &= q(-Ed) \\
 &= -qd \cdot \frac{r}{2\epsilon_0} = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0} (x_2 - x_1)
 \end{aligned}$$

4. Through an electrolyte an electric current is due to drift of:

- एक वैद्युत अपघट्य में वैद्युत धारा किसके अपवहन के कारण प्रवाह होती है।
- (A) free electrons
  - (B\*) positive and negative ions
  - (C) free electrons and holes
  - (D) protons.
  - (A) मुक्त इलेक्ट्रॉन
  - (B\*) धनात्मक व ऋणात्मक ऑयन
  - (C) मुक्त इलेक्ट्रॉन व विविर
  - (D) प्रोटॉन

5.  $n$  equal resistors are first connected in series and then connected in parallel. What is the ratio of the equivalent resistances of series to parallel combination :

$n$  बराबर प्रतिरोधों को पहले श्रेणीक्रम में तथा बाद में समान्तर क्रम में जोड़ा गया। श्रेणीक्रम और समान्तर क्रम में प्राप्त तुल्य प्रतिरोधों का अनुपात होगा –

- (A)  $n$
- (B)  $\frac{1}{n^2}$
- (C\*)  $n^2$
- (D)  $\frac{1}{n}$

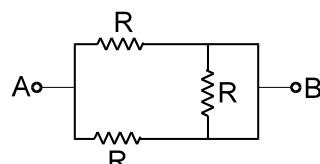
**Sol.** In series, net resistance =  $nR$ ; In parallel, net Resistance =  $\frac{R}{n}$

श्रेणी में, कुल प्रतिरोध =  $nR$ ; समान्तर में, कुल प्रतिरोध =  $\frac{R}{n}$

$$\text{Ratio अनुपात} = \frac{nR}{\frac{R}{n}} = n^2$$

6. Equivalent resistance between A and B is :

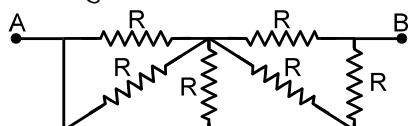
A और B के बीच तुल्य प्रतिरोध होगा।



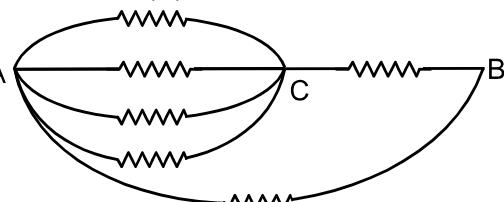
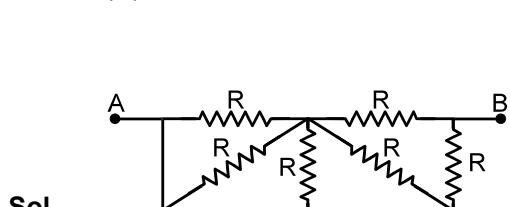
- (A)  $2R$
- (B\*)  $\frac{R}{2}$
- (C)  $\frac{R}{3}$
- (D)  $\frac{3R}{2}$

7. The equivalent resistance between the points A and B is

बिन्दुओं A तथा B के बीच तुल्य प्रतिरोध है



- (A\*)  $\frac{5R}{9}$
- (B)  $\frac{2R}{3}$
- (C)  $R$
- (D) None of these इनमें से कोई नहीं



$$R_{AB} = \frac{5R}{9}$$

**Sol.**

8. A small toy car moves along a circle in horizontal surface. The coefficient of friction between the toy car and the horizontal surface is  $\mu = \mu_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)$  where  $\mu_0$  & R are constant & r is radius of circle. Then radius of circle at which the toy car can move with maximum constant speed :

radius of circle at which the toy car can move with maximum constant speed :

एक छोटी खिलौना गाड़ी क्षेत्रिज सतह में वृत्त के अनुदिश गति कर रही है। खिलौना गाड़ी तथा क्षेत्रिज सतह के मध्य घर्षण गुणांक  $\mu = \mu_0 \left(1 - \frac{r}{R}\right)$  है। जहाँ  $\mu_0$  तथा  $R$  नियतांक है।  $r$  वृत्त की त्रिज्या है। तब वृत्त की त्रिज्या जिस पर

खिलौना गाड़ी अधिकतम नियत चाल से गति कर सकती है –

$$(A) r = \frac{R}{4} \quad (B^*) r = \frac{R}{2} \quad (C) r = \frac{R}{3} \quad (D) r = R$$

for maximum and minimum  
अधिकतम तथा न्यूनतम के लिए

$$\frac{dv}{dr} = 0$$

differentiating equation (A) w.r.t r

r के सापेक्ष समीकरण (A) का अवकलन करने पर

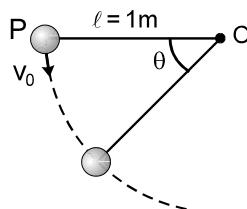
$$2 v \frac{dv}{dr} = \mu_0 g \left( 1 - \frac{2r}{R} \right)$$

$$\frac{dv}{dr} = 0 \Rightarrow 1 - \frac{2r}{R} = 0$$

$$r = \frac{R}{2}$$

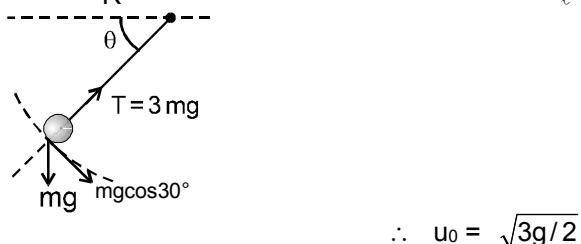
9. The sphere at P is given a downward velocity  $v_0$  and swings in a vertical plane at the end of a rope of  $\ell = 1\text{m}$  attached to a support at O. The rope breaks at angle  $30^\circ$  from horizontal, knowing that it can withstand a maximum tension equal to three times the weight of the sphere. Then the value of  $v_0$  will be: ( $g = \pi^2 \text{ m/s}^2$ )

O बिन्दु से  $\ell = 1\text{m}$  लम्बाई की रस्सी जुड़ी है। बिन्दु P पर स्थित गोले को नीचे की ओर  $v_0$  वेग दिया जाता है। इससे यह ऊर्ध्वाधर तल में गति करता है। यदि रस्सी क्षैतिज से  $30^\circ$  के कोण पर टूट जाती है तथा रस्सी अधिकतम गोले के भार का तीन गुना तनाव सहन कर सकती है तो  $v_0$  का मान क्या होगा : ( $g = \pi^2 \text{ m/s}^2$ )



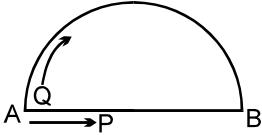
(A)  $\frac{g}{2}$  m/s      (B)  $\frac{2g}{3}$  m/s      (C\*)  $\sqrt{\frac{3g}{2}}$  m/s      (D)  $\frac{g}{3}$  m/s

- $$\text{Sol. } T - mg \sin \theta = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow 3mg - mg \sin 30^\circ = \frac{m(u_0^2 + 2g\ell \sin 30^\circ)}{\ell}$$



10. Two particles P and Q start their journey simultaneously from point A. P moves along a smooth horizontal wire AB. Q moves along a curved smooth track. Q has sufficient velocity at A to reach B always remaining in contact with the curved track. At A, the horizontal component of velocity of Q is same as the velocity of P along the wire. The plane of motion is vertical. If  $t_1$ ,  $t_2$ , are times taken by P & Q respectively to reach B then (Assume velocity of P is constant)

दो कण P व Q अपनी यात्रा एक साथ बिन्दु A से प्रारम्भ करते हैं। P एक चिकने क्षेत्रिज तार AB के अनुदिश गति करता है। Q एक चिकने वक्रीय पथ के अनुदिश गति करता है। वक्रीय पथ के सम्पर्क में रहते हुये B तक पहुँचने के लिये Q के पास A पर पर्याप्त वेग है। A पर Q के वेग का क्षेत्रिज घटक तार के अनुदिश P के वेग के बराबर है। गति का तल ऊर्ध्वाधर है। यदि P व Q द्वारा B तक पहुँचने में लिये गये समय क्रमशः  $t_1$  व  $t_2$  हो तो (P का वेग नियत मानें) –



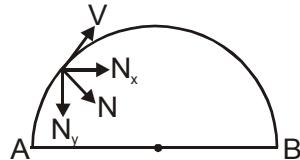
(A)  $t_1 = t_2$

(B\*)  $t_1 > t_2$

(C)  $t_1 < t_2$

(D) none of these इनमें से कोई नहीं

Sol.

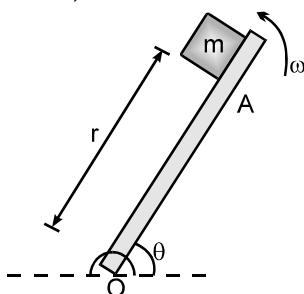


The horizontal component of velocity of Q will increase and become maximum at the top ; and will again become same at B. Because of its greater horizontal velocity the particle Q will reach B earlier than P

Q के वेग का क्षेत्रिज घटक बढ़ेगा तथा ऊपर ही ऊपर अधिकतम होगा तथा वापस समान हो जाएगा। क्योंकि इसकी ज्यादा क्षेत्रिज वेग कण Q, P से पहले B पर पहुँचेगा।

11. The member OA rotates about a horizontal axis through O with a constant counter clockwise velocity  $\omega = 3 \text{ rad/sec}$ . As it passes the position  $\theta = 0$ , a small mass m is placed upon it at a radial distance  $r = 0.5 \text{ m}$ . If the mass is observed to slip at  $\theta = 37^\circ$ , the coefficient of friction between the mass & the member is \_\_\_\_\_.

छड़ OA क्षेत्रिज अक्ष के बिन्दु O के सापेक्ष नियत वामावर्त कोणीय वेग  $\omega = 3 \text{ rad/sec}$  से घूर्णन कर रही है। जब यह  $\theta = 0$  वाली स्थिति से गुजरती है तो इस पर त्रिज्यीय दूरी  $r = 0.5 \text{ m}$  पर एक छोटा द्रव्यमान m रख दिया जाता है। यदि द्रव्यमान  $m$   $\theta = 37^\circ$ , कोण पर फिसलने लगे तो द्रव्यमान तथा छड़ के मध्य घर्षण गुणांक ज्ञात करो ?



(A\*)  $\frac{3}{16}$

(B)  $\frac{9}{16}$

(C)  $\frac{4}{9}$

(D)  $\frac{5}{9}$

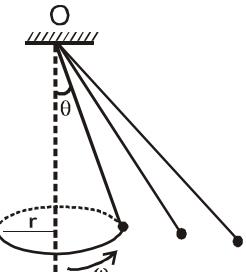
- Sol. As the mass is at the verge of slipping  
चूंकि द्रव्यमान फिसलने की स्थिति में है

$$\therefore mg \sin 37 - \mu mg \cos 37 = m\omega^2 r$$

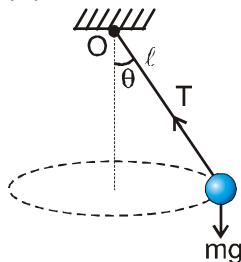
$$6 - 8\mu = 4.5$$

$$\therefore \mu = \frac{3}{16}$$

12. Three masses of small size are attached by light inextensible strings of various lengths to a point O on the ceiling. All of the masses swing round in horizontal circles of various radii with the same angular frequency  $\omega$  (one such circle is drawn in the shown figure.) Then pick up the correct statement.  
 छोटे आकार के तीन द्रव्यमान भिन्न-भिन्न लम्बाइयों की हल्की अवितान्य डॉरियों से छत के एक बिन्दु O से जुड़े हुए हैं। सभी द्रव्यमान भिन्न-भिन्न त्रिज्याओं के क्षेत्रज वृत्तों में समान कोणीय आवृत्ति  $\omega$  से गति करते हैं (एक ऐसा वृत्त चित्रानुसार दिखाया गया है) तो सही कथन छांटिये—



- (A) The vertical depth of each mass below point of suspension from ceiling is different.  
 (B) The radius of horizontal circular path of each mass is same.  
 (C\*) All masses revolve in the same horizontal plane.  
 (D) All the particles must have same mass.  
 (A) प्रत्येक द्रव्यमान की (छत पर) बिन्दु O के नीचे ऊर्ध्वाधर दूरी भिन्न है।  
 (B) प्रत्येक द्रव्यमान के क्षेत्रज वृत्ताकार पथ की त्रिज्या समान है।  
 (C\*) सभी द्रव्यमान एक ही क्षेत्रज तल पर परिक्रमण करते हैं।  
 (D) सभी कणों का द्रव्यमान समान ही होगा।



Sol.

For conical pendulum of length  $\ell$ , mass  $m$  moving along horizontal circle as shown

$$T \cos\theta = mg \quad \dots \text{(A)}$$

$$T \sin\theta = m\omega^2 \ell \sin\theta \quad \dots \text{(B)}$$

$$\text{From equation (A) and equation (B), } \ell \cos\theta = \frac{g}{\omega^2}$$

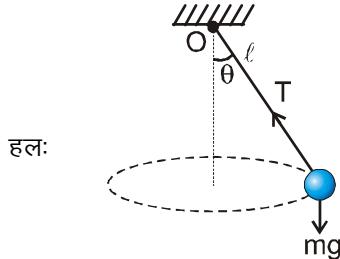
$\ell \cos\theta$  is the vertical distance of bob below O point of suspension. Hence if  $\omega$  of all three pendulums are same, they shall revolve in same horizontal plane.

**Alternate :**

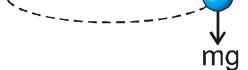
If we remember that time period T of conical pendulum is

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{where } L \text{ is the vertical depth of bob below point of suspension. If } T \text{ is same for}$$

three pendulums even L shall be also same. Hence all three particles shall revolve in same horizontal plane.



हल:



$\ell$  लम्बाई के कोनिकल लोलक (conical pendulum) के लिए, द्रव्यमान  $m$  क्षैतिज वृत्त के अनुदिश करता हुआ दिखाया गया है –

$$T \cos\theta = mg \quad \dots \text{(A)}$$

$$T \sin\theta = m\omega^2 \ell \sin\theta \quad \dots \text{(B)}$$

$$\text{समीकरण (A) तथा समीकरण (B) से, } \ell \cos\theta = \frac{g}{\omega^2}$$

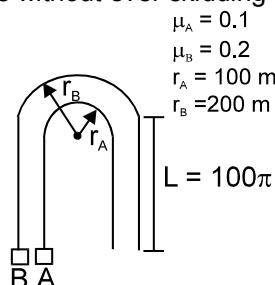
$\ell \cos\theta$  गोले की बिन्दु O (point of suspension) के नीचे ऊर्ध्वाधर दूरी है। इसलिये यदि सभी तीन लोलकों का  $\omega$  समान है, तो वे एक ही क्षैतिज तल में गति करेंगे।

**वैकल्पिक :** कोनिकल पेंडुलम का आवर्तकाल T दिया जाता है –

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{जहाँ L बिन्दु O के नीचे ऊर्ध्वाधर दूरी है। यदि T तीनों पेंडुलमों के लिए समान है तो L भी समान होगा।}$$

इसलिये सभी तीन कण एक ही क्षैतिज तल पर परिक्रमण करते हैं।

13. Two cars A and B start racing at the same time on a flat race track which consists of two straight sections each of length  $100\pi$  and one circular section as in fig. The rule of the race is that each car must travel at constant speed at all times without ever skidding



दो कारें A व B एक साथ एक ही समय पर एक ऐसे समतल रेस ट्रैक पर रेस प्रारम्भ करती हैं जो  $100\pi$  लम्बाई के दो सीधे खण्डों तथा एक वृत्ताकार खण्ड (चित्रानुसार) से बना है। रेस के नियमानुसार प्रत्येक कार को हर समय बिना फिसल नियत चाल से चलना है।

- (A) car A completes its journey before car B time  
 (B) both cars complete their journey in same time  
 (C) velocity of car A is greater than that of car B  
 (D\*) car B completes its journey before car A.  
 (A) कार A अपनी यात्रा कार B से पहले पूरी करती है।  
 (B) दोनों कारे अपनी यात्रा एक ही समय में पूरी करती है।  
 (C) कार A का वेग कार B के वेग से अधिक है  
 (D\*) कार B अपनी यात्रा कार A से पहले पूरी करती है।

14. If a ball is dropped from rest, it bounces from the floor repeatedly. The coefficient of restitution is 0.5 and the speed just before the first bounce is  $5 \text{ ms}^{-1}$ . The total time taken by the ball to come to rest finally is :

यदि एक गेंद को स्थिर अवस्था से छोड़ा जाता है तो यह बार-बार तल से टकराती है। प्रत्यावरथा गुणांक का मान 0.5 है तथा पहली टक्कर से ठीक पहले गेंद की चाल 5 मी./से. है। अंत में गेंद को स्थिर होने से लगा समय है –

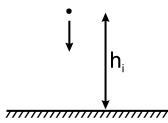
(A\*) 1.5s

(B) 1s

(C) 0.5s

(D) 0.25s

Sol.



$$v = 0 + gt \Rightarrow t = 0.5 \text{ sec}$$

After first collision : पहली टक्कर के बाद हो जाती है।

Speed becomes  $5(0.5) = 2.5 \text{ m/s}$

$$t_1 = 2(0.25) = 0.5$$

$$t_2 = 2(0.125) = 0.25$$

$$t_3 = 0.125 \text{ and so on}$$

[where  $t_i$  is the time taken to complete the  $i^{\text{th}}$  to and fro motion after collision]

[जहां  $t_i$  टक्कर के बाद  $i^{\text{th}}$  को पूरा करने में इधर उधर से लिया गया समय है।]

Total time कुल समय =  $0.5 + [0.5 + 0.25 + 0.125 + \dots]$

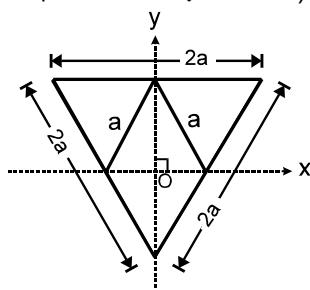
$$= 0.5 + \frac{0.5}{1-0.5} \text{ (Since above is a G.P. with } a = 0.5 \text{ and } r = 0.5)$$

(चूंकि ऊपर 0.5 तथा  $r = 0.5$  के साथ एक गुणोत्तर श्रेणी है।)

$$= 0.5 + 1 = 1.5 \text{ sec.}$$

15. The 'y' co-ordinate of the centre of mass of the system of three rods of length '2a' and two rods of length 'a' as shown in figure is : (Assume all rods to be of uniform density)

'2a' लम्बाई की तीन छड़ों तथा 'a' लम्बाई की दो छड़ों को चित्रानुसार मिलाकर बनाये गये निकाय के द्रव्यमान केन्द्र का y-निर्देशांक होगा: (यह मानिए कि सभी छड़ों का घनत्व एकसमान है)



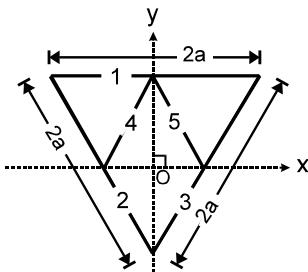
$$(A) \frac{9a}{8\sqrt{3}}$$

$$(B^*) \frac{9a}{16\sqrt{3}}$$

$$(C) \text{ zero}$$

$$(D) \frac{8a}{\sqrt{3}}$$

Sol.



The y - coordinate of centre of mass is द्रव्यमान केन्द्र के y -निर्देशांक है।

$$\bar{y} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3 + m_4 y_4 + m_5 y_5}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}$$

$$= \frac{2m \left( \frac{\sqrt{3}}{2} a \right) + 2m(0) + 2m(0) + m \left( \frac{\sqrt{3}}{4} a \right) + m \left( \frac{\sqrt{3}}{4} a \right)}{8m} = \frac{9a}{16\sqrt{3}}$$

16. The centre of mass of a non uniform rod of length  $L$  whose mass per unit length  $\lambda$  varies as  $\lambda = \frac{k \cdot x^2}{L}$  where  $k$  is a constant &  $x$  is the distance of any point on rod from its one end, is (from the same end)

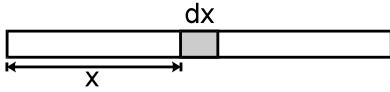
$L$  लम्बाई की असमरूप छड़ जिसकी एकांक लम्बाई का द्रव्यमान  $\lambda$  समीकरण  $\lambda = \frac{k \cdot x^2}{L}$  के अनुसार परिवर्तित होता है, जहाँ  $k$  स्थिरांक तथा एक सिरे से छड़ पर किसी बिन्दु की दूरी  $x$  है, तब छड़ के द्रव्यमान केन्द्र की उसी सिरे से दूरी है—

(A\*)  $\frac{3}{4}L$

(B)  $\frac{1}{4}L$

(C)  $\frac{k}{L}$

(D)  $\frac{3k}{L}$

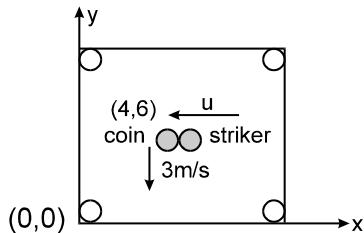


Sol.

$$\therefore x_{cm} = \frac{\int_0^L \frac{k}{L} x^2 dx \cdot x}{\int_0^L \frac{k}{L} x^2 dx} = \frac{\frac{x^4}{4} \Big|_0^L}{\frac{x^3}{3} \Big|_0^L} = \frac{3}{4}L$$

17. On a smooth carom board, a coin moving in negative  $y$ -direction with a speed of  $3 \text{ m/s}$  is being hit at the point  $(4, 6)$  by a striker moving along negative  $x$ -axis. The line joining centres of the coin and the striker just before the collision is parallel to  $x$ -axis. After collision the coin goes into the hole located at the origin. Masses of the striker and the coin are equal. Considering the collision to be elastic, the initial and final speeds of the striker in  $\text{m/s}$  will be:

एक चिकने कैरमबोर्ड में एक सिक्का ऋणात्मक  $y$ -अक्ष में  $3 \text{ m/s}$  की चाल से ऋणात्मक  $x$ -अक्ष में गति करते स्ट्राईकर (striker) से  $(4, 6)$  पर टकराता है। टक्कर के समय दोनों के केन्द्र से जाने वाली रेखा  $x$ -अक्ष के समानान्तर है। टक्कर के बाद सिक्का छेद में मूल बिन्दु पर चला जाता है। सिक्के तथा स्ट्राईकर का द्रव्यमान समान है। टक्कर पूर्णतः प्रत्यास्थ मानते हुए स्ट्राईकर की प्रारम्भिक व अन्तिम चाल  $\text{m/s}$  में होगी ?



- (A)  $(1.2, 0)$       (B\*)  $(2, 0)$       (C)  $(3, 0)$       (D) none of these

Sol.

(B) The line of impact for duration of collision is parallel to  $x$ -axis.

The situation of striker and coin just before the collision is given as

(B) टक्कर के दौरान उनकी अक्ष  $x$ -के समान्तर है।

स्ट्राईकर तथा सिक्के के टक्कर के समय स्थितियाँ निम्न होगी।

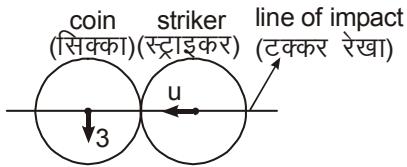


Figure (A)  
before collision  
चित्र (A)  
(टक्कर से पहले)

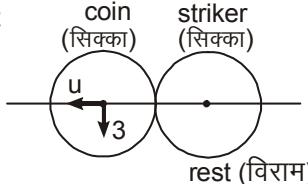
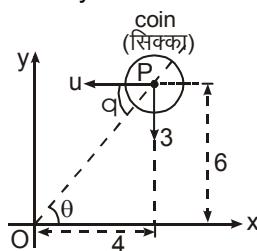


Figure (B)  
after collision  
चित्र (B)  
टक्कर के बाद

Because masses of coin and striker are same, their components of velocities along line of impact shall exchange. Hence the striker comes to rest and the  $x$ - $y$  component of velocities of coin are  $u$  and  $3 \text{ m/s}$  as shown in figure.

क्योंकि सिक्के तथा स्ट्राईकर के द्रव्यमान समान है उनके वेग के टक्कर रेखा के समान्तर घटक परिवर्तित हो जायेगा अतः स्ट्राईकर रुक जायेगा तथा सिक्के के x तथा y घटक u तथा  $3 \text{ m/s}$  चित्रानुसार होगा।



For coin to enter hole,

$$\text{its velocity must be along PO} \quad \therefore \tan \theta = \frac{6}{4} = \frac{3}{u} \quad \text{or या } u = 2 \text{ m/s}$$

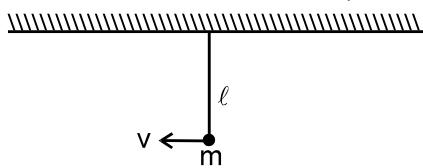
सिक्के को छेद में प्रवेश करने के लिये –

$$\text{उसका वेग PO रेखा के अनुदिश होगा} \quad \tan \theta = \frac{6}{4} = \frac{3}{u} \quad \text{or या } u = 2 \text{ m/s}$$

**Ans. (2, 0)**

18. A simple pendulum of length  $\ell$  hangs from a horizontal roof as shown in figure. The bob of mass m is given an initial horizontal velocity of magnitude  $\sqrt{5g\ell}$  as shown in fig. The coefficient of restitution e =  $\frac{1}{2}$ . After how many collisions the bob shall no longer come into contact with the horizontal roof.

चित्र में दिखाये अनुसार  $\ell$  लम्बाई के एक सरल लोलक को क्षैतिज छत से लटकाया गया है। चित्रानुसार लोलक के m द्रव्यमान के गोलक को  $\sqrt{5g\ell}$  परिमाण का क्षैतिज वेग दिया जाता है। प्रत्यावस्थान गुणांक  $e = \frac{1}{2}$  है। कितनी टक्करों के बाद गोलक क्षैतिज छत के सम्पर्क में नहीं आयेगा।



(A) 1

(B) 2

(C) 4

(D\*) none of these  
इनमें से कोई नहीं।

**Sol.** After the collision with horizontal roof :

$$\text{The speed of the bob after collision} = \frac{1}{2} \text{ The speed of the bob before collision}$$

At the highest point the bob has sufficient potential energy to again rise to the level of horizontal roof. Even if the speed of the bob is reduced to zero as a result of collision (after infinite collisions), the bob has sufficient potential energy to again rise to the level of horizontal roof.

Hence the required number of collisions are infinite.

हल: क्षैतिज छत के साथ टक्कर के बाद

$$\text{लोलक के गुमटे की टक्कर के बाद चाल} = \frac{1}{2} \text{ लोलक के गुमटे की टक्कर के पहले चाल}$$

सबसे उच्चतम बिन्दु पर लोलक का गुमटा पर्याप्त स्थितिज ऊर्जा रखता है कि यह फिर से क्षैतिज छत पर पहुँच जाता है। अनन्त टक्करों होने के उपरान्त भी यदि गुमटे की चाल घटकर शून्य तक हो जाती है तो भी यह पर्याप्त स्थितिज ऊर्जा रखता है कि फिर से ऊर्ध्वाधर छत पर पहुँच जाता है अतः आवश्यक टक्करे अनन्त होंगी।

19. A plank of mass  $m$  moving with a velocity ' $v$ ' along a frictionless horizontal track and a body of mass  $m/2$  moving with  $2v$  collides with plank elastically. Final speed of the plank is :

एक  $m$  द्रव्यमान का ब्लॉक  $v$  वेग से घर्षण रहित क्षैतिज पथ पर चल रहा है और एक  $m/2$  द्रव्यमान की वस्तु  $2v$  वेग से चलते हुये ब्लॉक से प्रत्यास्थ टकराती है तो ब्लॉक की अन्तिम चाल होगी।



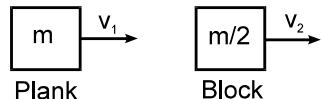
(A)  $\frac{5v}{3}$

(B\*)  $v$

(C)  $\frac{2v}{3}$

(D) none of these इनमें से कोई नहीं

- Sol.** Let the velocities of plank and body of mass  $\frac{m}{2}$



move with speed  $v_1$  and  $v_2$  after collision as shown.

From conservation of momentum.

$$mv - \frac{m}{2} \cdot 2v = mv_1 + \frac{m}{2} v_2$$

or  $2v_1 + v_2 = 0 \quad \dots\dots\dots(A)$

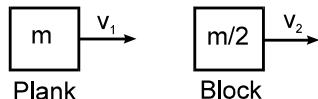
From equation of coefficient of restitution.

$$e = 1 = \frac{v_2 - v_1}{v + 2v} \Rightarrow v_2 - v_1 = 3v \quad \dots\dots\dots(B)$$

Solving 1 and 2 we get

$$v_1 = -v$$

माना प्लांक के वेग तथा वस्तु का द्रव्यमान  $\frac{m}{2}$  टक्कर के बाद चाल



$v_1$  तथा  $v_2$  से दर्शाये अनुसार गति करते हैं

संवेग संरक्षण से

$$mv - \frac{m}{2} \cdot 2v = mv_1 + \frac{m}{2} v_2$$

या  $2v_1 + v_2 = 0 \quad \dots\dots\dots(A)$

प्रत्यावर्स्था गुणांक की समीकरण से

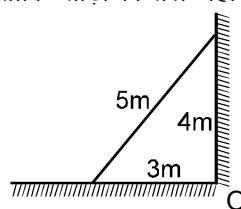
$$e = 1 = \frac{v_2 - v_1}{v + 2v} \Rightarrow v_2 - v_1 = 3v \quad \dots\dots\dots(B)$$

1 व 2 को सरल करने पर हम प्राप्त करते हैं

$$v_1 = -v$$

20. A uniform ladder of length 5m is placed against the wall as shown in the figure. If coefficient of friction  $\mu$  is the same for both the walls, what is the minimum value of  $\mu$  for it not to slip?

एक एकसमान 5m लम्बाई की सीढ़ी रेखा चित्रानुसार दीवार पर रखी हुई है। यदि दोनों दीवारों के लिए घर्षण गुणांक  $\mu$  हो तो  $\mu$  का न्यूनतम मान क्या होगा ताकि सीढ़ी फिसले नहीं।



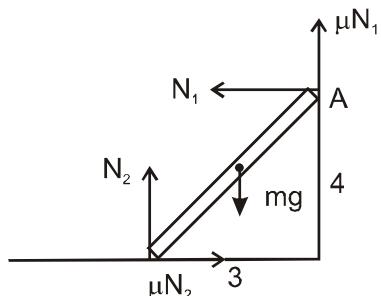
(A)  $\mu = 1/2$

(B)  $\mu = 1/4$

(C\*)  $\mu = 1/3$

(D)  $\mu = 1/5$

**Sol.**



$$N_1 = \mu N_2 ,$$

$$\mu N_1 + N_2 = mg ,$$

$$\tau_0 = 0 \Rightarrow$$

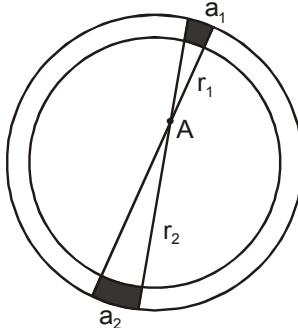
$$\frac{3}{2}mg - N_1(4) - \mu N_1(3) = 0$$

$$\text{Hence तब } \mu = \frac{1}{3} \text{ Ans.}$$



- 2.** A wire having a positive uniform linear charge density  $\lambda$ , is bent in the form of a ring of radius R. Point A as shown in the figure, is in the plane of the ring but not at the centre. Two elements of the ring of lengths  $a_1$  and  $a_2$  subtend very small same angle at the point A. They are at distances  $r_1$  and  $r_2$  from the point A respectively.

एक समान रेखीय धनावेश घनत्व  $\lambda$  के तार को R त्रिज्या की वलय के रूप में मोड़ा गया है। चित्र में वलय के तल में स्थित परन्तु केन्द्र पर नहीं, बिन्दु A को दर्शाया गया है। वलय के  $a_1$  तथा  $a_2$  लम्बाई वाले दो भाग, बिन्दु A पर बहुत ही अल्प परन्तु समान कोण बनाते हैं। वे, बिन्दु A से क्रमशः  $r_1$  तथा  $r_2$  दूरी पर हैं।



(A\*) The ratio of charge of elements  $a_1$  and  $a_2$  is  $r_1/r_2$ .

भाग  $a_1$  तथा  $a_2$  पर आवेशों का अनुपात  $r_1/r_2$  है।

(B\*) The element  $a_1$  produced greater magnitude of electric field at A than element  $a_2$ .

भाग  $a_1$ , बिन्दु A पर, भाग  $a_2$  की तुलना में ज्यादा परिमाण का विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है।

(C\*) The elements  $a_1$  and  $a_2$  produce same potential at A.

भाग  $a_1$  तथा  $a_2$ , बिन्दु A पर समान विभव उत्पन्न करते हैं।

(D\*) The direction of net electric field due to  $a_1$  and  $a_2$  at A is towards element  $a_2$ .

$a_1$  व  $a_2$  के कारण बिन्दु A पर परिणामी विद्युत क्षेत्र की दिशा, भाग  $a_2$  की तरफ है।

**Sol.** Charge on  $a_1 = (r_1 \theta) \lambda$

$a_1$  पर आवेश  $= (r_1 \theta) \lambda$

Charge on  $a_2 = (r_2 \theta) \lambda$

$a_2$  पर आवेश  $= (r_2 \theta) \lambda$

$$\text{Ratio of charges} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$\text{आवेशों का अनुपात} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$E_1, \text{ Field produced by } a_1 = \frac{K[(r_1 \theta) \lambda]}{r_1^2} = \frac{KQ\lambda}{r_1}$$

$$a_1 \text{ द्वारा उत्पन्न क्षेत्र } E_1 = \frac{K[(r_1 \theta) \lambda]}{r_1^2} = \frac{KQ\lambda}{r_1}$$

$$E_2, \text{ Field produced by } a_2 = \frac{KQ\lambda}{r_2}$$

$$a_2 \text{ द्वारा उत्पन्न क्षेत्र } E_2 = \frac{KQ\lambda}{r_2}$$

as  $r_2 > r_1$

Therefore  $E_1 > E_2$

अतः  $E_1 > E_2$

i.e. Net field at A is towards  $a_2$ .

अर्थात् A पर परिणामी विद्युत क्षेत्र  $a_2$  की तरफ होगा।

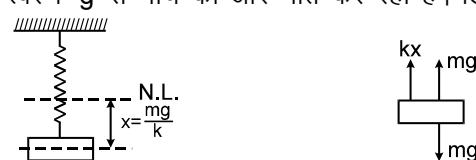
$$V_1 = \frac{K \cdot (r_1 \theta)}{r_1} = K\theta\lambda$$

$$V_2 = \frac{K \cdot (r_2 \theta)}{r_2} = K\theta\lambda \Rightarrow V_1 = V_2.$$

3. Out of the statements given, which is/are correct ?  
नीचे दिये गये वक्तव्यों में, कौन से/सा सही हैं/है –
- (A\*) The amplitude of a resultant simple harmonic motion obtained by superposition of two simple harmonic motions along the same direction can be less than lesser of the amplitudes of the participating SHMs.  
समान दिशा की दो सरल आवर्त गतियों के अध्यारोपण से प्राप्त परिणामी सरल आवर्तगति का आयाम, अध्यारोपण में भाग लेने वाली सरल आवर्त गतियों के आयाम से कम हो सकता है।
- (B\*) When two simple harmonic motions which are in phase and in perpendicular directions superpose then resulting motion will be SHM with same phase.  
जब समान कला एवं लम्बवत् दिशाओं की दो सरल आवर्त गतियाँ अध्यारोपण करती हैं तो परिणामी गति भी समान कला की सरल आवर्त गति होगी।
- (C\*) When two simple harmonic motions (with amplitudes  $A_1$  and  $A_2$ ) which are out of phase (that means phase difference  $\pi$ ) and in perpendicular directions, superpose then resulting motion will be SHM with amplitude  $\sqrt{A_1^2 + A_2^2}$ .  
जब दो सरल आवर्त गतियाँ (आयाम  $A_1$  तथा  $A_2$ ) विपरीत कला में (कलान्तर  $\pi$ ) तथा लम्बवत् दिशा में, अध्यारोपित होती हैं, तो परिणामी गति आयाम  $\sqrt{A_1^2 + A_2^2}$  की सरल आवर्त गति होगी।
- (D\*) The combination of two simple harmonic motions of equal amplitude in perpendicular directions differing in phase by  $\pi/2$  rad is a circular motion.  
समान आयाम तथा लम्बवत् दिशा की  $\pi/2$  कलान्तर वाली दो सरल आवर्त गतियों के संयोजन से वृत्तीय गति प्राप्त होती है।

4. A spring of spring constant  $K$  is fixed to the ceiling of a lift. The other end of the spring is attached to a block of mass  $m$ . The mass is in equilibrium. Now the lift accelerates downwards with an acceleration  $g$ .  $K$  बल नियंत्रक की एक स्प्रिंग, एक लिफ्ट की छत से जुड़ी हुयी है। स्प्रिंग का दूसरा सिरा  $m$  द्रव्यमान के एक ब्लॉक से जुड़ा हुआ है। ब्लॉक साम्यवस्था में है। अब लिफ्ट नीचे की ओर  $g$  त्वरण से त्वरित होती है, तो
- (A) The block will not perform SHM and it will stick to the ceiling.  
ब्लॉक सरल आवर्त गति नहीं करेगा और यह छत से चिपक जायेगा
- (B\*) The block will perform SHM with time period  $2\pi\sqrt{m/K}$ .  
ब्लॉक  $2\pi\sqrt{m/K}$  आर्वतकाल के साथ सरल आवर्त गति करेगा।
- (C\*) The amplitude of the block will be  $mg/K$  if it perform SHM.  
सरल आवर्त गति करने पर ब्लॉक का आयाम  $mg/K$  होगा।
- (D\*) The minimum potential energy of the spring during the motion of the block will be zero.  
ब्लॉक की गति के दौरान स्प्रिंग की न्यूनतम स्थितिज ऊर्जा शून्य होगी।

**Sol.** Now as lift starts descending by acceleration 'g' of downward, in the frame of lift  
अब क्योंकि लिफ्ट त्वरण 'g' से नीचे की ओर गति कर रही है। लिफ्ट के निर्देश तन्त्र में



Net force कुल बल =  $-kx$

$$\frac{F}{m} = \frac{-k}{m} \cdot x$$

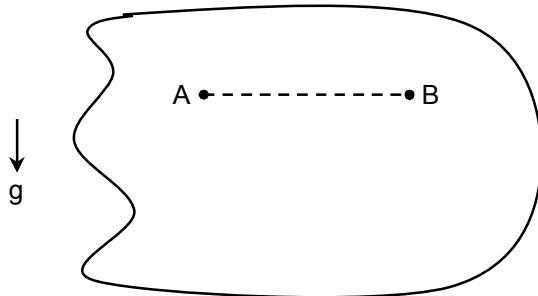
$$t = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} ;$$

minimum potential energy is at the mean position = 0 when  $x = 0$

माध्य अवस्था पर न्यूनतम स्थितिज ऊर्जा, शून्य होगी, जब  $x = 0$  है।

**Ans. (B), (C) and (D)**

5. Consider a planar body of irregular size. It is kept in equilibrium in vertical plane by using 2 pins A & B lying at same vertical level as shown in figure.



Separation between A & B is d. Pins offer a small friction to the body. Normal contact offered to the body by pin A is  $N_A$  and by pin B is  $N_B$ . It is observed that when pin A is removed body rotates  $150^\circ$  anti-clockwise w.r.t. B and attains equilibrium. In the same manner if pin B is removed body rotates  $120^\circ$  clockwise w.r.t. A and attains equilibrium. Choose the correct option(s) :

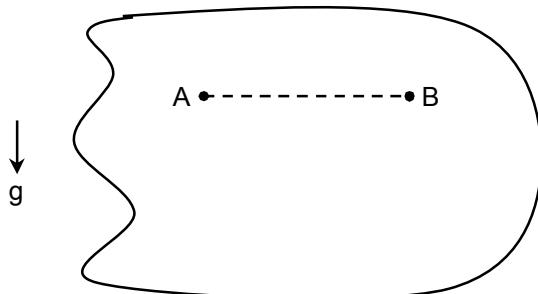
(A\*) Value of  $\frac{N_B}{N_A}$  is 3

(B) Value of  $\frac{N_B}{N_A}$  is 2

(C\*) Separation between centre of mass of body and pin A is  $\frac{\sqrt{3}d}{2}$

(D) Separation between centre of mass of body and pin A is  $\frac{d}{2}$

अनियमित आकार की एक समतलीय वस्तु पर विचार करते हैं। यह दो पिन A तथा B द्वारा ऊर्ध्वाधर तल में साम्यवस्था में है। ये पिन समान ऊर्ध्वाधर स्तर में चित्रानुसार स्थित हैं। A तथा B के मध्य दूरी d है। पिनें वस्तु पर अल्प घर्षण बल लगाती हैं। पिन A द्वारा वस्तु पर लगाया गया अभिलम्ब बल  $N_A$  है तथा पिन B द्वारा वस्तु पर लगाया गया अभिलम्ब बल  $N_B$  है।



यह प्रेक्षित होता है कि जब पिन A हटायी जाती है तब वस्तु, B के सापेक्ष वामावर्त दिशा में  $150^\circ$  के कोण से धूम जाती है तथा साम्यवस्था प्राप्त कर लेती है। इसी प्रकार यदि पिन B को हटाया जाये तब वस्तु A के सापेक्ष  $120^\circ$  के कोण से दक्षिणावर्त धूम जाती है तथा साम्यवस्था प्राप्त कर लेती है। सही विकल्प/विकल्पों का चयन करें।

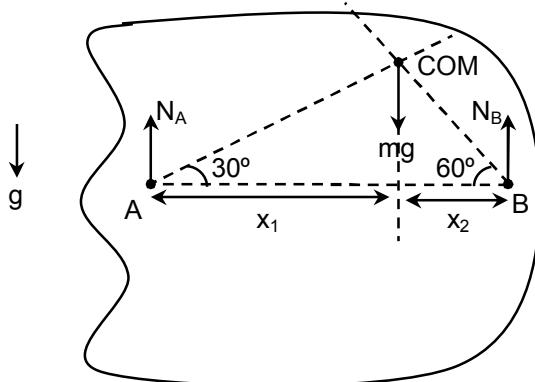
(A\*)  $\frac{N_B}{N_A}$  का मान 3 है।

(B)  $\frac{N_B}{N_A}$  का मान 2 है।

(C\*) वस्तु के द्रव्यमान केन्द्र तथा पिन A के मध्य दूरी  $\frac{\sqrt{3}d}{2}$  है।

(D) वस्तु के द्रव्यमान केन्द्र तथा पिन A के मध्य दूरी  $\frac{d}{2}$  है।

- Sol.** In equilibrium COM of the body will lie vertically below the pin.  
साम्यावस्था में वस्तु के द्रव्यमान पिन के नीचे ऊर्ध्वाधर स्थित होगा।



$$x_1 \tan 30^\circ = x_2 \tan 60^\circ$$

$$\frac{x_1}{\sqrt{3}} = x_2 \sqrt{3}$$

$$x_1 = 3x_2$$

balancing torque w.r.t. COM

द्रव्यमान केन्द्र के सापेक्ष बलाघूर्ण संतुलित करने पर

$$N_A x_1 = N_B x_2$$

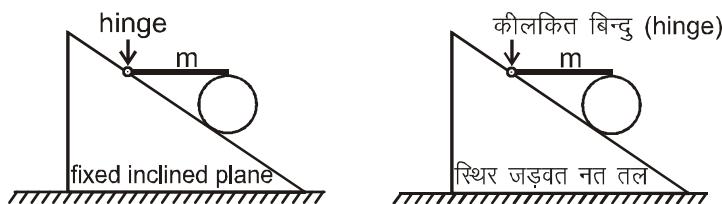
$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{x_2}{x_1} = \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{N_B}{N_A} = 3}$$

## COMPREHENSION

A horizontal uniform rod of mass 'm' has its left end hinged to the fixed incline plane, while its right end rests on the top of a uniform cylinder of mass 'm' which in turn is at rest on the fixed inclined plane as shown. The coefficient of friction between the cylinder and rod, and between the cylinder and inclined plane, is sufficient to keep the cylinder at rest.

एक समान क्षेत्रिज एक छड़ जिसका द्रव्यमान 'm' है, इसका बायाँ सिरा रिस्थर जड़वत (fixed) नत तल पर कीलकित है। जबकि दाया सिरा समरूप बेलन के शीर्ष पर विराम में है। बेलन का द्रव्यमान 'm' है तथा यह इस रिस्थर नत तल पर विराम में चित्रानुसार है। बेलन व छड़ के मध्य घर्षण गुणांक तथा नत तल व बेलन के मध्य घर्षण गुणांक बेलन को विराम में रखने के लिए पर्याप्त है।



6. The magnitude of normal reaction exerted by the rod on the cylinder is  
छड़ द्वारा बेलन पर प्रदान किया गये अभिलम्ब बल का परिमाण होगा –
- (A)  $\frac{mg}{4}$       (B)  $\frac{mg}{3}$       (C\*)  $\frac{mg}{2}$       (D)  $\frac{2mg}{3}$
7. The ratio of magnitude of frictional force on the cylinder due to the rod and the magnitude of frictional force on the cylinder due to the inclined plane is:  
बेलन पर छड़ के कारण घर्षण बल के परिमाण का बेलन पर नत तल के कारण घर्षण बल के परिमाण के साथ अनुपात होगा –
- (A\*) 1 : 1      (B)  $2 : \sqrt{3}$       (C) 2 : 1      (D)  $\sqrt{2} : 1$

8. The magnitude of normal reaction exerted by the inclined plane on the cylinder is:  
बेलन पर नत तल द्वारा लगाये गये अभिलम्ब प्रतिक्रिया का परिमाण होगा –

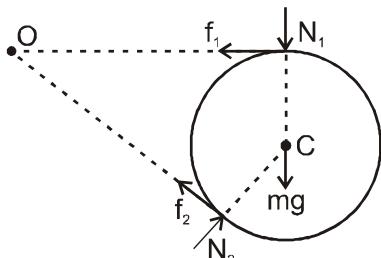
(A)  $mg$

(B\*)  $\frac{3mg}{2}$

(C)  $2mg$

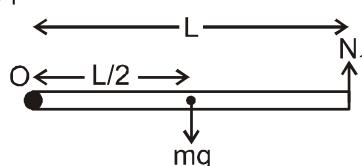
(D)  $\frac{5mg}{4}$

Sol. 6 to 8.



FBD of rod and cylinder is as shown.

छड़ तथा बेलन का मुक्त वस्तु चित्र है।



Net torque on rod about hinge 'O' = 0

निलम्बन 'O' के सापेक्ष छड़ पर परिणामी बल आघूर्ण शून्य है।

$$\therefore N_1 \times L = mg \times \frac{L}{2} \quad \text{or} \quad N_1 = \frac{mg}{2}$$

Net torque on cylinder about its centre C is zero.

बेलन पर इसके द्रव्यमान केन्द्र C के सापेक्ष बल आघूर्ण शून्य है।

$$\therefore f_1 R = f_2 R \quad \text{or} \quad f_1 = f_2$$

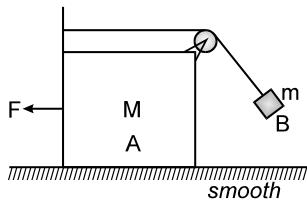
Net torque on cylinder about hinge O is zero.

बेलन पर निलम्बन O के सापेक्ष बल—आघूर्ण शून्य है।

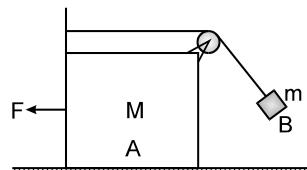
$$\therefore N_2 \times L = N_1 \times L + mgL \quad \text{or} \quad N_2 = \frac{3mg}{2}$$

9. A force F is applied on block A of mass M so that the tension in light string also becomes F when block B of mass m acquires an equilibrium state with respect to block A. Find the force F. Give your answer in terms of m, M and g.

M द्रव्यमान के ब्लॉक A पर F बल इस प्रकार लगाया जाता है ताकि रस्सी में तनाव F हो जब ब्लॉक B (द्रव्यमान m) A के सापेक्ष साम्यावस्था स्थिति प्राप्त कर लें। F का मान ज्ञात करो। (अपना उत्तर m, M तथा g के रूप में दो।)



Sol.

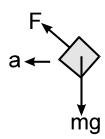


Applying Newton's law on the system in horizontal direction  $F = (M + m) a$ .

Now consider the equilibrium of block B w.r.t. block M

निकाय पर क्षैतिज दिशा में चूटन का नियम लगाने पर  $F = (M + m) a$ .

अब मानिये कि ब्लॉक B की साम्यावस्था ब्लॉक M के सापेक्ष है।



$$F^2 = (mg)^2 + (ma)^2 = (mg)^2 + \left( m \cdot \frac{F}{m+M} \right)^2$$

$$\therefore F^2 = \frac{m^2 g^2}{1 - \frac{m^2}{(m+M)^2}} ; \quad F = \sqrt{1 - \left( \frac{m}{m+M} \right)^2} mg$$

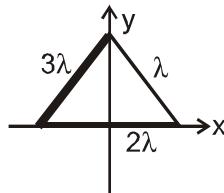
- 10.** In each situation of column-I a mass distribution is given and information regarding x and y-coordinate of centre of mass is given in column-II. Match the figures in column-I with corresponding information of centre of mass in column-II.

स्तम्भ-I की प्रत्येक स्थिति में एक द्रव्यमान वितरण दिया गया है तथा स्तम्भ-II में द्रव्यमान केन्द्र के x तथा y-निर्देशांक से सम्बन्धित सूचना दी गई है। स्तम्भ-II में द्रव्यमान केन्द्र से सम्बन्धित संगत सूचनाओं से सुमेलित कीजिए।

**Column-I**

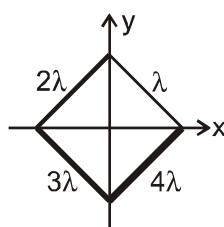
**Column-II**

- (A) An equilateral triangular wire frame is made using three thin uniform rods of mass per unit lengths  $\lambda$ ,  $2\lambda$  and  $3\lambda$  as shown



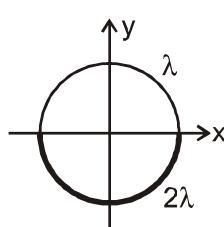
$$(p) \quad x_{cm} \geq 0$$

- (B) A square frame is made using four thin uniform rods of mass per unit length lengths  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  and  $4\lambda$  as shown



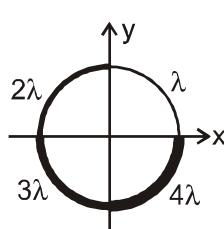
$$(q) \quad y_{cm} \geq 0$$

- (C) A circular wire frame is made of two uniform semicircular wires of same radius and of mass per unit length  $\lambda$  and  $2\lambda$  as shown



$$(r) \quad x_{cm} < 0$$

- (D) A circular wire frame is made of four uniform quarter circular wires of same radius and mass per unit length  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  and  $4\lambda$  as shown



$$(s) \quad y_{cm} < 0$$

**स्तम्भ-I**

- (A) चित्रानुसार  $\lambda$ ,  $2\lambda$  तथा  $3\lambda$  प्रति एकांक लम्बाई द्रव्यमान की तीन पतली एकसमान छड़ों का प्रयोग करके एक समबहु त्रिभुजाकार फ्रेम बनाया जाता है।

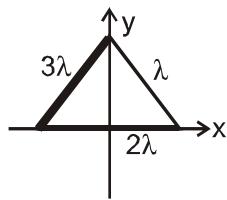
- (B) चित्रानुसार  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  तथा  $4\lambda$  प्रति एकांक लम्बाई द्रव्यमान की चार पतली एकसमान छड़ों का प्रयोग करके एक वर्गाकार फ्रेम बनाया जाता है।

- (C) चित्रानुसार  $\lambda$  तथा  $2\lambda$  प्रति एकांक लम्बाई द्रव्यमान तथा समान त्रिज्या की दो अर्धवृत्ताकार तारों का प्रयोग करके एक वृत्ताकार तार फ्रेम बनाया जाता है।

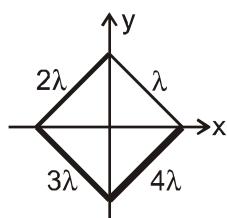
- (D) चित्रानुसार  $\lambda$ ,  $2\lambda$ ,  $3\lambda$  तथा  $4\lambda$  प्रति एकांक लम्बाई द्रव्यमान तथा समान त्रिज्या के चार एकसमान एक चौथाई वृत्ताकार तारों का प्रयोग करके एक वृत्ताकार तार फ्रेम बनाया जाता है।

**स्तम्भ-II**

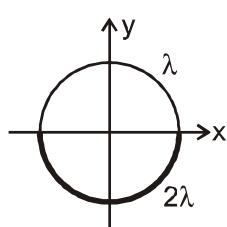
$$(p) \quad x_{cm} \geq 0$$



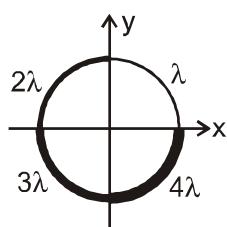
$$(q) \quad y_{cm} \geq 0$$



$$(r) \quad x_{cm} < 0$$



$$(s) \quad y_{cm} < 0$$



**Ans.** (A) q,r (B) p,s (C) p,s (D) p,s

**Sol.** (A) Centre of mass lies in second quadrant.

(B), (C) and (D) Centre of mass lies on y-axis and below x-axis.

(A) द्रव्यमान केन्द्र द्वितीय चतुर्थांश में स्थित है।

(B), (C) तथा (D) द्रव्यमान केन्द्र y-अक्ष पर तथा x-अक्ष के नीचे स्थित है।



**DPP No. : B27 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 39**

**Max. Time : 33 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.2

(3 marks, 2 min.) [06, 04]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.3

(4 marks 2 min.) [04, 02]

Comprehension ('-1' negative marking) Q.4 to Q.6

(3 marks 2 min.) [09, 06]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.7 to Q.9

(4 marks 5 min.) [12, 15]

Match the Following (no negative marking) Q.10

(8 marks, 6 min.) [08, 06]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B27**

- |                        |        |   |        |        |        |  |
|------------------------|--------|---|--------|--------|--------|--|
| 1. (A)                 | 2. (D) | 3. (B) (D)  | 4. (C) | 5. (D) | 6. (B) | 7. $\cos^{-1}\left(\frac{2}{3}\right)$ |
| 8. $\frac{13P^2}{10M}$ | 9. 4   | 10. (A) $\rightarrow$ (s) ; (B) $\rightarrow$ (p,q,r,s) ; (C) $\rightarrow$ (p,q,r,s) ; (D) $\rightarrow$ (q,r,s) |        |        |        |  |

1. The length of a rectangular plate is measured by a meter scale and is found to be 10.0 cm. Its width is measured by vernier callipers as 1.00 cm. The least count of the meter scale and vernier callipers are 0.1 cm and 0.01 cm respectively (Obviously). Maximum permissible error in area measurement is -  
 (A\*) + 0.2 cm<sup>2</sup>      (B) + 0.1 cm<sup>2</sup>      (C) + 0.3 cm<sup>2</sup>      (D) Zero  
 एक आयताकार प्लेट की लम्बाई एक मीटर स्केल से 10.0 cm मापी गई। इसकी चौड़ाई वर्नियर कैलीपर्स से 1.00 cm मापी गई। मीटर स्केल और वर्नियर कैलीपर्स का अल्पतमांक क्रमशः 0.1 cm और 0.01 cm है। (सामान्यतः) क्षेत्रफल मापन में अधिकतम अनुमेय (permissible) त्रुटि है -  
 (A\*) + 0.2 cm<sup>2</sup>      (B) + 0.1 cm<sup>2</sup>      (C) + 0.3 cm<sup>2</sup>      (D) zero शून्य

Sol.  $A = \ell b = 10.0 \times 1.00 = 10.00$

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta \ell}{\ell} + \frac{\Delta b}{b}$$

$$\frac{\Delta A}{10.00} = \frac{0.1}{10.0} + \frac{0.01}{1.00} \Rightarrow \Delta A = 10.00 \left( \frac{1}{100} + \frac{1}{100} \right) = 10.00 \left( \frac{2}{100} \right) = \pm 0.2 \text{ cm}^2.$$

2. In the previous question, minimum possible error in area measurement can be -  
 (A) + 0.02 cm<sup>2</sup>      (B) + 0.01 cm<sup>2</sup>      (C) + 0.03 cm<sup>2</sup>      (D\*) Zero

पिछले प्रश्न में क्षेत्रफल मापन में न्यूनतम सम्भव त्रुटि है

$$(A) + 0.02 \text{ cm}^2 \quad (B) + 0.01 \text{ cm}^2 \quad (C) + 0.03 \text{ cm}^2 \quad (D*) \text{ शून्य}$$

Sol.  $\left( \frac{\Delta A}{A} \right)_{\min} = \left| \left( \frac{\Delta \ell}{\ell} - \frac{\Delta b}{b} \right) \right| = \left| \frac{1}{100} - \frac{1}{100} \right| = 0$

3. A positively charged particle having some mass is resting in equilibrium at a height  $H$  above the centre of a fixed, uniformly and positively charged ring of radius  $R$ . The force of gravity ( $mg$ ) acts downwards. The equilibrium of the particle will be :  
 एक स्थिर समरूप व धनात्मक आवेशित  $R$  त्रिज्या की वलय के केन्द्र से  $H$  ऊँचाई पर कुछ द्रव्यमान का एक धनात्मक आवेशित कण साम्यावस्था में विरास पर है। गुरुत्वीय बल ( $mg$ ) नीचे की ओर कार्यरत है। कण की साम्यावस्था होगी:

(A) stable If स्थायी यदि  $H < \frac{R}{2}$

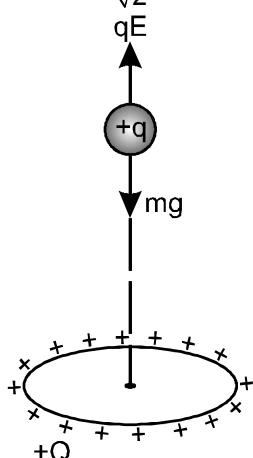
(B\*) stable If स्थायी यदि  $H > \frac{R}{\sqrt{2}}$

(C) unstable If अस्थायी यदि  $H > \frac{R}{\sqrt{2}}$

(D\*) unstable If अस्थायी यदि  $H < \frac{R}{\sqrt{2}}$

**Ans.** **B, D**

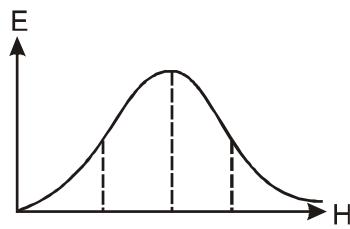
**Sol.** (i) If  $H < \frac{R}{\sqrt{2}}$



In this case, if we displace the particle slightly upwards,  $E$  will increase so upwards  $qE$  force will increase. So the particle will move away from equilibrium  $\Rightarrow$  unstable equilibrium.

इस स्थिति में यदि हम कण को थोड़ा सा ऊपर की ओर विस्थापित करें, तो  $E$  बढ़ेगा। अतः ऊपरी बल  $qE$  बढ़ेगा। अतः कण साम्यावस्था से अधिक दूर होगा।  $\Rightarrow$  अस्थायी साम्यावस्था

(ii) If  $H > \frac{R}{\sqrt{2}}$



$$H < \frac{R}{\sqrt{2}} \quad H = \frac{R}{\sqrt{2}} \quad H > \frac{R}{\sqrt{2}}$$

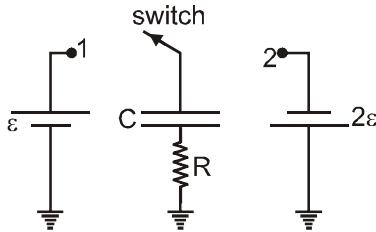
In this case, if we displace the particle slightly upwards,  $E \downarrow \Rightarrow qE \downarrow$

So, particle will move downwards, toward equilibrium  $\Rightarrow$  stable equilibrium.

इस स्थिति में यदि हम कण को थोड़ा सा ऊपर की ओर विस्थापित करें, तो,  $E \downarrow \Rightarrow qE \downarrow$

अतः कण साम्यावस्था की ओर नीचे की ओर गति करेगा  $\Rightarrow$  स्थायी साम्यावस्था

## COMPREHENSION



In the circuit arrangement shown in figure capacitor is initially uncharged. At  $t = 0$  switch is thrown to position '1'. It remains closed till the current in the circuit becomes 50% of maximum current, then suddenly switch is shifted to position '2'. (Assume all batteries are ideal)

चित्रानुसार परिपथ में संधारित्र प्रारम्भ में अनावेशित है तथा  $t = 0$  पर कुंजी को स्थिति '1' में लगाया जाता है तथा परिपथ की धारा, अधिकतम धारा की 50% होने तक वहीं रखा जाता है। फिर इस कुंजी को स्थिति '2' में लगाया जाता है। (सभी बैटरीयों को आदर्श मानिए)

4. Current through the resistor just after switch is shifted to position '2' is :

कुंजी को स्विच '2' से जोड़ने के ठीक पश्चात् प्रतिरोध से गुजरने वाली धारा होगी।

$$(A) 0 \quad (B) \frac{5\epsilon}{R} \quad (C^*) \frac{5\epsilon}{2R} \quad (D) \frac{3\epsilon}{R}$$

5. Amount of work done by battery long after switch is shifted to position '2' is:

कुंजी को स्थिति '2' में लगा देने के लम्बे समय के बाद, बैटरी द्वारा किया गया कार्य क्या होगा –

$$(A) \frac{5C\epsilon^2}{2} \quad (B) \frac{C\epsilon^2}{2} \quad (C) \frac{3C\epsilon^2}{2} \quad (D^*) 5C\epsilon^2$$

6. Which of the following is the correct options after switch is shifted to position '2'.

निम्न में से कौनसे विकल्प सही होंगे, जब कुंजी को स्थिति '2' में लगाया गया है।

(A) Energy stored in the capacitor first increases then decreases.

संधारित्र से संग्रहित ऊर्जा पहले बढ़ेगी तथा फिर घटेगी।

(B\*) Energy stored in the capacitor first decreases then increases.

संधारित्र से संग्रहित ऊर्जा पहले घटेगी तथा फिर बढ़ेगी।

(C) Energy stored in the capacitor continuously decreases.

संधारित्र से संग्रहित ऊर्जा लगातार घटेगी।

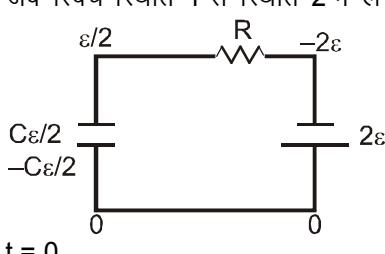
(D) Energy stored in the capacitor continuously increases.

संधारित्र से संग्रहित ऊर्जा लगातार बढ़ेगी।

**Sol. (1 to 3)**

When switch is thrown from position 1 to position 2

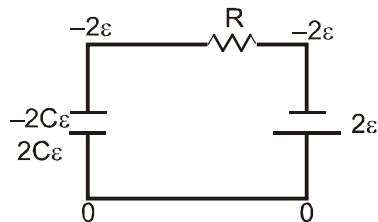
जब स्विच स्थिति 1 से स्थिति 2 में लगाया जाता है।



$t = 0$

$$t = \frac{\epsilon/2 - (-2\epsilon)}{R} = \frac{5\epsilon}{2R}$$

After a long time : लम्बे समय बाद



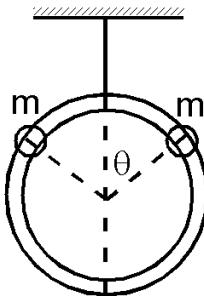
Total charge flown by battery बैटरी से कुल आवेश प्रवाह  $\Delta q = 2C\epsilon - (-C\epsilon/2) = \frac{5C\epsilon}{2}$

$$\text{Work done by battery बैटरी द्वारा कार्य} = \frac{5C\epsilon}{2} \times 2\epsilon = 5C\epsilon^2$$

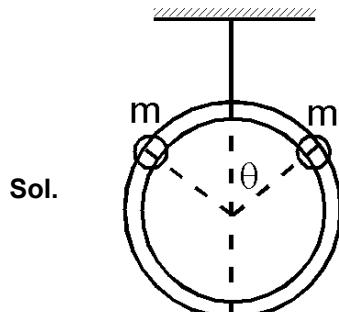
Since initially ( $t = 0$ ) charge on capacitor is  $C\epsilon/2$  it becomes zero after some time and finally becomes  $2C\epsilon$  so energy first decreases then increases.

चूंकि ( $t = 0$ ) संधारित्र पर प्रारम्भिक आवेश  $C\epsilon/2$  होगा। यह कुछ समय बाद शून्य हो जायेगा तथा अंततः  $2C\epsilon$  हो जाएगा। अतः ऊर्जा पहले पहले घटेगी फिर बढ़ेगी।

7. A massless ring hangs from a thread and two beads of mass  $m$  slide on it without friction. The beads are released simultaneously from the top of the ring and slide down along opposite sides. Find the angle from vertical at which the ring will start to rise.  
एक द्रव्यमानहीन वलय रस्सी द्वारा लटकाई जाती है तथा समान द्रव्यमान  $m$  के दो मोती इस पर बिना घर्षण के फिसलते हैं। मोती एक साथ वलय के उच्चतम विन्दु से इस तरह छोड़े जाते हैं कि ये विपरित दिशा में गति करें। ऊर्ध्वाधर से वह कोण क्या होगा। जब वलय उठना शुरू हो जाएगी।

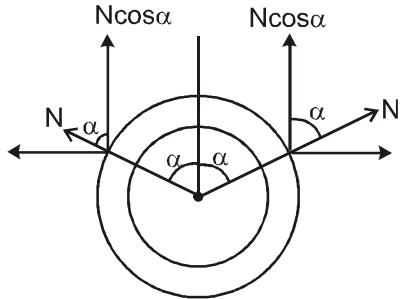


Ans.  $\cos^{-1}\left(\frac{2}{3}\right)$



at  $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{2}{3}\right)$  balls will leave contact with inner wall and came in contact with outer wall then force on ring will be  $2N\cos\alpha$  in upward direction.

$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{2}{3}\right)$  पर गेंदें आन्तरिक दीवार के साथ सम्पर्क छोड़ देगी तथा बाहरी दीवार के सम्पर्क में आ जाएगी जब वलय पर बल  $2N\cos\alpha$  ऊपर की दिशा में होगा।



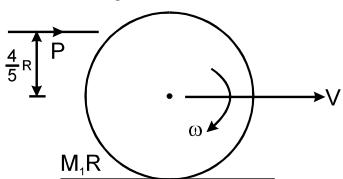
So ring will start rising as it is massless

इसलिए वलय ऊपर की ओर उठना शुरू होगी चूंकि यह द्रव्यमान रहित है।

8. A billiard ball at rest is struck horizontally one tenth of the diameter below the top. If P be the impulse of the blow find the kinetic energy of the ball, just after the blow the mass of the ball is M.  
विराम में रखी एक बिलियर्ड गेंद को ऊपरी सिरे से व्यास के  $1/10$  भाग नीचे टक्कर मारी जाती है। यदि धक्के का आवेग P है तो टक्कर के बाद गेंद की गतिज ऊर्जा ज्ञात करो। गेंद का द्रव्यमान M है।

$$[\text{Ans.} : \frac{13P^2}{10M}]$$

Sol.



Using imp - momentum equation. (आवेग – संवेग समीकरण से)

$$P = M.V \Rightarrow V = \frac{P}{M} \quad \dots\dots(A)$$

using angular impulse-momentum equation. wrt. centre. (आवेग – संवेग समीकरण केन्द्र के परितः)

$$P \frac{4}{5} R = \frac{2}{5} M R^2 \omega.$$

$$\omega = \frac{2P}{MR}$$

Total K.E. = Trans KE + Rotational KE कुल गतिज ऊर्जा = रेखीय गतिज ऊर्जा + घूर्णन गतिज ऊर्जा

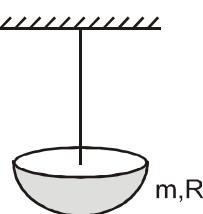
$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 \\ &= \frac{1}{2} M \times \frac{P^2}{M} + \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} M R^2 \cdot \frac{4P^2}{M^2 R^2} = \frac{13P^2}{10M}. \end{aligned}$$

9. A uniform solid hemisphere of mass m and radius R is attached to the roof with a chord of torsional constant C and performing torsional SHM. Then the time period (in seconds) of SHM is

$$(Take m = 15 \text{ kg}, R = \frac{2}{\pi} \text{ m}, C = 6 \text{ Nm/rad.})$$

m द्रव्यमान तथा R त्रिज्या का समरूप ठोस अर्द्ध गोला मरोड़ी नियतांक C की रस्सी की सहायता से छत से चित्रानुसार लटका हुआ है तथा मरोड़ी लोलक के रूप में सरल आवर्त गति करता है। तो इसकी सरल आवर्ती गति का आवर्त काल

सैकण्ड में ज्ञात कीजिए। ( $m = 15 \text{ kg}, R = \frac{2}{\pi} \text{ m}, C = 6 \text{ Nm/rad.}$  लें।)



Ans. 4

**Sol.**  $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}} = 2\pi \sqrt{\frac{2mR^2}{5C}}$

$$I = \frac{2}{5}mR^2$$

10. In column-II different situations are shown in which one object collides with the another object. In each case friction is absent and neglect effect of non-impulsive forces. In column-I different direction are given.

You have to match the directions for each case in which momentum conservation can be applied on object A or object B or system A & B.

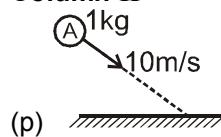
स्तरम्-II में विभिन्न स्थितियाँ दर्शाई गई हैं जिसमें एक वस्तु दूसरी वस्तु से टकराती है। प्रत्येक स्थिति में घर्षण अनुपस्थित है एवं अन आवेगी बलों को नगण्य मानें। स्तरम्-I में विभिन्न दिशाएँ दी गई हैं।

आपको दिशाओं को प्रत्येक उस स्थिति से सुमेलित करना है जिसमें वस्तु A या वस्तु B या A व B पर संवेग संरक्षण लगाया जा सकता है।

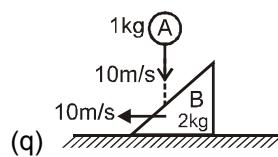
**Column-I**

- (A) Along the line of impact  
टक्कर की रेखा के अनुदिश

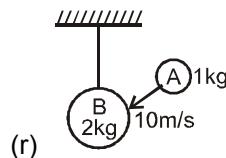
**Column-II**



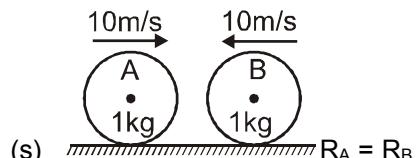
- (B) Perpendicular to line of impact  
टक्कर की रेखा के लम्बवत्



- (C) In horizontal direction  
क्षैतिज दिशा में



- (D) In vertical direction  
ऊर्ध्वाधर दिशा में



**Ans. (A) → (s) ; (B) → (p,q,r,s) ; (C) → (p,q,r,s) ; (D) → (q,r,s)**



**DPP No. : B28 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 39**

**Max. Time : 36 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.2

(3 marks, 2 min.)

[06, 04]

Comprehension ('-1' negative marking) Q.3 to Q.5

(3 marks 2 min.)

[09, 06]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.6 to Q.9

(4 marks 5 min.)

[16, 20]

Match the Following (no negative marking) Q.10

(8 marks, 6 min.)

[08, 06]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B28**

1. (C)    2. (B)    3. (D)    4. (B)    5. (B)    6. 1 V

7.  $Q = \frac{1}{2} C \varepsilon_2^2$ . It is remarkable that the result obtained is independent of  $\varepsilon_1$ .    8. 07

9. 90    10. (A) – p,q,r,t ; (B) – p,q,s ; (C) – p,r,s,t ; (D) – p,s

1. A shell of mass 4 kg moving with a velocity 10 m/s vertically upward explodes into three parts at a height 50 m from ground. After three seconds, one part of mass 2 kg reaches ground and another part of mass 1 kg is at height 40 m from ground. The height of the third part from the ground is:

[ $g = 10 \text{ m/s}^2$ ]

4 kg द्रव्यमान का एक कोश ऊर्ध्वाधर ऊपर की ओर 10 m/s के वेग से गति करते हुए 50 m की ऊँचाई पर तीन-भाग में टूट जाता है। 3 sec. के बाद, एक भाग 2 kg जमीन पर पहुँचता है तथा दूसरा भाग 1 kg जमीन से 40 m ऊपर है। तीसरे भाग की जमीन से ऊँचाई होगी। [ $g = 10 \text{ m/s}^2$ ]

(A) 50 m    (B) 80 m    (C\*) 100 m    (D) none of these इनमें से कोई नहीं

**Sol.** After 3 seconds centre of mass should have a displacement

3 सेकण्ड के बाद द्रव्यमान केन्द्र एक विस्थापन रखेगा

$$S = 10t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$= 10 \times 3 - \frac{1}{2} \times 10(3)^2$$

$$= 30 - 45 = -15 \quad \text{from } 50 \text{ m height} \quad 50 \text{ m की ऊँचाई से}$$

So  $y_{cm} = 50 - 15 = 35 \text{ m from ground}$  धरातल से

$$\text{also } y_{cm} = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

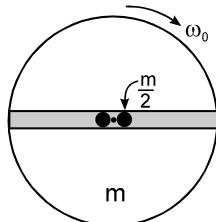
$$35 = \frac{2 \times 0 + 1 \times 40 + 1 \times y_3}{4}$$

$$\Rightarrow y_3 = 35 \times 4 - 40$$

$$\Rightarrow y_3 = 100 \text{ m}$$

2. A disc of mass 'm' and radius R is free to rotate in horizontal plane about a vertical smooth fixed axis passing through its centre. There is a smooth groove along the diameter of the disc and two small balls of mass  $\frac{m}{2}$  each are placed in it on either side of the centre of the disc as shown in fig. The disc is given initial angular velocity  $\omega_0$  and released. The angular speed of the disc when the balls reach the end of disc is :

$m$  द्रव्यमान तथा  $R$  त्रिज्या की एक चकती इसके केन्द्र से जाने वाली ऊर्ध्वाधर चिकनी अक्ष के परितः क्षैतिज तल में घूमने के लिए स्वतन्त्र है। चकती के व्यास के अनुदिश एक चिकना खांचा है तथा  $\frac{m}{2}$  द्रव्यमान की प्रत्येक दो गेंद चित्रानुसार चकती के केन्द्र के पास दोनों तरफ पर रखी हैं। चकती को प्रारम्भिक कोणीय वेग  $\omega_0$  दिया जाता है तथा छोड़ दिया जाता है। जब गेंदे किनारों पर पहुँचती हैं तो, चकती का कोणीय वेग होगा –



- (A)  $\frac{\omega_0}{2}$                   (B\*)  $\frac{\omega_0}{3}$                   (C)  $\frac{2\omega_0}{3}$                   (D)  $\frac{\omega_0}{4}$

**Sol.** Let the angular speed of disc when the balls reach the end be  $\omega$ .

माना जब गेंदे किनारे पर पहुँचती हैं तब चकती की कोणीय चाल  $\omega$  है।

From conservation of angular momentum

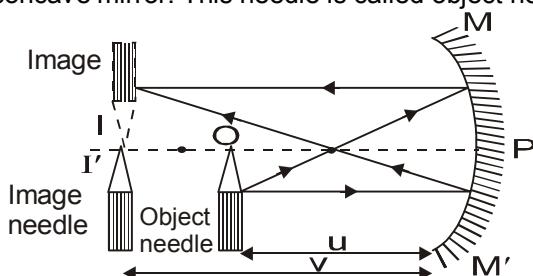
कोणीय संवेग के संरक्षण से –

$$\frac{1}{2}mR^2 \omega_0 = \frac{1}{2}mR^2 \omega + \frac{m}{2}R^2 \omega + R^2 \omega \text{ or } \omega = \frac{\omega_0}{3}$$

## COMPREHENSION अनुच्छेद : 2

To find focal length of a concave mirror using u-v method, for different  $u$ , we measure different  $v$ , and thus we find  $f$  using mirror's formula  $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ .

In this experiment, a concave mirror is fixed at position MM' and a knitting needle is used as an object, mounted in front of the concave mirror. This needle is called object needle (O in fig)

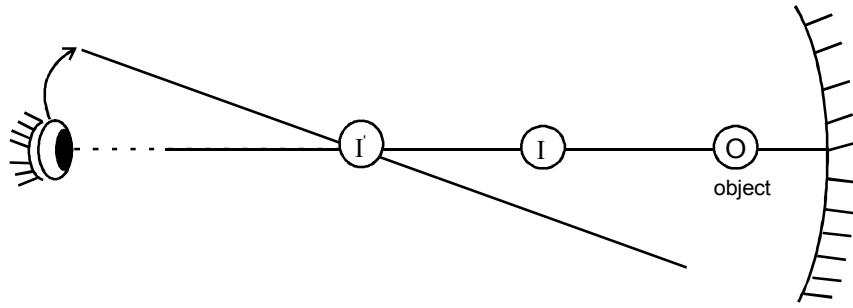


First of all we make a rough estimation of  $f$ . For estimating  $f$  roughly, make a sharp image of a far away object (like sun) on a filter paper. The image distance of the far object will be an approx estimation of focal length.

Now, the object needle is kept beyond  $f$ , so that its real and inverted image (I in fig) can be formed. You can see this inverted image in the mirror by closing your one eye and keeping the other eye along the pole of the mirror.

To locate the position of the image, use a second needle, and shift this needle such that its peak coincide with the image. The second needle gives the distance of image ( $v$ ), so it is called "image needle" (I' in figure). Note the object distance 'u' and image distance 'v' from the mm scale on optical bench.

**Parallax:** — Figure shows top view of the optical bench



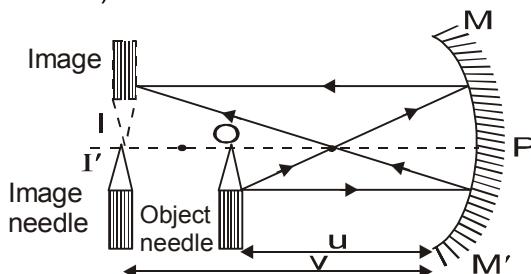
Suppose image needle ( $I'$ ) doesn't co-inside with image ( $I$ ), the image is farther from eyes as compared to the image needle ( $I'$ ) as shown. If we shift our eyes to the left, the image ( $I$ ), which is more distant from us, will appear to move to the left of the line of sight and if we shift our eyes to right, the image ( $I$ ) will appear to move to the right of the line of sight. This shifting is called parallax. To remove this, we shift the image needle ( $I'$ ) towards mirror, such that it exactly co-inside with the image ( $I$ ).

U-v विधि के द्वारा अवतल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात करने के लिए  $u$  के मिन्न-मिन्न मानों के लिए  $v$  के मिन्न-मिन्न मान का मापन करते हैं।

$$\text{तथा दर्पण सूत्र } \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

के उपयोग से फोकस दूरी  $f$  ज्ञात करते हैं।

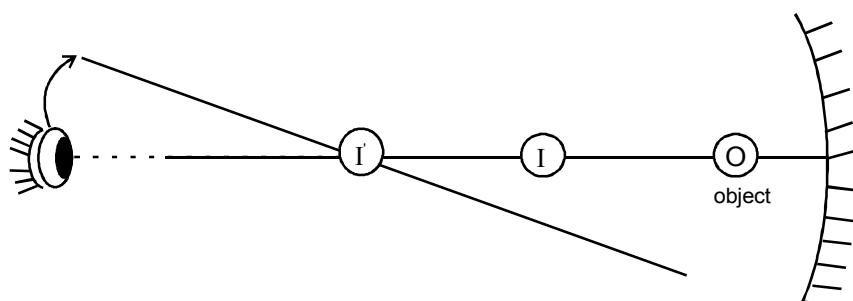
इस प्रयोग में एक अवतल दर्पण स्थित  $MM'$  पर स्थिर है तथा अवतल दर्पण के सामने स्थित सूई को वस्तु के रूप में प्रयुक्त करते हैं। यह सूई वस्तु सूई कहलाती है। ( $O$  चित्र में प्रदर्शित है।)



सर्वप्रथम हम  $f$  का कच्चा वर्णन करते हैं।  $f$  के कच्चे वर्णन के लिए फ़िल्टर पेपर पर दूर स्थित वस्तु का (सूर्य के समान) तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब बनाते हैं। दूर स्थित वस्तु की प्रतिबिम्ब दूरी लगभग फोकस दूरी के बराबर प्राप्त होती है।

अब वस्तु सूई को  $f$  के नीचे रखते हैं। ताकि इसका वास्तविक तथा उल्टा प्रतिबिम्ब ( $I$ ) बनता है। हम अपनी एक आँख को बन्द तथा दूसरी को दर्पण के ध्रुव के अनुदिश रखते हुए दर्पण में इस उल्टे प्रतिबिम्ब को देख सकते हैं। प्रतिबिम्ब की स्थिति को व्यवस्थित करने के लिए हम एक द्वितीयक सूई को प्रयुक्त करते हैं। तथा इस सूर्य को इस प्रकार व्यवस्थित करते हैं कि इसका शिखर प्रतिबिम्ब से संपाती होता है। द्वितीयक सूई प्रतिबिम्ब की दूरी को दर्शाती है अतः इसे प्रतिबिम्ब सूई ( $I$ ) कहते हैं। प्रकाशिक बैन्च पर  $mm$  पैमाने से वस्तु की दूरी ( $u$ ) तथा प्रतिबिम्ब दूरी ( $v$ ) को नोट करते हैं।

**लम्बन :** चित्र में प्रकाशिक बैन्च का ऊपरी दृश्य दर्शाया गया है।



यह मानिये कि प्रतिबिम्ब सूई ( $I'$ ) प्रतिबिम्ब के साथ संपाती नहीं है। प्रतिबिम्ब, प्रतिबिम्ब सूई ( $I'$ ) की तुलना में आँखों से बहुत अधिक दूरी पर बनता है। यदि हम हमारी आँख को बांयी ओर प्रतिस्थापित करते हैं तब हमसे बहुत अधिक दूरी पर स्थित प्रतिबिम्ब ( $I$ ) दृश्य रेखा के बायी ओर गति करता हुआ प्रतीत होगा तथा यदि हम हमारी आँख को दायी ओर प्रतिस्थापित करते हैं तब प्रतिबिम्ब ( $I$ ) दृश्य रेखा के दायी ओर गति करता हुआ प्रतीत होता है। यह प्रतिस्थापन लम्बन कहलाता है। इसे दूर करने के लिए हम प्रतिबिम्ब सूई ( $I'$ ) को दर्पण की ओर इस प्रकार प्रतिस्थापित करते हैं कि यह प्रतिबिम्ब ( $I$ ) के साथ ठीक सम्पाती है।

**3.** Parallax arises due to :

- (A) Defect in the observer's eyes
- (B) The object and the image needles are not parallel
- (C) Our eyes are not in the line of object and image
- (D\*) The image needle is not placed exactly co-insiding the image

लम्बन (parallax) की घटना होती है:

- (A) प्रेक्षक की आँख में दोष के कारण
- (B) वस्तु तथा प्रतिबिम्ब के संपाती नहीं होने के कारण
- (C) हमारी आँख के वस्तु तथा प्रतिबिम्ब की रेखा में नहीं होने के कारण
- (D\*) प्रतिबिम्ब सूई प्रतिबिम्ब के साथ ठीक सम्पाती नहीं होने के कारण

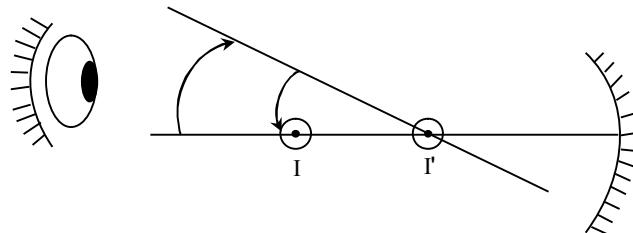
**Sol.** It is clear from the passage that the parallax arises if the image needle is not placed co-insiding the image.

अनुच्छेद से यह स्पष्ट है कि लम्बन की घटना तभी होती है जब प्रतिबिम्ब सूई प्रतिबिम्ब के साथ सम्पाती नहीं होती।

**4.** In an observation, if we shift our eyes to left, the image (I) appears to move to the right of the line of sight. To find the image distance (to remove prallax), we have to shift the image needle ( $I'$ ) :

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| (A) Towards the mirror                  | (B*) Away from the mirror |
| (C) Perpendicular to the principle axis | (D) No need to shift      |
- प्रेक्षण में यदि हम हमारी आँख को बांधी ओर विस्थापित करते हैं, तब प्रतिबिम्ब (I) दृश्य रेखा के दांयी ओर गति करता हुआ प्रतीत होता है। प्रतिबिम्ब दूरी ज्ञात करने के लिए (लम्बन को दूर करने के लिए) हम प्रतिबिम्ब सूई ( $I'$ ) को किस ओर विस्थापित करेंगे।
- (A) दर्पण की ओर
  - (B\*) दर्पण से दूर
  - (C) मुख्य अक्ष के लम्बवत्
  - (D) विस्थापन की कोई आवश्यकता नहीं

**Sol.**

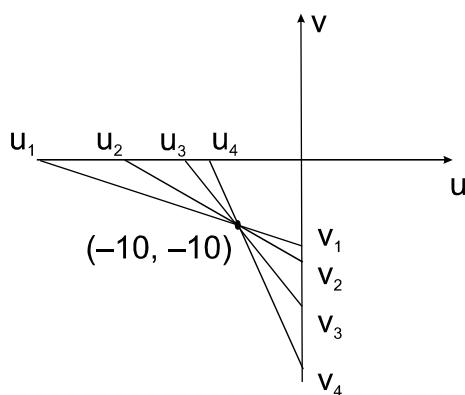


From these observations, we can say that image (I) is farther from mirror, as compared to the image needle ( $I'$ ). So to remove the parallax, we have to shift the image needle ( $I'$ ) away from the mirror.

इन प्रेक्षणों से हम कह सकते हैं कि प्रतिबिम्ब (I) दर्पण से प्रतिबिम्ब सूई ( $I'$ ) की तुलना में दूर है। अतः लम्बन को दूर करने के लिए हम प्रतिबिम्ब सूई ( $I'$ ) को दर्पण से दूर प्रतिस्थापित करते हैं।

**5.** To find the focus distance of the concave mirror, for the different values of object distances ( $u_1, u_2 \dots u_n$ ), the values of image distances ( $v_1, v_2 \dots v_n$ ) are measured. We mark  $u_1, u_2 \dots u_n$  on x-axis and  $v_1, v_2 \dots v_n$  on y-axis. Now draw lines joining  $u_1$  with  $v_1$ ,  $u_2$  with  $v_2$  ....  $u_n$  with  $v_n$  as shown in figure. The focus distance of the mirror should be

अवतल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात करने के लिए वस्तु की दूरी ( $u_1, u_2 \dots u_n$ ), के मिन्न-मिन्न मानों के लिए प्रतिबिम्ब दूरियाँ ( $v_1, v_2 \dots v_n$ ) के मिन्न-मिन्न मान का मापन करते हैं। हम X-अक्ष पर  $u_1, u_2 \dots u_n$  तथा y-अक्ष पर  $v_1, v_2 \dots v_n$  को प्रदर्शित करते हैं। अब  $u_1$  को  $v_1$  के साथ,  $u_2$  को  $v_2$  के साथ .... तथा  $u_n$  को  $v_n$  के साथ जोड़कर खींचते हैं।



(A) 5 cm

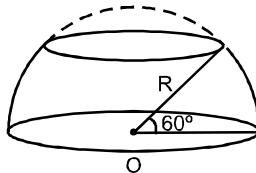
(B\*) 10 cm

(C) 20 cm

(D) 15 cm

**Sol.**  $(f, f) = (-10, -10) \Rightarrow f = -10 \text{ cm.}$

6. Figure shows the part of a hemisphere of radius ( $R$ ) = 2m and surface charge density ( $\sigma$ ) =  $2\epsilon_0 \text{ C/m}^2$ . Calculate the electric potential (in volt) at centre O.  
 चित्र में त्रिज्या ( $R$ ) = 2m के अर्धगोले का भाग दर्शाया गया है। इसका पृष्ठीय आवेश घनत्व ( $\sigma$ ) =  $2\epsilon_0 \text{ C/m}^2$  है। केन्द्र O पर वैद्युत विभव (वोल्ट मात्रक में) ज्ञात कीजिए।



**Ans. 1 V**

**Sol.** Consider a ring at angular position  $\theta$

$$\text{Charge on ring } dq = \sigma \cdot 2\pi R^2 \cdot \sin\theta d\theta$$

कोणीय स्थिति  $\theta$  पर वलय लेने पर

$$\text{वलय पर आवेश } dq = \sigma \cdot 2\pi R^2 \cdot \sin\theta d\theta$$

$$\therefore dV = \left( \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \right) \frac{dq}{R}$$

$$= \frac{\sigma R}{2\epsilon_0} \sin\theta d\theta$$

$\therefore$  Net potential at centre O

केन्द्र O पर कुल विभव

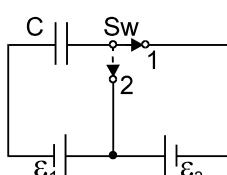
$$V = \frac{\sigma R}{2\epsilon_0} \int_0^{\pi/3} \sin\theta d\theta$$

$$= -\frac{\sigma R}{2\epsilon_0} [\cos\theta]_0^{\pi/3} = \frac{\sigma R}{4\epsilon_0} = \frac{2\epsilon_0 \times 2}{4\epsilon_0}$$

$$V = 1 \text{ V.}$$

7. What amount of heat will be generated in the circuit shown in the figure, after the switch  $S_w$  is shifted from position 1 to position 2?

चित्र में दिखाये परिपथ के स्विच  $S_w$  को स्थिति 1 से स्थिति 2 पर स्थानान्तरित करने पर उत्पन्न ऊष्मा का मान क्या होगा?

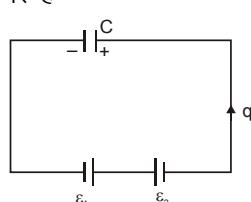


**Ans.**  $Q = \frac{1}{2} C \epsilon_2^2$ . It is remarkable that the result obtained is independent of  $\epsilon_1$ .

$$Q = \frac{1}{2} C \epsilon_2^2. \text{ यह ध्यान देने योग्य है कि प्राप्त किये गये परिणाम } \epsilon_1 \text{ से स्वतन्त्र है।}$$

**Sol.** When S is at position (A)

जब S स्थिति (A) पर है



By KVL द्वारा

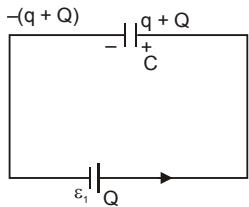
$$\Rightarrow \epsilon_1 - \epsilon_2 - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)C \quad \dots \dots \dots \text{(A)}$$

$$\therefore \text{Energy stored संचित ऊर्जा} = \frac{1}{2} C(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 = \frac{q^2}{2C}$$

When switch 'S' is at position (B)

जब स्विच 'S' स्थिति (B) पर है



By KVL द्वारा ;

$$\varepsilon_1 = \frac{q+Q}{C} \quad \text{Put } q \text{ from (A) (A) से } q \text{ रखने पर}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)C + Q}{C}$$

$$Q = \varepsilon_2 C \quad \dots \dots \dots \text{(B)}$$

$$\text{Energy stored संचित ऊर्जा} = \frac{(Q+q)^2}{2C}$$

$\therefore$  Work done by battery  $\varepsilon_1$

बैटरी  $\varepsilon_1$  द्वारा किया गया कार्य

$$W = \varepsilon_1 Q = \varepsilon_1 \varepsilon_2 C$$

$\therefore$  Heat produced उत्पन्न ऊष्मा;

$$H = W - \Delta U$$

$$\therefore H = \varepsilon_1 \varepsilon_2 C - (U_f - U_i)$$

$$H = \varepsilon_1 \varepsilon_2 C - \left[ \frac{(Q+q)^2}{2C} - \frac{q^2}{2C} \right]$$

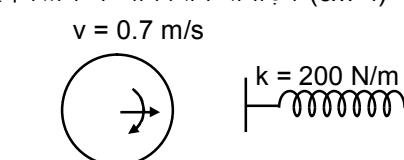
Put Q and q from (A) & (B)

(A) व (B) से Q तथा q रखने पर

$$\therefore H = \frac{1}{2} C \varepsilon_2^2$$

8. A uniform smooth and solid sphere of mass  $m = 2 \text{ kg}$  is in pure rolling motion on smooth surface as shown velocity  $v$  of the centre is  $0.7 \text{ m/s}$ . Find maximum compression in spring in cm.

चिकने एक समान ठोस गोले का द्रव्यमान  $m = 2 \text{ kg}$  है, जो दर्शयेनुसार द्रव्यमान केन्द्र के बैग  $v = 0.7 \text{ m/s}$  से चिकनी सतह पर शुद्ध लौटनी गति करता है। स्प्रिंग में अधिकतम संमीड़न (cm में) ज्ञात कीजिए।



Ans. 07

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx^2$$

$$x = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot v = \sqrt{\frac{2}{200}} \times 0.7 = \frac{1}{10} \times 0.7 \text{ m} = 7 \text{ cm}$$

9. The speed of sound in a mixture of  $n_1 = 2$  moles of He,  $n_2 = 2$  moles of H<sub>2</sub> at temperature  $T = \frac{972}{5}$  K is

$\eta \times 10$  m/s. Find  $\eta$ . (Take  $R = \frac{25}{3}$  J/mole-K)

$T = \frac{972}{5}$  K ताप पर He के  $n_1 = 2$  मोल तथा H<sub>2</sub> के  $n_2 = 2$  मोल के मिश्रण में ध्वनि की चाल  $\eta \times 10$  m/s है।  $\eta$  ज्ञात करो।

$$(R = \frac{25}{3} \text{ J/mole-K})$$

**Ans. 90**

**Sol.**  $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$

$$M = \frac{4 \times 2 + 2 \times 2}{4} = 3 \text{ g}$$

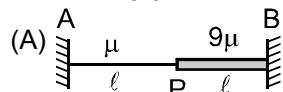
$$\gamma = 1 + \frac{2}{f} = 1 + \frac{2 \times (2+2)}{2 \times 3 + 2 \times 5} = \frac{3}{2}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{3}{2} \times \frac{25}{3} \times \frac{1000}{3} \times \frac{972}{5}} = 900 \text{ m/s}$$

**Ans. 90**

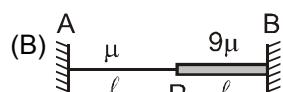
10. Match the column :

**Column-I**



Two strings each of length  $\ell$  and linear mass

density  $\mu$  and  $9\mu$  are joined together and system is oscillated such that joint P is node T is tension in the strings. A and B are fixed ends.

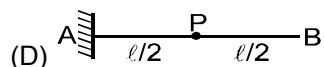


Two strings each of length  $\ell$  and linear mass density  $\mu$  and  $9\mu$  are joined together and system is oscillated such that joint P is antinode. T is tension in each string. A and B are fixed ends.



P is the mid-point of the string fixed at both ends.

T is tension in the string and  $\mu$  is its linear mass density.



T is the tension in the string fixed at A and B is free end. P is mid-point.  $\mu$  is its the linear mass density.

**Column-II**

(p) Speed of component travelling wave is portion

$$AP \text{ will be } \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

(q) Speed of component travelling wave in the

portion AP will be more than that in portion BP.

(r) Frequency of oscillation of the system AB can

$$\text{be } \frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

(s) Frequency of oscillation of the system AB can

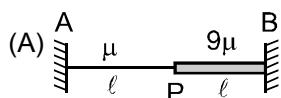
$$\text{be } \frac{1}{4\ell} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

(t) Wavelength of the wave in the portion PB

$$\text{can be } \frac{2\ell}{3}.$$

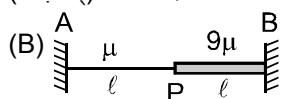
निम्न को सुमेलित कीजिए :

स्तम्भ-I

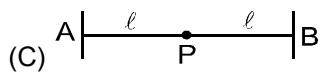


$\ell$  लम्बाई तथा रेखीय द्रव्यमान घनत्व

$\mu$  व  $9\mu$  की दो डोरिया एक दूसरे से जुड़ी हुई हैं तथा निकाय इस प्रकार दोलन करता है कि बिन्दु P निस्पन्द है T, डोरियों में तनाव है। A तथा B स्थिर (जड़वत्) सिरे हैं।

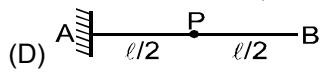


$\ell$  लम्बाई तथा रेखीय द्रव्यमान घनत्व  $\mu$  व  $9\mu$  की दो डोरिया एक दूसरे से जुड़ी हुई हैं तथा निकाय इस प्रकार दोलन करता है कि बिन्दु P प्रस्पन्द है T, डोरियों में तनाव है। A तथा B स्थिर (जड़वत्) सिरे हैं।



P दोनों सिरों से बंधी डोरी का मध्य बिन्दु है।

T डोरी में तनाव है तथा  $\mu$  इसका रेखीय द्रव्यमान घनत्व है।



A से बंधी तथा B सिरे से मुक्त डोरी में तनाव T है। P मध्य बिन्दु है।  $\mu$  इसका रेखीय द्रव्यमान घनत्व है।

स्तम्भ-II

(p) AP भाग में संचरित तरंग घटक की चाल

$$\sqrt{\frac{T}{\mu}} \text{ होगी।}$$

(q) AP भाग में संचरित तरंग घटकी की चाल भाग BP

में संचरित तरंग घटक की चाल से अधिक होती है।

(r) निकाय AB के दोलन की आवृत्ति  $\frac{1}{2\ell} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

हो सकती है।

(s) निकाय AB के दोलन की आवृत्ति  $\frac{1}{4\ell} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

हो सकती है।

(t) PB भाग में तरंग की तरंगदैर्घ्य  $\frac{2\ell}{3}$  हो सकती है।

Ans. (A) – p,q,r,t ; (B) – p,q,s ; (C) – p,r,s,t ; (D) – p,s



**DPP No. : B29 (JEE-Main)**

**Total Marks : 57**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.19

**Max. Time : 38 min.**

(3 marks, 2 min.)

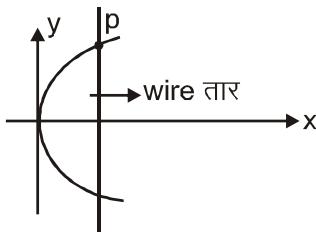
[57, 38]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B29**

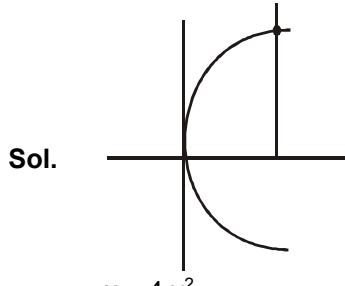
- |         |         |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. (B)  | 2. (B)  | 3. (C)  | 4. (D)  | 5. (D)  | 6. (B)  | 7. (A)  |
| 8. (C)  | 9. (C)  | 10. (C) | 11. (D) | 12. (B) | 13. (C) | 14. (C) |
| 15. (C) | 16. (C) | 17. (A) | 18. (A) | 19. (B) |         |         |

1. A wire is bent in a parabolic shape followed by equation  $x = 4y^2$ . Consider origin as vertex of parabola. A wire parallel to y axis moves with constant speed 4 m/s along x-axis in the plane of bent wire. Then the acceleration of touching point of straight wire and parabolic wire is (when straight wire has x coordinate = 4 m) :

एक तार को परवलयाकार आकृति में मोड़ा जाता है जिसकी समीकरण  $x = 4y^2$  है। माना परवलय का शीर्ष मुलबिन्दु पर है। y अक्ष के समान्तर एक तार x अक्ष के अनुदिश मुड़े हुए तार के तल में नियत चाल 4 m/s से गतिशील है तो परवलयाकार तार तथा सीधे तार के सम्पर्क बिन्दु का त्वरण है, (जब सीधे तार का x निर्देशांक = 4 m है) :



- (A)  $\frac{1}{2}$       (B\*)  $\frac{1}{4}$       (C) 2      (D) 4



$$x = 4y^2$$

$$\frac{dx}{dt} = 8y \frac{dy}{dt}$$

$$V_x = 8y V_y$$

$$V_x = 4$$

$$a_x = 0$$

$$0 = a_x = 8[y \cdot a_y + V_y^2]$$

$$-y a_y = V_y^2$$

$$|a_y| = \frac{v_y^2}{y}$$

$$|a_y| = \frac{v_x^2}{64 y^3} = \frac{16}{64 \times y^3}$$

$$\text{at } y = 1 \Rightarrow |a_y| = \frac{1}{4}$$

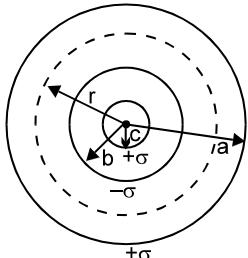
$$y = 1 \text{ पर} \Rightarrow |a_y| = \frac{1}{4}$$

2. There are three concentric thin spheres of radius  $a$ ,  $b$ ,  $c$  ( $a > b > c$ ). The total surface charge densities on their surfaces are  $\sigma$ ,  $-\sigma$ ,  $\sigma$  respectively. The magnitude of electric field at  $r$  (distance from centre) such that  $a > r > b$  is :

त्रिज्या  $a$ ,  $b$  तथा  $c$  ( $a > b > c$ ) के तीन पतले संकेन्द्रीय गोले हैं। उनकी सतहों पर कुल पृष्ठीय आवेश घनत्व क्रमशः  $\sigma$ ,  $-\sigma$  तथा  $\sigma$  हैं। केन्द्र से  $r$  दूरी (जहाँ  $a > r > b$ ) पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता का परिमाण है –

- (A) 0                    (B\*)  $\frac{\sigma}{\epsilon_0 r^2} (b^2 - c^2)$         (C)  $\frac{\sigma}{\epsilon_0 r^2} (a^2 + b^2)$         (D) none of these इनमें से कोई नहीं।

**Sol.**

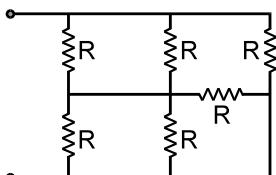


Electric field at a distance  $r$  ( $a > r > b$ ) will be due to charges enclosed in  $r$  only, & Since, a sphere acts as a point charge for points outside its surface,

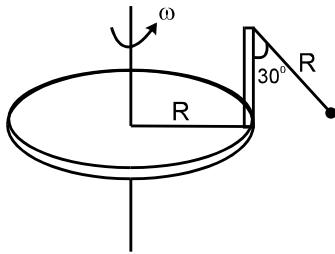
$r$  दूरी पर विद्युत क्षेत्र, केवल  $r$  के अन्दर स्थिति ( $a > r > b$ ) आवेशों के कारण होगा तथा गोले के बाहर स्थिति बिन्दु के लिए, यह बिन्दुवत आवेशों की तरह व्यवहार करते हैं –

$$\therefore E = \frac{kQ_c}{r^2} + \frac{kQ_b}{r^2} = \frac{k}{r^2} (\sigma \times 4\pi c^2 + (-\sigma) 4\pi b^2) = \frac{\sigma}{\epsilon_0 r^2} (c^2 - b^2)$$

3. The equivalent resistance of the network shown in the figure is :  
दिखाये गये परिपथ का तुल्य प्रतिरोध है।



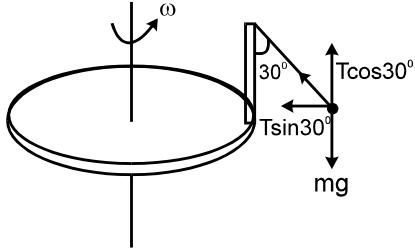
4. A disc of radius  $R$  has a light pole fixed perpendicular to the disc at the circumference which in turn has a pendulum of length  $R$  attached to its other end as shown in figure. The disc is rotated with a constant angular velocity  $\omega$ . The string is making an angle  $30^\circ$  with the rod. The angular velocity  $\omega$  of the disc is:  $R$  त्रिज्या की चकती की परिधि पर चकती के लम्बवत एक हल्की छड़ जुड़ी है, जिसके दूसरे सिरे से  $R$  लम्बाई का एक लोलक चित्रानुसार जुड़ा है। चकती को नियत कोणीय वेग  $\omega$  से घुमाते हैं। रस्सी छड़ से  $30^\circ$  का कोण बनाती है। चकती का कोणीय वेग  $\omega$  है :



$$(A) \left( \frac{\sqrt{3}g}{R} \right)^{1/2} \quad (B) \left( \frac{\sqrt{3}g}{2R} \right)^{1/2} \quad (C) \left( \frac{g}{\sqrt{3}R} \right)^{1/2} \quad (D^*) \left( \frac{2g}{3\sqrt{3}R} \right)^{1/2}$$

**Ans.** (D) The bob of the pendulum moves in a circle of radius  $(R + R\sin 30^\circ) = \frac{3R}{2}$

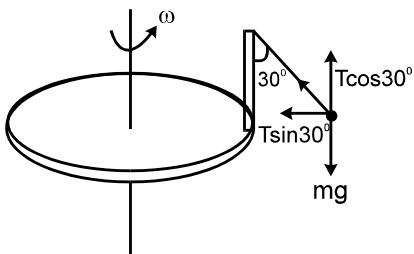
Force equations :



$$\begin{aligned} T\sin 30^\circ &= m\left(\frac{3R}{2}\right)\omega^2 \\ T\cos 30^\circ &= mg \\ \Rightarrow \tan 30^\circ &= \frac{3\omega^2 R}{2g} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2g}{3\sqrt{3}R}} \end{aligned}$$

**Ans.**

(D) लोलक के गोलक की वृतीय गति की त्रिज्या  $(R + R\sin 30^\circ) = \frac{3R}{2}$



समीकरण से :

$$\begin{aligned} T\sin 30^\circ &= m\left(\frac{3R}{2}\right)\omega^2 \\ T\cos 30^\circ &= mg \\ \Rightarrow \tan 30^\circ &= \frac{3\omega^2 R}{2g} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2g}{3\sqrt{3}R}} \end{aligned}$$

**Ans.**

5. A particle is projected with speed 10 m/s at angle  $60^\circ$  with the horizontal. Then the time after which its speed becomes half of initial -

एक कण को क्षैतिज से  $60^\circ$  कोण पर 10 m/s की चाल से प्रक्षेपित किया जाता है तो प्रारम्भिक चाल की आधी चाल होने में लिया गया समय होगा –

- (A)  $\frac{1}{2}$  sec. (B) 1 sec. (C)  $\sqrt{3}/2$  sec. (D\*)  $\sqrt{3}/2$  sec.

**Sol.**  $u \cos 60^\circ = 5, V_y = u \sin 60^\circ - 10t$   
 $V^2 = (u \sin 60^\circ - 10t)^2 + (u \cos 60^\circ)^2$

$$\frac{u^2}{4} = \left( u \frac{\sqrt{3}}{2} - 10t \right)^2 + \frac{u^2}{4}$$

$$\Rightarrow 10t = \frac{10\sqrt{3}}{2} \Rightarrow t = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

6. Two particles are projected horizontally and simultaneously from top of a tower in mutually perpendicular planes with same speed 30m/s. After how much time their velocity vectors will be at angle  $60^\circ$  from each other.

एक मीनार के शीर्ष से दो कण परस्पर लम्बवत् तल में 30m/s की समान चाल से एक साथ क्षैतिजतः प्रक्षेपित किये जाते हैं। कितने समय पश्चात् उनके वेग सदिश एक दूसरे से  $60^\circ$  के कोण पर होंगे।

- (A) 1 sec (B\*) 3 sec (C) 4 sec (D) 5 sec

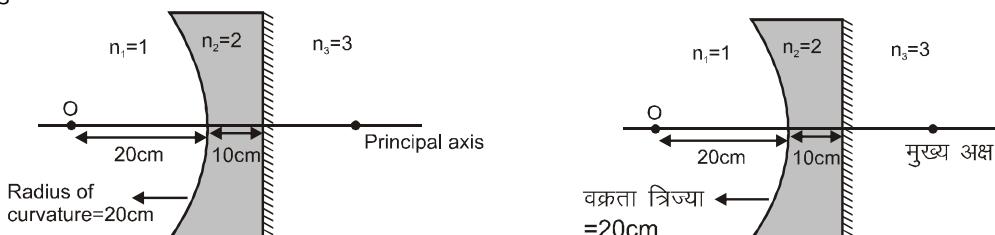
**Sol.**  $\vec{u}_1 = 30\hat{i}$        $\vec{v}_1 = 30\hat{i} - gt\hat{k}$   
 $\vec{u}_2 = 30\hat{j}$        $\vec{v}_2 = 30\hat{j} - gt\hat{k}$        $\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = v_1 v_2 \cos 60^\circ$

Solving this we get  $t = 3$

इसे हल करने पर हम प्राप्त करते हैं  $t = 3$

7. Final image of point object 'O' formed by the combination is located :

बिन्दु वस्तु 'O' के संयोजन द्वारा निर्मित अंतिम प्रतिबिंब की स्थिति होगी।



(A\*) On plane surface

- (B) at a distance 10cm from plane surface  
(C) at a distance 30cm from plane surface  
(D) at a distance 20cm from curved surface  
(E) at a distance 40cm from curved surface

(A\*) समतल पृष्ठ पर

(C) समतल पृष्ठ से 30cm दूरी पर

(E) वक्रीय पृष्ठ से 40cm दूरी पर

(B) समतल पृष्ठ से 10cm दूरी पर

(D) वक्रीय पृष्ठ से 20cm दूरी पर

**Sol.** 1st refraction at curved surface

वक्रीय पृष्ठ पर 1st अपवर्तन के लिए

$$v = -20 \text{ cm}$$

Reflection of mirror,

दर्पण द्वारा परावर्तन

$$u = -30$$

$$v = 30$$

2nd refraction at curved surface

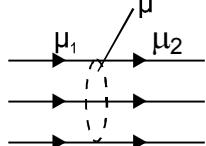
वक्रीय पृष्ठ पर 2nd अपवर्तन के लिए

$$v = -10 \text{ cm}$$

So, final image from on plane surface.

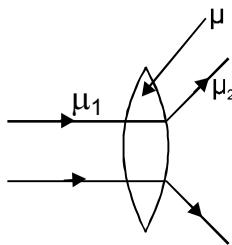
अतः अंतिम प्रतिबिंब समतल पृष्ठ पर बनेगा।

8. The correct conclusion that can be drawn from these figures is:  
निम्न चित्रों से निकलने वाला सही निष्कर्ष है:



- (A)  $\mu_1 < \mu$  but  $\mu < \mu_2$   
 (C\*)  $\mu_1 = \mu$  but  $\mu < \mu_2$

(A)  $\mu_1 < \mu$  किन्तु  $\mu < \mu_2$   
 (C\*)  $\mu_1 = \mu$  किन्तु  $\mu < \mu_2$

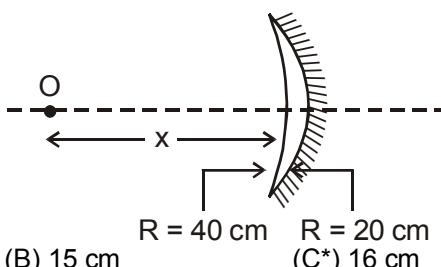


- (B)  $\mu_1 > \mu$  but  $\mu < \mu_2$   
 (D)  $\mu_1 = \mu$  but  $\mu_2 < \mu$

(B)  $\mu_1 > \mu$  किन्तु  $\mu < \mu_2$   
 (D)  $\mu_1 = \mu$  किन्तु  $\mu_2 < \mu$

9. Radii of curvature of a concavo-convex lens (refractive index = 1.5) are 40 cm (concave side) and 20 cm (convex side) as shown. The convex side is silvered. The distance  $x$  on the principal axis where an object is placed so that its image is created on the object itself, is equal to :

अवतलों-उत्तल लैन्स (अपर्वन्तनांक = 1.5) की वक्रता त्रिज्यायें दर्शाये अनुसार क्रमशः 40 समी.० (अवतल तरफ) तथा 20 समी० (उत्तल तरफ) हैं। उत्तल भाग को चाँदी से लेपित किया गया है। मुख्य-अक्ष पर वस्तु को x दूरी पर रखा गया है जिससे प्रतिबिम्ब, वस्तु पर ही बनता है। x का मान है –



- (A) 12 cm                          (B) 15 cm                          (C\*) 16 cm                          (D) 24 cm

$$\text{Sol. } \frac{1}{F_{\text{lens}}} = (1.5 - 1) \left[ \frac{1}{-40} - \frac{1}{-20} \right] = \frac{1}{80}$$

$$F_\ell = 80 \text{ cm}$$

$$F_m = -\frac{20}{2} = -10 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{F_{eq}} = \frac{1}{f_m} - \frac{2}{f_\ell} = \frac{1}{-10} - \frac{2}{80}$$

$$f_{eq} = -8 \text{ cm}$$

Hence object should be placed at  $x = 16$  cm, i.e. at the centre of curvature.

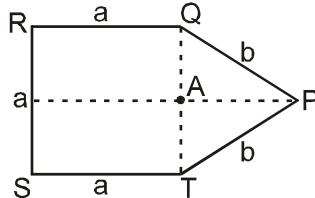
इसलिए प्रतिबिम्ब  $x = 16$  सेमी. पर अर्थात् वक्रता केन्द्र पर रखा जाना चाहिये।

- 10.** A ball impinges directly on a similar ball at rest. The first ball is brought to rest by the impact. If half the kinetic energy is lost by impact, what is the value of the coefficient of restitution?

एक गेंद विरामावस्था में स्थित अन्य एकसमान गेंद से टकराती है। टक्कर के पश्चात् पहली गेंद विरामावस्था पर आ जाती है। यदि टक्कर के दौरान गतिज ऊर्जा के आधे भाग की हानि होती है तो प्रत्यावस्थान गुणांक का मान क्या होगा ?

- (A)  $\frac{1}{2\sqrt{2}}$       (B)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$       (C\*)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$       (D)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

11. A homogeneous plate PQRST is as shown in figure. The centre of mass of plate lies at midpoint A of segment QT. Then the ratio of  $\frac{b}{a}$  is (PQ = PT = b; QR = RS = ST = a)  
 एक समांग प्लेट PQRST चित्रानुसार बतायी गई है। प्लेट का द्रव्यमान केन्द्र QT भाग के मध्य बिन्दु A पर है। तब अनुपात  $\frac{b}{a}$  है – (PQ = PT = b; QR = RS = ST = a)



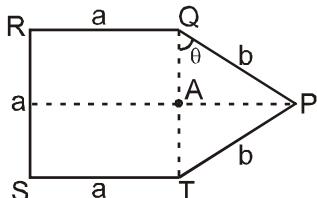
(A)  $\frac{13}{4}$

(B)  $\frac{13}{2}$

(C)  $\sqrt{\frac{13}{2}}$

(D\*)  $\sqrt{\frac{13}{4}}$

Sol.



If centre of mass is at A

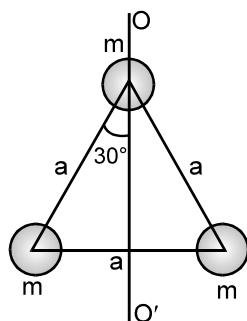
द्रव्यमान केन्द्र A पर है।

$$a^2 \sigma \frac{a}{2} = \sigma \frac{1}{2} ab \sin\theta \frac{1}{3} b \sin\theta$$

$$\text{or } \frac{b}{a} = \sqrt{\frac{13}{4}}$$

12. Three point masses are arranged as shown in the figure. Moment of inertia of the system about the axis O O' is : (passing through its plane)

तीन बिन्दु द्रव्यमान चित्रानुसार समायोजित करते हैं। अक्ष O O' के सापेक्ष निकाय का जड़त्व आघूर्ण है (उसके तल से गुजरते हुए) –



(A)  $2 m a^2$

(B\*)  $\frac{ma^2}{2}$

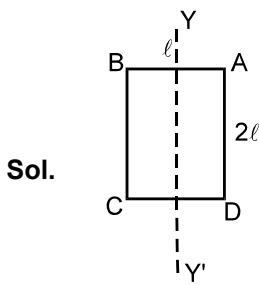
(C)  $m a^2$

(D) none of these इनमें से कोई नहीं

Sol.  $I = m(0) + m\left(\frac{a}{2}\right)^2 + m\left(\frac{a}{2}\right)^2$

$$I = \frac{ma^2}{2}$$

13. The moment of inertia of a door of mass  $m$ , length  $2\ell$  and width  $\ell$  about its longer side is  $m$  द्रव्यमान  $2\ell$  लम्बाई तथा  $\ell$  चौड़ाई के दरवाजे का बड़ी भुजा के परित: जड़त्व आघूर्ण होगा –
- (A)  $\frac{11m\ell^2}{24}$       (B)  $\frac{5m\ell^2}{24}$       (C\*)  $\frac{m\ell^2}{3}$       (D) none of these इनमें से कोई नहीं



Sol.

$$(C) I \text{ (about } YY') = \frac{m\ell^2}{12}$$

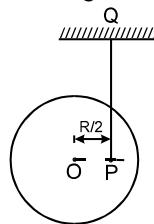
$$(C) I \text{ (YY' के परित:) } = \frac{m\ell^2}{12}$$

Using parallel axis theorem : (समान्तर अक्षों की प्रमेय से)

$$I \text{ (about AD)} \text{ AD के परित: } = \frac{m\ell^2}{12} + \frac{m\ell^2}{4} = \frac{m\ell^2}{3} \text{ Ans.}$$

14. A uniform disc of mass  $M$  and radius  $R$  is released from rest in the shown position. PQ is a string, OP is a horizontal line, O is the centre of the disc and distance OP is  $R/2$ . Then tension in the string just after the disc is released will be :

$M$  द्रव्यमान तथा  $R$  त्रिज्या की समरूप चकती को चित्रानुसार छोड़ा जाता है। PQ रस्सी है, OP क्षैतिज रेखा, O चकती का केन्द्र, तथा  $OP = R/2$  है, तो चकती को छोड़ने के तुरन्त बाद रस्सी में तनाव होगा।



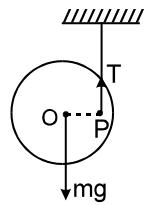
- (A)  $\frac{Mg}{2}$       (B)  $\frac{Mg}{3}$       (C\*)  $\frac{2Mg}{3}$       (D) none of these इनमें से कोई नहीं

Sol. [C]

Applying Newton's law on centre of mass O

$$Mg - T = ma \quad \{a = \text{acceleration of centre of mass}\}$$

$$\tau = I\alpha, \text{ about centre of mass}$$

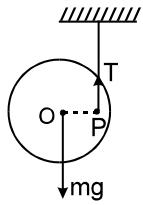


$$T \frac{R}{2} = \frac{MR^2}{2} \cdot \alpha$$

$$\text{Also } a = \frac{R}{2} \alpha$$

$$\text{from above equations } T = \frac{2mg}{3}$$

Hindi O द्रव्यमान केन्द्र पर न्यूटन के नियम लगाने पर



$$Mg - T = ma \quad \{a = \text{द्रव्यमान केन्द्र का त्वरण}\}$$

$\tau = I\alpha$  द्रव्यमान केन्द्र के परितः

$$T \frac{R}{2} = \frac{MR^2}{2} \cdot \alpha$$

$$\text{तथा } a = \frac{R}{2} \alpha$$

$$\text{ऊपर की समीकरण से } T = \frac{2mg}{3}$$

15. A uniform thin rod of mass 'm' and length L is held horizontally by two vertical strings attached to the two ends. One of the string is cut. Find the angular acceleration soon after it is cut :

एक m द्रव्यमान तथा L लम्बाई की छड़ को दो लम्बवत् डोरीयों द्वारा क्षैतिज लटकाया गया है। डोरी किनारों से बंधी है। यदि एक डोरी को काट दिया जाये तो डोरी टूटने के तुरन्त बाद कोणीय त्वरण होगा :

(A)  $\frac{g}{2L}$

(B)  $\frac{g}{L}$

(C\*)  $\frac{3g}{2L}$

(D)  $\frac{2g}{L}$

Sol. (C) Immediately after string connected to end B is cut, the rod has tendency to rotate about point A.

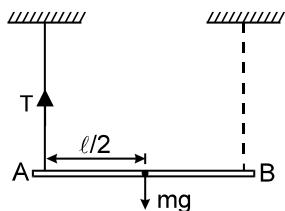
Torque on rod AB about axis passing through A and normal to plane of paper is

सिरे B की डोरी को तोड़ने के तुरन्त पश्चात् छड़ की पर प्रवृत्ति A सिरे के परितः घूर्णन गति की है। छड़ का A से पारित अक्ष के परितः तथा कागज के तल के लम्बवत् बल आघूर्ण है।

$$\frac{m\ell^2}{3} \alpha = mg \frac{\ell}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{3g}{2\ell}$$

Alternative

वैकल्पिक



Applying Newton's law on center of mass

न्यूटन का नियम केन्द्र पर लगाने पर

$$mg - T = ma \quad \dots\dots(i)$$

Writing  $\tau = I\alpha$  about center of mass

केन्द्र के परितः  $\tau = I\alpha$  लिखने पर

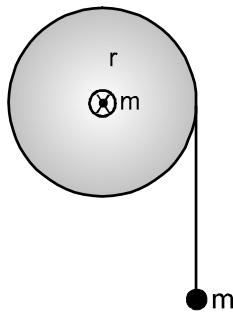
$$T \frac{\ell}{2} = \frac{m\ell^2}{12} \alpha \quad \dots\dots(ii)$$

$$\text{Also } a = \frac{\ell}{2} \alpha \quad \dots\dots(iii)$$

From (i), (ii) and (iii) समीकरण (i), (ii) व (iii) में

$$\alpha = \frac{3g}{2\ell}$$

16. A uniform disc of mass  $m$  and radius  $r$  and a point mass  $m$  are arranged as shown in the figure. The acceleration of point mass is: (Assume there is no slipping between pulley and thread and the disc can rotate smoothly about a fixed horizontal axis passing through its centre and perpendicular to its plane) द्रव्यमान  $m$  व त्रिज्या  $r$  की एक समरूप चकती और एक बिन्दु द्रव्यमान  $m$  चित्रानुसार व्यवस्थित है। बिन्दु द्रव्यमान का त्वरण है। (यह मानिए कि पुली व धागे के मध्य कोई फिसलन नहीं है एवं चकती इसके केन्द्र से पारित व इसके तल के लम्बवत् स्थिर क्षैतिज अक्ष के परितः बिना घर्षण के घूम सकती है।)



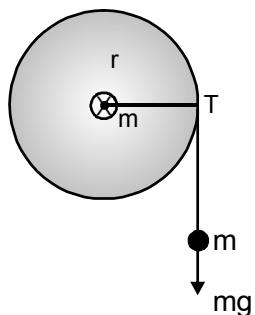
(A)  $\frac{g}{2}$

(B)  $\frac{g}{3}$

(C\*)  $\frac{2g}{3}$

(D) none of these इनमें से कोई नहीं

Sol.



Let  $a$  &  $\alpha$  be linear

माना  $a$  तथा  $\alpha$  क्रमशः चकती के रेखीय तथा कोणीय त्वरण हैं

and angular acceleration of disc respectively

$$a = r\alpha \quad \dots\dots\dots (i)$$

Torque about centre of disc

चकती के केन्द्र के परितः बल आघूर्ण

$$\tau = I\alpha$$

$$mgr = \left( \frac{1}{2}mr^2 + mr^2 \right) \alpha$$

$$mgr = \frac{3}{2}mr^2\alpha \quad \dots\dots\dots (ii)$$

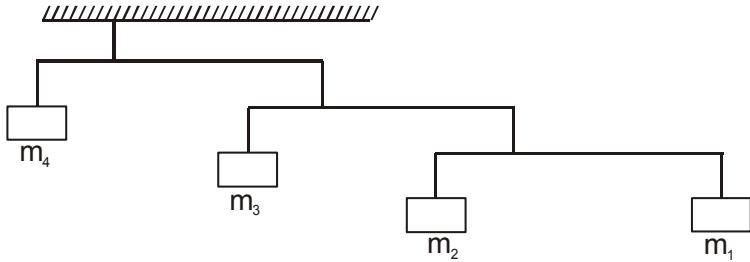
From eqn. (i) & (ii)

समीकरण (i) व (ii) से

$$mgr = \frac{3}{2}mr^2 \left( \frac{a}{r} \right)$$

$$\Rightarrow a = \frac{2g}{3}.$$

17. Figure shows an arrangement of masses hanging from a ceiling. In equilibrium, each rod is horizontal, has negligible mass and extends three times as far to the right of the wire supporting it as to the left. If mass  $m_4$  is 48 kg then mass  $m_1$  is equal to  
 चित्र में छत से लटके हुए द्रव्यमानों की व्यवस्था प्रदर्शित है। साम्यावस्था में प्रत्येक छड़ क्षेत्रिज है, इसका द्रव्यमान नगण्य है तथा तार से लटके हुए बिन्दु से दायां हिस्सा बायें हिस्से से तीन गुना ज्यादा है। यदि द्रव्यमान  $m_4$ , 48kg हो तो द्रव्यमान  $m_1$  बराबर होगा



- (A\*) 1 kg (B) 2 kg (C) 3 kg (D) 4 kg

**Sol.**  $m_2 g \cdot 1 = m_1 g \cdot 3 \rightarrow m_2 = 3m_1$   
 $\rightarrow 4m_1 g \cdot 3 = m_3 g \rightarrow m_3 = 12 m_1$   
 $\rightarrow 16 m_1 g \cdot 3 = m_4 g \rightarrow m_1 = \frac{48}{48} = 1 \text{ kg.}$

18. A uniform rod of mass  $6M$  and length  $6l$  is bent to make an equilateral hexagon. Its M.I. about an axis passing through the centre of mass and perpendicular to the plane of hexagon is:

एक  $6M$  द्रव्यमान तथा  $6l$  लम्बाई की एक समान छड़ को मोड़कर एक समष्टभुज बनाया जाता है। इसका द्रव्यमान केन्द्र से गुजरने वाली तथा षट्भुज के तल के लम्बवत् अक्ष के परितः जड़त्व आधूर्ण है।

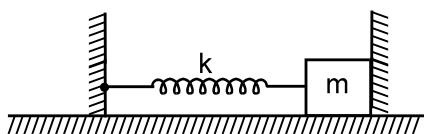
- (A\*)  $5ml^2$  (B)  $6ml^2$  (C)  $4ml^2$  (D)  $ml^2/12$

19. A spring block system is placed on a horizontal surface so as to just fit within two vertical walls. The spring is initially unstretched. The coefficient of restitution for collision is  $e = \frac{1}{2}$ . The block is pulled to the left by a distance  $x = 1\text{cm}$  and released from rest. The time between second and third collision of the block with the wall is

एक स्प्रिंग ब्लॉक निकाय क्षैतिज धरातल पर इस प्रकार रखा है कि यह दो उर्ध्व दीवारों के मध्य कसा हुआ रहता है।

प्रारम्भ में चित्रानुसार स्प्रिंग में कोई खिंचाव नहीं है। टक्करों के लिए प्रत्यावस्थानन गुणांक  $e = \frac{1}{2}$  है। ब्लॉक को बांयी

आरे  $x = 1$  सेमी. की दूरी तक खींचा जाता है फिर रिस्थावस्था से छोड़ दिया जाता है। दीवार के साथ ब्लॉक की दूसरे तथा तीसरी टक्कर के मध्य लगा समय होगा—



- (A)  $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  (B\*)  $\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  (C)  $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$  (D)  $\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{m}{k}}$

- Sol.** Time period is independent of amplitude in SHM. Hence the time between 2nd and 3rd collision is  $\frac{T}{2}$  where

सरल आवर्त गति में आवर्तकाल आयाम से स्वतंत्र है। अतः दूसरी तथा तीसरी टक्कर के बीच समय  $\frac{T}{2}$  है जहाँ

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

- ∴ Time between 2nd and 3rd collision is  
 दूसरी तथा तीसरी टक्कर के बीच का समय है

$$t = \frac{T}{2} = \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



**DPP No. : B30 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 42**

**Max. Time : 30 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.2

(3 marks, 2 min.) [06, 04]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.3 to Q.7

(4 marks 2 min.) [20, 10]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.8 to Q.9

(4 marks 5 min.) [08, 10]

Match the Following (no negative marking) Q.10

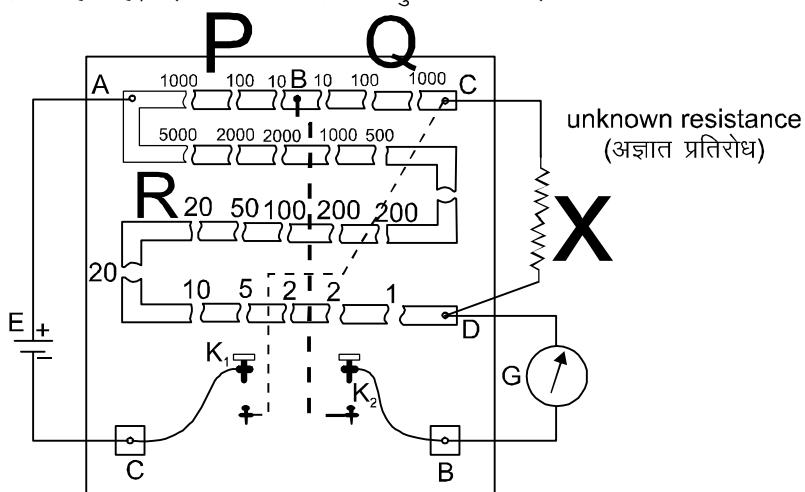
(8 marks, 6 min.) [08, 06]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B30**

- |   |                |  |   |              |
|---|----------------|--|---|--------------|
| 1. (B)  | 2. (A)         | 3. (A) (B)(C) (D)  | 4. (B) (C) (D)  | 5. (A)(B)(C) |
| 6. (A)(B) (D)                                   | 7. (A) (B) (C) | 8. $i = \frac{\varepsilon}{2R} \left( 1 - e^{-\frac{2t}{3RC}} \right)$ | 9. $E = \frac{(\pi+3)}{24} \frac{\mu\omega^2 A^2}{K}$ |              |
| 10. (A) p,q,s (B) p,q,r,s, (C) p,q,s (D) p,q,r, |                |  |   |              |

1. In the post office box circuit,  $10\Omega$  plug is taken out in arm AB and  $100\Omega$  plug is taken out in arm BC. If the unknown resistor is kept in melting ice chamber,  $600\Omega$  resistance is required in arm AD for zero deflection in galvanometer. Now if the unknown resistor is kept at  $100^\circ C$  ( steam chamber),  $630\Omega$  resistance is required in arm AD for zero deflection. Temperature coefficient of resistance of the unknown wire is :

पोस्ट ऑफिस बॉक्स परिपथ में, भुजा AB से  $10\Omega$  की कुंजी तथा भुजा BC से  $100\Omega$  की कुंजी बाहर निकाली जाती है। यदि एक अज्ञात प्रतिरोध को पिघलते हुए कक्ष में रखा जाता है तथा गेल्वेनोमीटर में शून्य विक्षेप के लिये भुजा AD में  $600\Omega$  के प्रतिरोध की आवश्यकता है। यदि अब अज्ञात प्रतिरोध को  $100^\circ C$  पर (भाप कक्ष) रखा जाता है। तब, शून्य विक्षेप के लिये भुजा AD में  $630\Omega$  प्रतिरोध की आवश्यकता होती है। अज्ञात तार का प्रतिरोध ताप गुणांक का मान ज्ञात करो –



- (A)  $2.5 \times 10^{-4} / C^\circ$       (B\*)  $5 \times 10^{-4} / C^\circ$       (C)  $7.5 \times 10^{-4} / C^\circ$       (D)  $8 \times 10^{-4} / C^\circ$

$$\text{Sol. } \frac{P}{Q} = \frac{R}{X} \Rightarrow \frac{10}{100} = \frac{600}{X}$$

$$X = 6000 \Omega$$

For second case द्वितीय स्थिति के लिए

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X} \Rightarrow \frac{10}{100} = \frac{630}{X} \Rightarrow X = 6300 \Omega$$

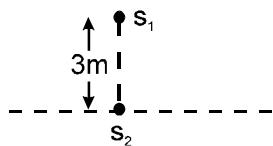
$$R_f = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$6300 = 6000 (1 + \alpha (100))$$

$$\alpha = 5 \times 10^{-4} / \text{C}^\circ$$

2.  $S_1$  &  $S_2$  are two coherent sources of sound having no initial phase difference. The velocity of sound is 330 m/s. No minima will be formed on the line passing through  $S_2$  and perpendicular to the line joining  $S_1$  and  $S_2$ , if the frequency of both the sources is :

$S_1$  तथा  $S_2$  ध्वनि के दो कलाबद्ध स्रोत हैं जिनके बीच प्रारम्भिक कलान्तर शून्य है। ध्वनि का वेग 330 m/s है। यदि  $S_2$  से गुजरने वाली तथा  $S_1$  एवं  $S_2$  को मिलाने वाली रेखा के लम्बवत् रेखा पर कोई भी निम्निष्ठ न बने, तो दोनों स्रोतों की आवृत्ति होगी :



(A\*) 50 Hz

(B) 60 Hz

(C) 70 Hz

(D) 80 Hz

Sol. For minimum,

$$\Delta x = (2n - 1) \frac{\lambda}{2}$$

The maximum possible path difference = distance between the sources = 3m.

For no minimum

$$\frac{\lambda}{2} > 3$$

$$\lambda > 6$$

$$\therefore f = \frac{V}{\lambda} < \frac{330}{6} = 55$$

∴ If  $f < 55$  Hz, no minimum will occur.

3. At displacement nodes in sound wave : ध्वनि तरंग के लिए विस्थापन निस्पन्द पर होगा –

(A\*) Displacement amplitude is minimum (B\*) Pressure amplitude is maximum

(C\*) Sound intensity is maximum (D\*) Particle speed is minimum

(A\*) विस्थापन का आयाम न्यूनतम (B\*) दाब का आयाम अधिकतम

(C\*) ध्वनि की तीव्रता अधिकतम होगी। (D\*) कण की चाल न्यूनतम होगी।

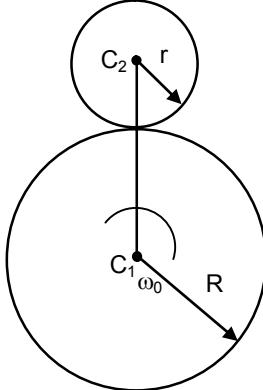
- Sol. At mode amplitude is zero. There is phase difference of  $\pi/2$  between displacement and pressure wave equation. Node is equilibrium position of particle having maximum speed and maximum intensity.

4. Consider a fixed wheel of radius R. A small wheel (in the form of a uniform solid disc) of radius r is performing pure rolling on periphery of bigger wheel. Centers of bigger wheel and smaller wheel are joined by rigid rod such that smaller wheel can rotate freely w.r.t its centre. Rod joining the centers is rotating with constant angular velocity  $\omega_0$ . Whole situation is shown in figure.

Choose the correct option(s) : (Use  $R = 4r$ )

R त्रिज्या के एक स्थिर परिधी पर विचार करते हैं। r त्रिज्या का एक छोटा पहिया (एक समान रूप से ठोस चकती के रूप में) बड़े पहिये की परिधी पर शुद्ध लोटनी गति कर रहा है। बड़े पहिये तथा छोटे पहिये का केन्द्र एक दृढ़ छड़ द्वारा इस प्रकार जोड़ा गया है कि छोटा पहिया इसके केन्द्र के सापेक्ष स्वतन्त्रतापूर्वक घूर्णन कर सकता है। केन्द्रों को जोड़ने वाली छड़ नियत कोणीय वेग  $\omega_0$  से घूर्णन कर रही है। सम्पूर्ण स्थिती चित्र में प्रदर्शित है।

सही विकल्प/विकल्पों का चयन कीजिए। ( $R = 4r$  का उपयोग करें।)



(A) Angular velocity of smaller wheel is  $\omega_0$

(B\*) Angular velocity of smaller wheel is  $5\omega_0$

(C\*) Kinetic energy of smaller wheel is  $\frac{75}{4}mr^2\omega_0^2$ , where m is the mass of the smaller disc.

(D\*) Radius of curvature of the path of the particle which is lying on the circumference of smaller wheel and at farthest distance from centre of bigger wheel is  $\frac{10r}{3}$

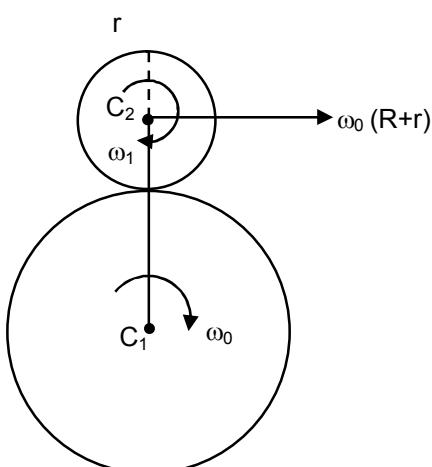
(A) छोटे पहिये का कोणीय वेग  $\omega_0$  है।

(B\*) छोटे पहिये का कोणीय वेग  $5\omega_0$  है।

(C\*) छोटे पहिये की गतिज ऊर्जा  $\frac{75}{4}mr^2\omega_0^2$ , है। जहाँ m छोटे पहिये का द्रव्यमान है।

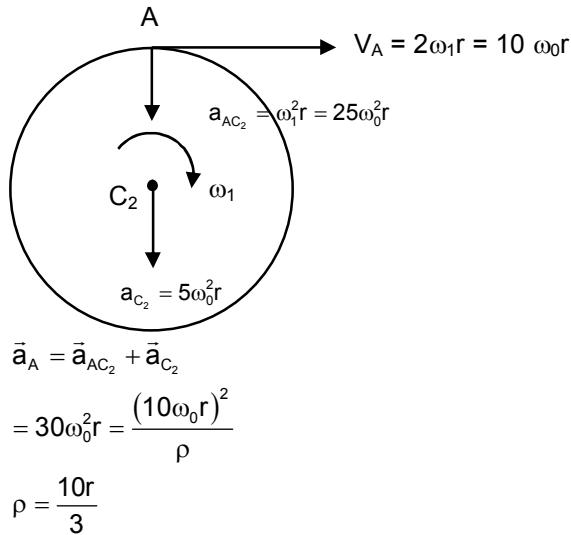
(D\*) छोटे पहिये की परिधी पर स्थित कण जो बड़े पहिये के केन्द्र से अधिकतम दूरी पर है, की वक्रता त्रिज्या  $\frac{10r}{3}$  है।

**Sol.**



$$\omega, r = \omega_0(R+r) \Rightarrow \omega_1 = 5\omega_0$$

$$K.E. = \frac{1}{2}m(\omega_0(R+r)^2) + \frac{1}{2}\left(\frac{mr^2}{2}\right)\omega_1^2 = \frac{75}{4}mr^2\omega_0^2$$



## COMPREHENSION

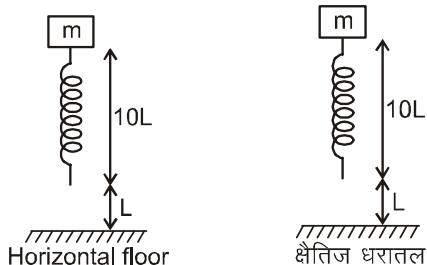
A small block of mass  $m$  is fixed at upper end of a massless vertical spring of spring constant  $K = \frac{4mg}{L}$

and natural length '10L'. The lower end of spring is free and is at a height  $L$  from fixed horizontal floor as shown. The spring is initially unstressed and the spring-block system is released from rest in the shown position.

एक छोटा ब्लॉक जिसका द्रव्यमान  $m$  है इसको एक भारहीन ऊर्ध्वाधर स्प्रिंग के ऊपरी सिरे पर स्थिर (fixed) कर देते हैं।

स्प्रिंग का स्प्रिंग नियतांक  $K = \frac{4mg}{L}$  है तथा प्राकृतिक लम्बाई '10L' है स्प्रिंग का निचला सिरा मुक्त है तथा स्थिर क्षेत्रज

तल से चित्रानुसार  $L$  ऊँचाई पर है। स्प्रिंग प्रारम्भ में बिना खींची हुई है तथा स्प्रिंग ब्लॉक निकाय को विराम से चित्रानुसार दी गई स्थिति से मुक्त किया जाता है।



5. Choose the correct option(s) :

सही कथनों का चयन कीजिये।

(A\*) At the instant speed of block is maximum, the magnitude of force exerted by spring on the block is  $mg$ .

(B\*) As the block is coming down, the maximum speed attained by the block is  $\frac{3}{2}\sqrt{gL}$

(C\*) Till the block reaches its lowest position for the first time, the time duration for which the spring remains compressed is  $\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{L}{g}} + \sqrt{\frac{L}{4g}} \sin^{-1} \frac{1}{3}$

(D) None of these

(A\*) जिस क्षण पर ब्लॉक की चाल अधिकतम होगी उस क्षण पर स्प्रिंग द्वारा ब्लॉक पर आरोपित बल का परिमाण  $mg$  होगा।

(B\*) जब ब्लॉक नीचे आ रहा है तो इसके द्वारा प्राप्त अधिकतम चाल  $\frac{3}{2}\sqrt{gL}$  होगी।

(C\*) ब्लॉक के पहली बार निम्नतम स्थिति तक पहुँचने तक स्प्रिंग समयांतराल  $\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{L}{g}} + \sqrt{\frac{L}{4g}} \sin^{-1} \frac{1}{3}$  तक संपीड़ित रहती है।

(D) इनमें से कोई नहीं

**Sol.**

(A) When speed of block is maximum, net force on block is zero. Hence at that instant spring exerts a force of magnitude ' $mg$ ' on block.

जब ब्लॉक की चाल अधिकतम है ब्लॉक पर परिणामी बल शून्य है अतः उस क्षण स्प्रिंग ब्लॉक पर  $mg$  परिमाण का बल लगायेगा।

(B) At the instant block is in equilibrium position, its speed is maximum and compression in spring is  $x$  given by  $kx = mg$  ....(A)

From conservation of energy

ब्लॉक के साम्यवस्था के क्षण, ब्लॉक की चाल अधिकतम होगी तथा उस क्षण स्प्रिंग में संपीड़न  $x$  के लिए

$$kx = mg \quad \dots(A)$$

$$\text{ऊर्जा संरक्षण से } mg(L+x) = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \quad \dots(B)$$

$$\text{from (A) and (B) we get } v_{\max} = \frac{3}{2}\sqrt{gL}. \quad (\text{A) व (B) से } v_{\max} = \frac{3}{2}\sqrt{gL}.$$

$$(C) V_{\max} = \frac{3}{2}\sqrt{gL} \text{ and } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 2\sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$\therefore A = \frac{V_{\max}}{\omega} = \frac{3}{4}L$$

Hence time taken  $t$ , from start of compression till block reaches mean position is given by  
इसलिये संपीड़न के प्रारम्भ से ब्लॉक द्वारा माध्य स्थिति तक पहुँचने में लिया गया समय  $t$  दिया जा सकता है,

$$x = A \sin \omega t \text{ where जहाँ } x = \frac{L}{4}$$

$$\therefore t_0 = \sqrt{\frac{L}{4g}} \sin^{-1} \frac{1}{3}$$

$$\text{Time taken by block to reach from mean position to bottom most position is } \frac{2\pi}{4\omega} = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\text{Hence the required time} = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{L}{g}} + \sqrt{\frac{L}{4g}} \sin^{-1} \frac{1}{3}$$

$$\text{ब्लॉक द्वारा माध्य स्थिति से सबसे निचली स्थिति तक पहुँचने में लिया गया समय } \frac{2\pi}{4\omega} = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$\text{इसलिये आवश्यक समय} = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{L}{g}} + \sqrt{\frac{L}{4g}} \sin^{-1} \frac{1}{3}$$

6. When free end of spring just touches the ground, the velocity of the block at that instant is 'v'. then which of the following is (are) true :

जब स्प्रिंग का मुक्त सिरा ठीक तल को छूता है, ब्लॉक का वेग उस क्षण पर 'v' है तब निम्न में से कौनसा/कौनसे विकल्प सही हैं:

(A\*) The magnitude of velocity 'v' is  $\sqrt{2gL}$ .

(B\*) Block will regain the velocity of magnitude 'v', when compression in spring is  $\frac{L}{2}$

(C) Block will reach the velocity of magnitude 'v', twice in a cycle.

(D\*) Block will reach the velocity of magnitude 'v', four times in a cycle.

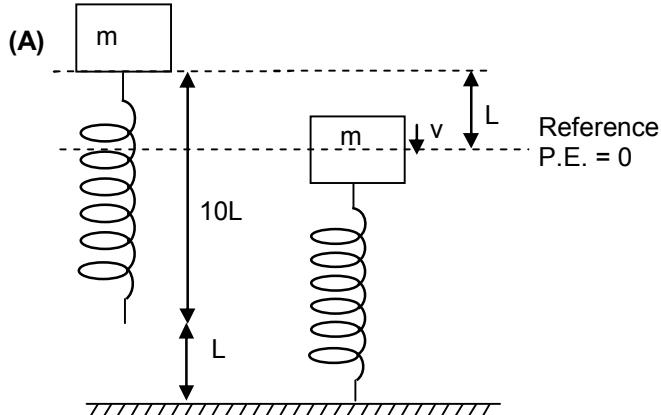
(A\*) वेग 'v' का परिमाण  $\sqrt{2gL}$  है।

(B\*) ब्लॉक, वेग का परिमाण 'v' वापिस प्राप्त करेगा जब स्प्रिंग में संकुचन  $\frac{L}{2}$  है।

(C) ब्लॉक एक चक्कर में दो बार वेग का परिमाण 'v' प्राप्त करेगा

(D\*) ब्लॉक एक चक्कर में चार बार वेग का परिमाण 'v' प्राप्त करता है।

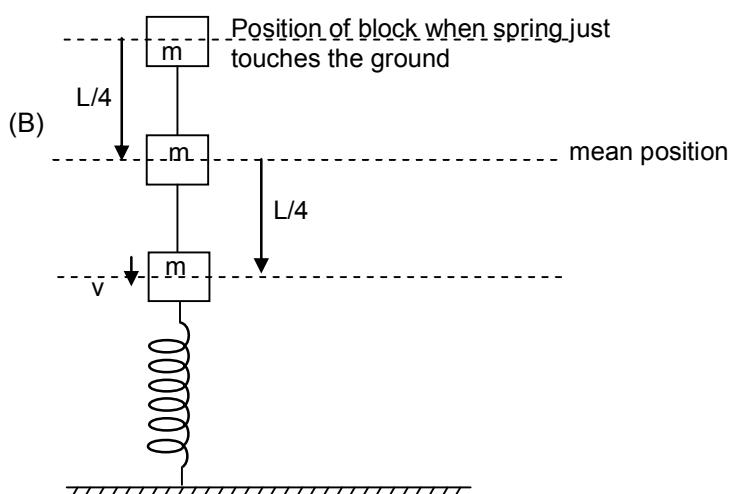
Sol.



Position of block when spring just towards the ground  
By energy conservation :

$$mgL = \frac{1}{2}mv^2$$

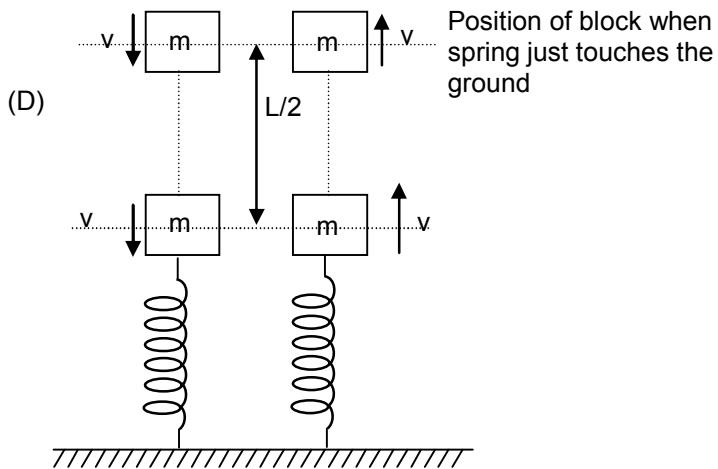
$$v = \sqrt{2gL}$$



Initially when free end of spring just touches the ground, the block is at a distance of  $\frac{L}{4}$  from equilibrium position.

So block will regain the same magnitude of velocity at the same distance  $\left(\frac{L}{4}\right)$  from equilibrium position in the opposite side.

$$\text{So total compression in the spring is } \frac{L}{4} + \frac{L}{4} = \frac{L}{2}$$



Block will have a same magnitude of velocity 'v', four times in a cycle.

7. When spring just touches the ground, take that instant as  $t = 0$  and velocity of block at that instant as  $v$ . Then the time 't' at which block will have the same magnitude of velocity 'v' is(are) given by :  
जब स्प्रिंग ठीक तल को छूती है तो उस क्षण को  $t = 0$  लें तथा ब्लॉक का वेग उस क्षण पर  $v$  लें। तब वह समय 't' क्या होगा जिस पर ब्लॉक के वेग का परिमाण 'v' के समान होगा:

Given दिया है:

(A) At time instant  $t_0$ , block first time reaches its mean position.

$t_0$  समय पर ब्लॉक इसकी माध्य स्थिति पर पहली बार पहुँचता है।

(B)  $T$  = time period of S.H.M. सरल आवर्त गति का आवर्तकाल

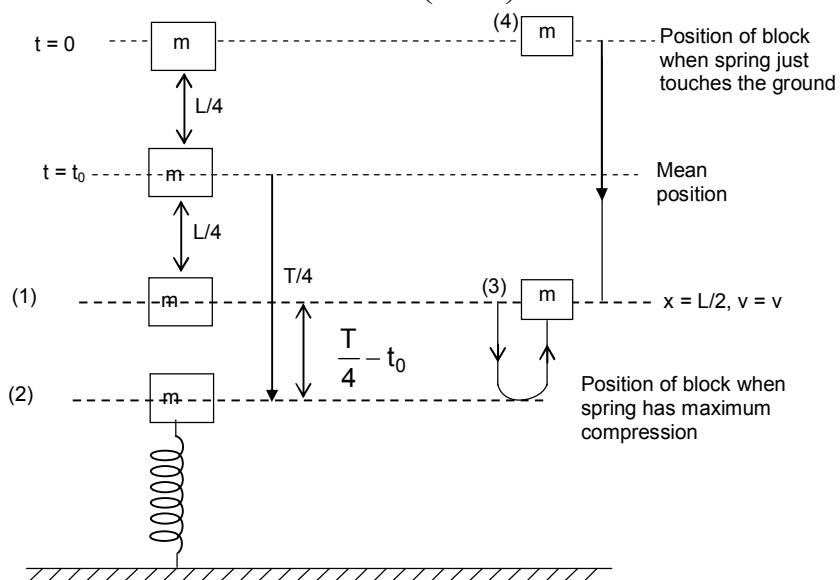
$$(A^*) t = 2t_0, \quad (B^*) t = \frac{T}{2} \quad (C^*) t = \frac{T}{2} + 2t_0 \quad (D) t = \frac{T}{2} - t_0$$

**Sol.** Block will have velocity of magnitude 'v' at position (A), (C), (D)

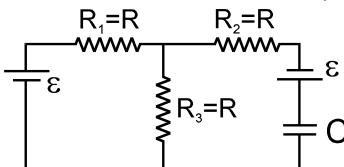
(A) for position (A), time  $t = t_0 + t_0 = 2t_0$

$$(B) \text{ for position (C), time } t = 2t_0 + \left(\frac{T}{4} - t_0\right) + \left(\frac{T}{4} - t_0\right) = \frac{T}{2}$$

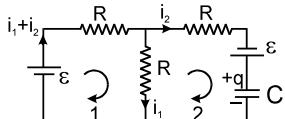
$$(C) \text{ for position (D), time } t = 2t_0 + 2\left(\frac{T}{4} - t_0\right) + 2t_0 = \frac{T}{2} + 2t_0$$



8. In the figure shown the capacitor is initially uncharged. Find the current in  $R_3$  ( $= R$ ) at time 't'.  
दिखाये गये चित्र में प्रारम्भ में संधारित्र अनावेशित है। समय 't' पर  $R_3$  ( $= R$ ) प्रतिरोध में धारा का मान बताइये।



Sol.



Applying Kirchoff's law in Loop 1  
लूप 1 में किरचॉफ का नियम लगाने पर

$$\varepsilon - (i_1 + i_2)R - i_1 R = 0 \quad \dots(A)$$

Loop 2 लूप 2

$$-i_2 R + \varepsilon - \frac{q}{C} + i_1 R = 0 \quad \dots(B)$$

eliminating  $i_1$  from (A) and (B)

(A) तथा (B) से  $i_1$  को हटाने पर

$$\varepsilon - \frac{q}{C} - i_2 R + \frac{\varepsilon - i_2 R}{2} = 0 \quad \text{or या} \quad \frac{3\varepsilon}{2} - \frac{q}{C} - \frac{3}{2} i_2 R = 0$$

$$i_2 = \frac{dq}{dt}$$

$$\Rightarrow \frac{3C\varepsilon - 2q}{2C} = \frac{3}{2} R \frac{dq}{dt} \quad \text{or या} \quad \int_0^q \frac{dq}{3C\varepsilon - 2q} = \int_0^t \frac{dt}{3RC}$$

$$\text{or या} \quad -\frac{1}{2} \ln\left(\frac{3C\varepsilon - 2q}{3C\varepsilon}\right) = \frac{t}{3RC} \quad \text{or या} \quad 1 - \frac{2q}{3C\varepsilon} = e^{-\frac{2t}{3RC}}$$

$$\Rightarrow q = \frac{3C\varepsilon}{2} \left(1 - e^{-\frac{2t}{3RC}}\right) \quad i_2 = \frac{dq}{dt} = \left(\frac{\varepsilon}{R}\right) e^{-\frac{2t}{3RC}}$$

$$\text{from (A) से, } i_1 = \frac{\varepsilon - i_2 R}{2R} = \frac{\varepsilon}{2R} \left(1 - e^{-\frac{2t}{3RC}}\right) \quad \text{Ans. } i = \frac{\varepsilon}{2R} \left(1 - e^{-\frac{2t}{3RC}}\right)$$

9. The equation of a travelling wave in a uniform string of mass per unit length  $\mu$  is given as  $y = A \sin(\omega t - kx)$ . Find the total energy transferred through the origin in time interval from  $t = 0$  to  $t = \frac{\pi}{12\omega}$ . [You can use the formula of instantaneous power if you know]

प्रति एकांक लम्बाई द्रव्यमान  $\mu$  की एक समान डोरी में संचरित तरंग की समीकण  $y = A \sin(\omega t - kx)$  द्वारा दी जाती है।  $|t = 0$  से  $t = \frac{\pi}{12\omega}$  समय अन्तराल में मूल बिन्दु से स्थानान्तरित कुल ऊर्जा ज्ञात करें। (आप तात्कालिक शक्ति के सूत्र का उपयोग कर सकते हैं यदि आप जानते हैं।)

**Sol.** The instantaneous power through any point of the string is

रस्सी के किसी बिन्दु से गुजरने वाली ताक्षणिक शक्ति है

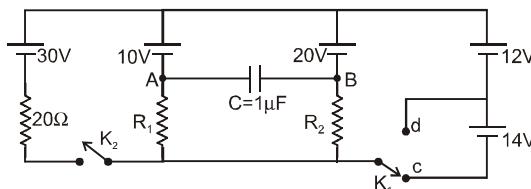
$$p = 4\pi^2 f^2 A^2 \mu V \cos^2(\omega t - Kx)$$

$$\text{At } x = 0, p = 4\pi^2 f^2 A^2 \mu V \cos^2 \omega t$$

$$\begin{aligned} \text{Total energy transferred} &= \int_{t=0}^{\pi/12\omega} pdt = 4\pi^2 f^2 A^2 \mu V \int_0^{\pi/12\omega} \cos^2 \omega t dt \\ &= 4\pi^2 f^2 A^2 \mu V \int_0^{\pi/12\omega} \frac{1 + \cos 2\omega t}{2} dt = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu V \left[ t + \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right]_0^{\pi/12\omega} \\ &= 2\pi^2 f^2 A^2 \mu V \left[ \frac{\pi}{12\omega} + \frac{1}{2\omega} \left( \sin 2\omega \cdot \frac{\pi}{12\omega} \right) \right] = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu V \left[ \frac{\pi}{12\omega} + \frac{1}{2\omega} \cdot \frac{1}{2} \right] \\ &= 2\pi^2 \frac{\omega^2}{4\pi^2} A^2 \frac{\omega}{K} \mu V \left[ \frac{\pi+3}{12\omega} \right] \\ \mathbf{E} &= \frac{(\pi+3)}{24} \frac{\mu\omega^2 A^2}{K} \quad \text{Ans.} \end{aligned}$$

**10.** A circuit involving five ideal cells, three resistors ( $R_1$ ,  $R_2$  and  $20\Omega$ ) and a capacitor of capacitance  $C = 1 \mu F$  is shown. Match the conditions in column-I with results given in column-II.

विद्युत वाहक बल के पाँच आदर्श सेल, तीन प्रतिरोध ( $R_1$ ,  $R_2$  तथा  $20\Omega$ ) तथा धारिता  $C = 1 \mu F$  का एक संधारित्र एक परिपथ में चित्रानुसार जुड़े हुये हैं। स्तम्भ-I में स्थितियों को स्तम्भ-II में दी गई स्थितियों से सुमेलित कीजिए।



#### Column-I

- (A)  $K_2$  is open and  $K_1$  is in position C
- (B)  $K_2$  is open and  $K_1$  is in position D
- (C)  $K_2$  is closed and  $K_1$  is in position C
- (D)  $K_2$  is closed and  $K_1$  is in position D

#### स्तम्भ-I

- (A)  $K_2$  खुली है व  $K_1$  स्थिति C पर है
- (B)  $K_2$  खुली है व  $K_1$  स्थिति D पर है
- (C)  $K_2$  बन्द (चालू) है व  $K_1$  स्थिति C पर है
- (D)  $K_2$  बन्द (चालू) है व  $K_1$  स्थिति D पर है

**Ans.** (A) p,q,s (B) p,q,r,s, (C) p,q,s (D) p,q,r,s

**Sol:** The state of key  $K_2$  has no effect on current through  $R_1$  and  $R_2$  as well has no effect on charge in the capacitor. Also position of key  $K_1$  has no effect on potential difference between points A and B, that is  $V_A - V_B = 10$  volts under all conditions. Hence charge on capacitor under all cases is  $10\mu C$ .

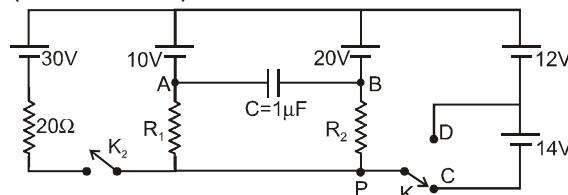
कुंजी  $K_2$  की अवस्था का  $R_1$  तथा  $R_2$  से जाने वाली धारा पर कोई प्रभाव नहीं होगा, साथ ही साथ संधारित्र पर आवेश पर भी कोई प्रभाव नहीं होगा। कुंजी  $K_1$  की स्थिति का भी बिन्दुओं A तथा B के बीच विभवान्तर पर कोई प्रभाव नहीं होगा, जो कि है  $V_A - V_B = 10$  volts (सभी स्थितियों में) इसलिये संधारित्र पर आवेश सभी स्थितियों में  $10\mu C$  है।

#### Column-II

- (p) Potential at point A is greater than potential at B
- (q) Current through  $R_1$  is downward
- (r) Current through  $R_2$  is upward
- (s) Charge on capacitor is  $10\mu C$ .

#### स्तम्भ-II

- (p) बिन्दु B की तुलना में A पर विभव अधिक है।
- (q)  $R_1$  के द्वारा धारा नीचे की ओर है।
- (r)  $R_2$  के द्वारा धारा ऊपर की ओर है।
- (s) संधारित्र पर आवेश  $10\mu C$  है।



Assume the potential at point P to be zero,

When Key  $K_1$  is in position C:  $V_A = 16$  Volt and  $V_B = 6$  volts. Hence current in both  $R_1$  and  $R_2$  will flow downwards.

When Key  $K_1$  is in position D:  $V_A = 2$  Volt and  $V_B = -8$  volts. Hence current through  $R_1$  will flow downwards and through  $R_2$  will flow upwards.

माना बिन्दु P पर विभव शून्य है।

जब कुंजी K<sub>1</sub> स्थिति C में है : V<sub>A</sub> = 16 Volt तथा V<sub>B</sub> = 6 volts इसलिये दोनों R<sub>1</sub> तथा R<sub>2</sub> में धारा नीचे की ओर प्रवाहित होगी।

जब कुंजी K<sub>1</sub> स्थिति D में है : V<sub>A</sub> = 2 Volt तथा V<sub>B</sub> = - 8 volts इसलिये R<sub>1</sub> में धारा नीचे की ओर होगी तथा R<sub>2</sub> में धारा ऊपर की ओर होगी।



**DPP No. : B31 (JEE-Advanced)**

**Total Marks : 38**

**Max. Time : 27 min.**

Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.3

(3 marks, 2 min.) [09, 06]

One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.4 to Q.5

(4 marks 2 min.) [08, 04]

Comprehension ('-1' negative marking) Q.6 to Q.8

(3 marks 2 min.) [09, 06]

Subjective Questions ('-1' negative marking) Q.9

(4 marks 5 min.) [04, 05]

Match the Following (no negative marking) Q.10

(8 marks, 6 min.) [08, 06]

**ANSWER KEY OF DPP NO. : B31**

|        |        |        |            |                |        |
|--------|--------|--------|------------|----------------|--------|
| 1. (D) | 2. (D) | 3. (D) | 4. (A) (B) | 5. (A) (B) (C) | 6. (A) |
| 7. (B) | 8. (D) | 9. 5   | 10. (B)    |                |        |

1. In an experiment the angles are required to be measured using an instrument. 29 divisions of the main scale exactly coincide with the 30 divisions of the vernier scale. If the smallest division of the main scale is half-a-degree ( $0.5^\circ$ ), then the least count of the instrument is: **[AIEEE-2009, 4/144]**

(A) half minute      (B) one degree      (C) half degree      (D\*) one minute

एक प्रयोग में एक उपकरण द्वारा कोण मापने की आवश्यकता होती है। इस उपकरण में मुख्य पैमाने के 29 भाग वर्तियर पैमाने के 30 भागों के यथातथ संपाती है। यदि मुख्य पैमाने का लघुतम भाग आधे अंश ( $0.5^\circ$ ) के बराबर है, तब इस उपकरण का अल्पतमांक है :

(A) आधा मिनट      (B) एक अंश      (C) आधा अंश      (D\*) एक मिनट

**Sol.** 29 division of main scale coincides with 30 divisions of vernier scale

$$\text{Hence one division of vernier scale} = \frac{29}{30} \text{ of main scale} = \frac{29}{30} \times 0.5^\circ$$

$$\text{So least count} = 1 \text{ MSD} - 1 \text{ VSD} = 0.5^\circ - \frac{29}{30} \times 0.5^\circ = \frac{1}{30} \times 0.5^\circ = \frac{1}{30} \times 0.5 \times 60 \text{ min} = 1 \text{ min.}$$

**Sol.** मुख्य पैमाने का 29 भाग वर्तियर पैमाने के 30 भाग पर सम्पाती है।

$$\text{अतः वर्तियर पैमाने का एक भाग} = \frac{29}{30} \text{ मुख्य पैमाने का} = \frac{29}{30} \times 0.5^\circ$$

$$\text{अतः अल्पतमांक} = 1 \text{ MSD} - 1 \text{ VSD} = 0.5^\circ - \frac{29}{30} \times 0.5^\circ = \frac{1}{30} \times 0.5^\circ = \frac{1}{30} \times 0.5 \times 60 \text{ min} = 1 \text{ min.}$$

2. In an optics experiment, with the position of the object fixed, a student varies the position of the convex lens and for each position, the screen is adjusted to get a clear image of the object. A graph between the object distance  $u$  and the image distance  $v$ , from the lens, is plotted using the same scale for the two axes. A straight line passing through the origin and making an angle of  $45^\circ$  with the x-axis meets the experimental curve at P. The coordinates of P will be:

एक प्रकाशिक के प्रयोग में, एक वस्तु की स्थिति को स्थिर रखते हुए एक विद्यार्थी एक उत्तल लेंस की स्थिति में परिवर्तन करता है और प्रत्येक अवस्था के लिए वस्तु के स्पष्ट प्रतिबिम्ब हेतु पर्दे को व्यवस्थित करता है। लेन्स से वस्तु दूरी  $u$  और प्रतिबिम्ब दूरी  $v$  के बीच ग्राफ दोनों अक्षों पर एक समान रैखिक लेकर आरेखित किया जाता है। मूल बिन्दु से गुजरने वाली सरल रेखा, जो कि x-अक्ष से  $45^\circ$  कोण बनाती है, प्रायोगिक वक्र से P पर मिलती है : P के निदेशांक हैं :

**[AIEEE-2009, 4/144]**

- (A)  $\left(\frac{f}{2}, \frac{f}{2}\right)$       (B) (f, f)      (C) (4f, 4f)      (D\*) (2f, 2f)

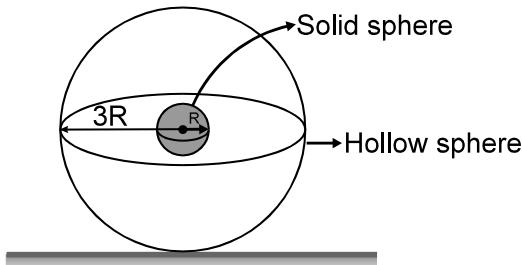
**Sol.**  $V = u$  and तथा  $\frac{1}{V} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

$$\frac{2}{V} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow V = 2f, u = 2f$$

3. A solid ball of mass  $m$  and radius  $R$  is released from the position shown in a large hollow fixed shell of same mass  $m$  and radius  $3R$  as shown in figure. The displacement of the centre of mass of the system from its initial position when the solid ball touches the lower surface of the hollow shell is : (centres of both the spheres coincide initially) :

एक  $R$  त्रिज्या तथा  $m$  द्रव्यमान की ठोस गेंद चित्रानुसार दिखाई गई स्थिति से स्थिर (fixed)  $m$  द्रव्यमान तथा  $3R$  त्रिज्या के खोखले गोले से छोड़ी जाती है। जब ठोस गेंद खोखले गोले की निम्नतम सतह पर आती है तो इसकी प्रारम्भिक स्थिति से निकाय के द्रव्यमान केन्द्र का विस्थापन क्या होगा। (प्रारम्भ में ठोस गोले तथा खोखले गोले के केन्द्र एक ही स्थिति पर हैं):



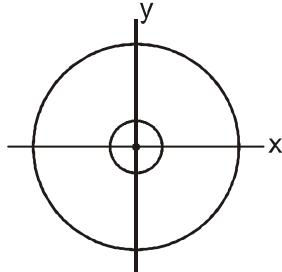
(A) 0

(B)  $3R$

(C)  $2R$

(D\*)  $R$

- Sol.** Initially coordinate of centre of mass is  $(0, 0)$   
द्रव्यान केन्द्र के प्रारम्भिक निर्देशांक  $(0, 0)$



When solid ball touches the lower surface of hollow sphere

जब ठोस गेंद खोखले गोले के निचले तल को छुता है।

$$V_{Cm} = \frac{M(2R) + mx0}{m+m} = R$$

So finally coordinate of COM  $(0, R)$

अतः द्रव्यमान केन्द्र के अन्तिम निर्देशांक  $(0, R)$

displacement is  $(R-0) = R$

विस्थापन है

4. A small current element of length ' $d\ell$ ' and carrying current is placed at  $(1, 1, 0)$  and is carrying current in ' $+z$ ' direction. If magnetic field at origin be  $\vec{B}_1$  and  $\vec{B}_2$  at point  $(2, 2, 0)$  be then:

लम्बाई ' $d\ell$ ' का व ' $+z$ ' दिशा में धारा प्रवाह कर रहा एक धारावाही अल्पांश  $(1, 1, 0)$  पर रखा जाता है। यदि मूल बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र  $\vec{B}_1$  है एवं बिन्दु  $(2, 2, 0)$  पर चुम्बकीय क्षेत्र  $\vec{B}_2$  है तो :

(A\*)  $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2|$

(B\*)  $\vec{B}_1 = -\vec{B}_2$

(C)  $|\vec{B}_1| = |2\vec{B}_2|$

(D)  $\vec{B}_1 = -2\vec{B}_2$

**Sol.**  $\bar{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d \bar{\ell} \times \bar{r}}{r^3}$  for  $B_1$   $\bar{r} = (-\hat{i} - \hat{j})$

$$\therefore \bar{B}_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{2\sqrt{2}} \hat{k} \times (-\hat{i} - \hat{j}) \quad \dots \dots \dots \text{(A)}$$

for  $B_2$   $\bar{r} = \hat{i} + \hat{j}$

$$\bar{B}_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i}{2\sqrt{2}} \hat{k} \times (\hat{i} + \hat{j}) \quad \dots \dots \dots \text{(B)}$$

from (A) & (B)

$$\bar{B}_1 = -\bar{B}_2 \text{ & } |\bar{B}_1| = |\bar{B}_2|$$

5. A 20 gm particle is subjected to two simple harmonic motions  
एक 20 ग्राम के कण पर निम्न दो सरल आवर्त गतियाँ अध्यारोपित हैं –

$$x_1 = 2 \sin 10 t,$$

$$x_2 = 4 \sin (10t + \frac{\pi}{3}) \text{, where } x_1 \text{ & } x_2 \text{ are in metre & } t \text{ is in sec.}$$

$x_2 = 4 \sin (10t + \frac{\pi}{3})$ . जहाँ  $x_1$  व  $x_2$  मीटर में तथा  $t$  सेकण्ड में है

(A\*) The displacement of the particle at  $t = 0$  will be  $2\sqrt{3}$  m.

$t = 0$  पर कण का विस्थापन  $2\sqrt{3}$  मी. होगा।

(B\*) Maximum speed of the particle will be  $20\sqrt{7}$  m/s.

कण की सहज स चाल  $20\sqrt{7}$  सी/से होगी।

(C\*) Magnitude of maximum acceleration of the particle will be  $200\sqrt{7}$  m/s<sup>2</sup>

(5) Magnitude of maximum acceleration of the particle

(D) Energy of the resultant motion will be 50 J.

परिणामी गति की ऊर्जा  $50\text{ J}$  होगी।

**Sol.** At  $t = 0$

$$\text{Displacement } x = x_1 + x_2 = 4 \sin \frac{\pi}{3} = 2\sqrt{3} \text{ m.}$$

$$\text{Resulting Amplitude } A = \sqrt{2^2 + 4^2 + 2(2)(4)\cos\pi/3} = \sqrt{4 + 16 + 8} = \sqrt{28} = 2\sqrt{7} \text{ m}$$

$$\text{Maximum speed} \equiv A\omega \equiv 20\sqrt{7} \text{ m/s}$$

$$\text{Maximum acceleration} = A\omega^2 = 200\sqrt{7} \text{ m/s}^2$$

$$\text{Energy of the motion} = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = 28 \text{ J Ans.}$$

हलः  $t = 0$  पर

$$\text{विस्थापन } x = x_1 + x_2 = 4 \sin \frac{\pi}{3} = 2\sqrt{3} \text{ m.}$$

$$\text{परिणामी आयास } A = \sqrt{2^2 + 4^2 + 2(2)(4)\cos\pi/3} = \sqrt{4 + 16 + 8} = \sqrt{28} = 2\sqrt{7} \text{ m}$$

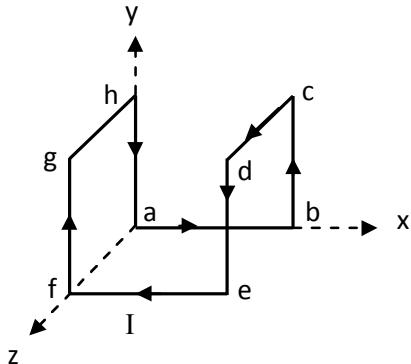
$$\text{महत्वम् चाल} = A\omega = 20\sqrt{7} \text{ m/s} \quad \text{महत्वम् त्वरण} = A\omega^2 = 200\sqrt{7} \text{ m/s}^2$$

$$\text{गति की ऊर्जा} = \frac{1}{2} m\omega^2 A^2 = 28 \text{ J Ans.}$$

# COMPREHENSION

A current  $I$  amperes flows through a loop abcdefgha along the edge of a cube of width  $\ell$  metres as shown in figure. One corner 'a' of the loop lies at origin.

एक धारा I एम्पियर एक लूप  $abcdefgha$  के द्वारा एक घन जिसकी भुजा  $\ell$  मीटर है के अनुदिश चित्रानुसार बह रही है। लूप का एक कोना 'a' मूल बिन्दु पर है।



6. This current path (abcdefgha) can be treated as a superposition of three square loops carrying current I. Choose the correct option?

इस धारा पथ (abcdefgha) को तीन वर्गाकार लूपों (जिनमें प्रत्येक में समान धारा I मानी गई है) के अध्यारोपण की तरह भी माना जा सकता है तो सही विकल्प चुनिए।

- (A\*) fghaf, fabef, ebcde  
(C) fghaf, abcha, ebcde

(B) fghaf, fabef, fgdef  
(D) fgdef, fabef, ebcde

7. The unit vector in the direction of magnetic field at the the centre of cube abcdefgh of width  $\ell$  is given by

भुजा  $\ell$  के घन abcdefgh के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा में इकाई सदिश है



8. Now if a uniform external magnetic field is  $\vec{B} = B_0 \hat{j}$  is switched on, then the unit vector in the direction of torque due to external magnetic field ( $\vec{B}$ ) acting on the current carrying loop (abcdefg) is

यदि अब एक एक्समान बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र  $\vec{B} = B_0 \hat{j}$  को चालू कर दिया जाता है तब धारावाही लूप (abcdefgha) पर कार्यरत बाह्य बलाधूर्ण की दिशा में इकाई सदिश होगा –



**Sol.**     **6-7-8.**

**Sol.6** The current path abcdefgha can be treated as superposition of three loops  $fghaf$ ,  $fabef$  and  $ebcde$ , each carrying current I.

धारा पथ abcdefgha को तीन वर्गाकार लूपों *fghaf*, *fabef* तथा *ebcde*, के अध्यारोपण की तरह मान सकते हैं तथा प्रत्येक में धारा । मानी गई है।

**Sol.7** The magnetic field at centre of cube cancels due to two square loops  $fghaf$  and  $ebcde$  each carrying current  $I$ . The magnetic field at centre of cube is only due to loop  $fabef$ . Hence the magnetic field at centre of cube is in negative  $y$ -direction.

वर्ग के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षैत्र दो वर्गाकार लूप *fghaf* तथा *ebcde* (प्रत्येक में धारा I मानी गई है) के कारण शून्य है। धन के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षैत्र केवल लप *fabef* के कारण ही होगा अतः धन के केन्द्र पर चुम्बकीय क्षैत्र ऋणात्मक V

The current path abcdefgh can be treated as superposition of three loops fahf, fabef and abdefg.

**Sol.8** The current path  $abcde\bar{g}ha$  can be treated as superposition of three loops  $fghaf$ ,  $fabe\bar{f}$  and  $ebcde$  each carrying current I. The dipole moment two square loops  $fghaf$  and  $ebcde$  each carrying current I cancels out. Hence the dipole moment is only due to loop  $fabe\bar{f}$ . Now the dipole moment of loop is in negative y-direction and direction of external magnetic field is in positive y-direction. Therefore torque on loop is zero.

घारा पथ abcdefgha को तीन लूपों fghaf, fabef तथा ebcde (प्रत्येक में घारा I मानी गई है) के अध्यारोपण से माना जा सकता है। दो लूपों fghaf तथा ebcde के कारण चुम्बकीय द्विघुव आघूर्ण परस्पर निरस्त हो जायेंगे अतः चुम्बकीय द्विघुव आघूर्ण केवल लूप fabef के कारण होगा। अब लूप का आघूर्ण ऋणात्मक y दिशा में तथा बाह्य चुम्बकीय क्षेत्र धनात्मक y दिशा में है अतः लूप पर बलाघूर्ण शून्य है।

9. Find the amplitude (in S.I. units) of resultant SHM of a particle in xy plane due to superposition of SHMs  $x = 3 \sin \omega t$  and  $y = 4 \sin \omega t$  where x, y and t are in S.I. units and  $\omega$  is a constant.

$x = 3 \sin \omega t$  तथा  $y = 4 \sin \omega t$  के सरल आवर्त गति के अध्यारोपण के कारण xy तल में एक कण के परिणामी सरल आवर्त गति के आयाम (S.I. इकाई में) ज्ञात करो। जहाँ x, y तथा t S.I. इकाई में हैं तथा  $\omega$  एक नियतांक है।

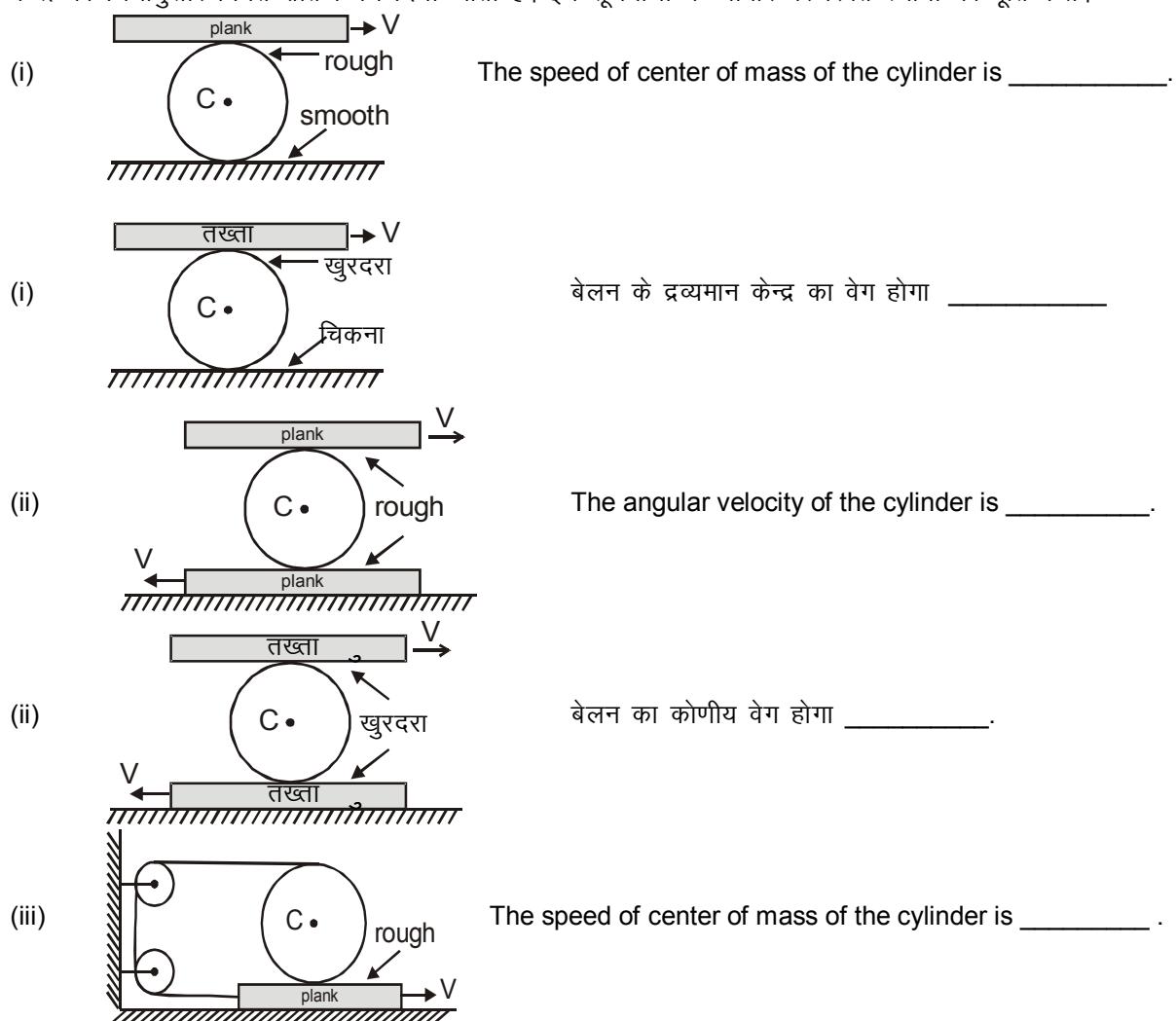
Ans. 5

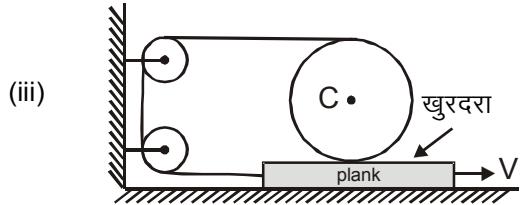
Sol.  $x = 3 \sin \omega t ; y = 4 \sin \omega t$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = 5 \sin \omega t$$

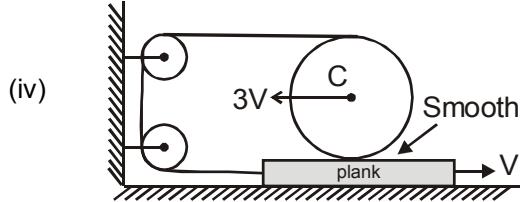
10. There are four arrangements of a cylinder and a plank as shown in the figures. Some surfaces are smooth and some are rough as indicated. There is no slipping at each rough surface. The plank and/or centre of cylinder are given a horizontal constant velocity as shown in each of the situations. Using this information fill in the blanks.

चित्रानुसार एक बेलन और एक तख्ते (plank) को चार प्रकार से रखा जाता है। कुछ सतह चिकने हैं और कुछ सतह खुरदरे हैं। किसी भी खुरदरे सतह पर कोई फिसलन नहीं है। दर्शाये अनुसार प्रत्येक स्थिति में तख्ते और/या बेलन के केन्द्र को चित्रानुसार नियत क्षेत्रिज वेग दिया जाता है। इन सूचनाओं के आधार पर रिक्त स्थानों की पूर्ति करो।

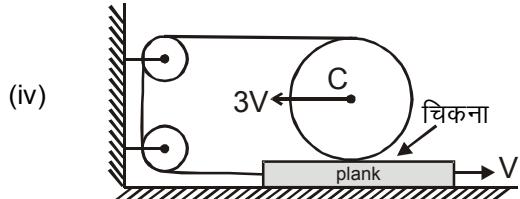




बेलन के द्रव्यमान केन्द्र का वेग होगा \_\_\_\_\_।



The angular velocity of the cylinder is \_\_\_\_\_.



बेलन का कोणीय वेग होगा \_\_\_\_\_।

- (a)  $V$
- (b)  $V/R$
- (c)  $2V/R$
- (d)  $4V/R$

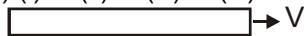
(e) cannot be determined from the given information

(e) दी गई सूचनाओं के आधार पर इसे ज्ञात नहीं किया जा सकता।

(f) Zero. शून्य

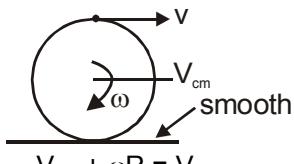
- (A) (i) d (ii) b (iii) f (iv) c  
 (C) (i) e (ii) d (iii) f (iv) c

- (B\*) (i) e (ii) b (iii) f (iv) c  
 (D) (i) e (ii) b (iii) f (iv) a



**Sol.**

(i)



$$V_{cm} + \omega R = V$$

$$V_{cm} = V - \omega R$$

$\omega$  depends on value of friction between plank & cylinder, hence  $V_{cm}$  is undetermined.

$\omega$  का मान plank और बेलन के मध्य घर्षण पर निर्भर करेगा। अतः  $V_{cm}$  को ज्ञात नहीं किया जा सकता।

$$(ii) \quad \omega = \frac{2v}{2R} = \frac{V}{R} \quad (iii) \quad \omega = \frac{2V}{2R} = \frac{V}{R}$$

$$V_{cm} = 0$$

$$(iv) \quad \omega_{A/C} = \frac{3V - V}{R} = \frac{2V}{R} \Rightarrow \omega = \frac{2V}{R}$$

**DPP No. : B32 (JEE-Main)**

Total Marks : 61

**Max. Time : 40 min.**

**Total Marks : 31**  
**Single choice Objective ('-1' negative marking) Q.1 to Q.19**

Max. Time : 40  
(3 marks, 2 min.) [57, 38]

**One or more than one options correct type ('-1' negative marking) Q.20**

(3 marks, 2 min.) [37, 38]  
(4 marks 2 min.) [94, 92]

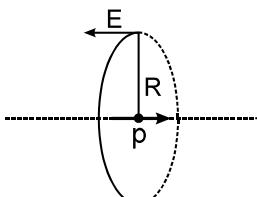
**ANSWER KEY OF DPP NO. : B32**

- ANSWER KEY OF BPP NO. : B32**

|            |     |            |     |            |     |            |     |            |     |            |        |            |     |
|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|--------|------------|-----|
| <b>1.</b>  | (D) | <b>2.</b>  | (C) | <b>3.</b>  | (B) | <b>4.</b>  | (C) | <b>5.</b>  | (B) | <b>6.</b>  | (B)    | <b>7.</b>  | (B) |
| <b>8.</b>  | (B) | <b>9.</b>  | (B) | <b>10.</b> | (C) | <b>11.</b> | (D) | <b>12.</b> | (A) | <b>13.</b> | (B)    | <b>14.</b> | (B) |
| <b>15.</b> | (C) | <b>16.</b> | (A) | <b>17.</b> | (A) | <b>18.</b> | (A) | <b>19.</b> | (C) | <b>20.</b> | (B)(D) |            |     |



**Sol.** Electric field at each point on the surface of ring due to dipole is  $E = \frac{k_p}{R^3}$

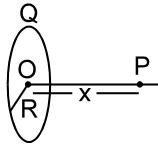


in direction opposite to the dipole moment. (figure below)

Hence net force on ring is  $F = QE = \frac{kqQ}{R^3}$

## Alternate solution

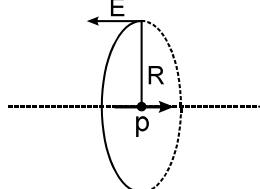
Electric field due to ring at point P on its axis distant x from centre O ring is



$$\therefore \text{Force on dipole} = \frac{dE}{dx} = \frac{kQp}{R^3}$$

हल द्विध्रुव के कारण वलय की सतह पर स्थित प्रत्येक बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र  $E = \frac{k_p}{R^3}$

द्विध्रुव आघूर्ण के विपरित दिशा में (नीचे चित्र)

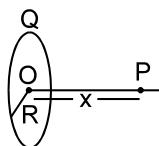


$$\text{अतः वलय पर कुल बल } F = QE = \frac{kPQ}{R^3}$$

### अन्य विधि

वलय के कारण इसकी अक्ष पर केन्द्र O से x दूरी पर स्थित बिन्दु P पर विद्युत क्षेत्र

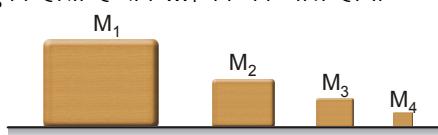
$$E = k \cdot \frac{Qx}{(x^2 + R^2)^{3/2}} ; \quad \left[ \frac{dE}{dx} \right]_{at \ x=0} = \frac{kQ}{R^3}$$



$$\therefore \text{द्विधुव पर बल} = \frac{dE}{dx} = \frac{kQp}{R^3}$$

4. Four blocks of masses  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  and  $M_4$  are placed on a smooth horizontal surface along a straight line as shown. It is given that  $M_1 \gg M_2 \gg M_3 \gg M_4$ . All the blocks are initially at rest.  $M_1$  is given initial velocity  $v_0$  towards right such that it will collide with  $M_2$ . Consider all collisions to be perfectly elastic. The speed of  $M_4$  after all collision are over is

चार ब्लॉक जिनके द्रव्यमान  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  तथा  $M_4$  हैं ये एक सीधी रेखा के अनुदिश एक चिकने क्षेत्रिज समतल सतह पर रखे हुए हैं। यह दिया हुआ है कि  $M_1 >> M_2 >> M_3 >> M_4$  तथा सभी ब्लॉक प्रारम्भ में विराम में हैं।  $M_1$  को प्रारम्भिक वेग  $v_0$  दांयी तरफ इस तरह दिया जाता है कि यह  $M_2$  के साथ टक्कर करता है। सभी टक्करों को पूर्णतया प्रत्यास्थ मानें। जब सारी टक्करे पूर्ण हो चकी होती है तब  $M_4$  की की चाल होगी –

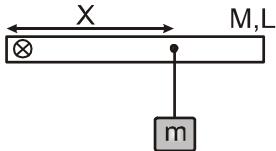


- (A)  $v_0$       (B)  $4 v_0$       (C\*)  $8 v_0$       (D)  $16 v_0$

**Sol.**  $M_1$  is very large as compared to  $M_2$ . Hence for collision between  $M_1$  and  $M_2$ ,  $M_1$  can be considered equivalent to a wall and  $M_2$  as a small block. Thus the velocity of  $M_2$  will be  $2v_0$  after collision with  $M_1$ . Similarly after collision between  $M_2$  and  $M_3$ , the velocity of  $M_3$  will be  $2(2v_0)$ . In sequence, the velocity of  $M_4$  shall be  $2(2(2v_0)) = 8 v_0$  after collision with  $M_3$ .

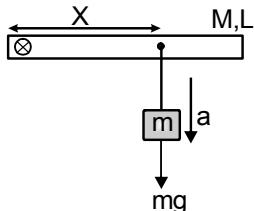
$M_2$  की तुलना में  $M_1$  बहुत बड़ा है। अतः  $M_1$  व  $M_2$  के मध्य टक्कर के लिए  $M_1$  को एक दीवार की तरह माना जा सकता है तथा  $M_2$  को एक छोटे ब्लॉक की तरह माना जा सकता है। अतः  $M_1$  के साथ टक्कर के बाद  $M_2$  का वेग  $2v_0$  होगा। इसी तरह  $M_2$  व  $M_3$  की टक्कर के बाद  $M_3$  का वेग  $2(2v_0)$  होगा। इसी तरह क्रमागत रूप से  $M_3$  के साथ टक्कर के बाद  $M_4$  का वेग  $2(2(2v_0)) = 8v_0$  होगा।

5. A small block is hanged by a string of small length at a distance 'x' from left end on a uniform rod of length L and mass M. The rod is in horizontal position and hinged at left end as shown in figure. Then minimum value of 'x' ( $x \neq 0$ ) for which initial acceleration will be independent of 'm' mass of the block. L लम्बाई व M द्रव्यमान की एक समरूप छड़ पर बांये सिरे से 'x' दूरी पर एक छोटी डोरी द्वारा एक छोटा गुटका लटका है। छड़ क्षेत्र स्थिति में है एवं बांये सिरे पर कीलकित है। 'x' ( $x \neq 0$ ) का न्यूनतम मान जिसके लिए प्रारम्भिक त्वरण गुटके के द्रव्यमान 'm' से स्वतंत्र होगा –



$$(B^*) \frac{2L}{3}$$

(D) can't be determined ज्ञात नहीं किया जा सकता



**Sol.**

Let  $a$  be linear acceleration of mass  $m$  and  $\alpha$  be angular acceleration of rod.

मान  $m$  द्रव्यमान का रेखीय त्वरण  $a$  तथा छड़ का कोणीय त्वरण  $\alpha$  है

Taking torque about hinge,

किलकित के सापेक्ष बल आधूर्ण लेने पर

$$\tau = I\alpha$$

$$\left( mg \frac{L}{2} + mgx \right) = \left( \frac{ML^2}{3} + mx^2 \right) \alpha \quad \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

From equation (i), समीकरण (i) से

$$\left( mg\frac{L}{2} + mgx \right) = \left( \frac{ML^2}{3} + mx^2 \right) \left( \frac{a}{x} \right)$$

$$a = \frac{\left( mx^2 + \frac{MLx}{2} \right)}{\left( mx^2 + \frac{ML^2}{3} \right)} g$$

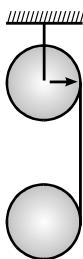
For minimum non-zero value of  $x$ , for which  $a$  is independent of  $m$ ;

$x$  की न्यूनतम अशन्य मान के लिए जिसके लिए  $a, m$  से स्वतंत्र है।

$$\frac{MLx}{2} = \frac{ML^2}{3}, \quad x = \frac{2L}{3}.$$

6. Two identical discs of mass  $m$  and radius  $r$  are arranged as shown in the figure. If  $\alpha$  is the angular acceleration of the lower disc and  $a_{cm}$  is acceleration of centre of mass of the lower disc, then relation between  $a_{cm}$ ,  $\alpha$  &  $r$  is :

$m$  द्रव्यमान तथा  $r$  त्रिज्या की दो एक समान चकती को चित्रानुसार रखा जाता है। यदि  $\alpha$  नीचे वाली चकती का कोणीय त्वरण हो तथा  $a_{cm}$  नीचे वाली चकती के द्रव्यमान केन्द्र का त्वरण, तो  $\alpha$ ,  $a_{cm}$ , तथा  $r$  में क्या सम्बन्ध होगा :



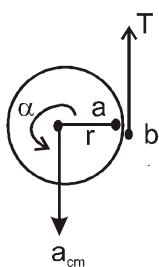
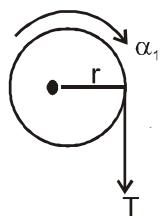
(A)  $a_{cm} = \frac{\alpha}{r}$

(B\*)  $a_{cm} = 2\alpha r$

(C)  $a_{cm} = \alpha r$

(D) none of these इनमें से कोई नहीं

Sol.



$$Tr = \frac{mr^2}{2}\alpha_1 \quad \dots\dots\dots (A)$$

$$Tr = \frac{mr^2}{2}\alpha \quad \dots\dots\dots (B)$$

$$\alpha_1 = \alpha \quad \dots\dots\dots (C)$$

From (A) & (B) से

acc<sup>n</sup>. of point b = acc<sup>n</sup> of point a

b बिन्दु का त्वरण = a बिन्दु का त्वरण

$$r\alpha_1 = a_{cm} - r\alpha \quad \dots\dots\dots (D)$$

Hence अतः  $2r\alpha = a_{cm}$  **Ans. (B)**

7. Moment of inertia of a uniform quarter disc of radius  $R$  and mass  $M$  about an axis through its centre of mass and perpendicular to its plane is :

एक समान एक चौथाई चकती (त्रिज्या  $R$ , द्रव्यमान  $M$ ) का इसके द्रव्यमान केन्द्र व तल के लम्बवत् अक्ष के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण होगा—

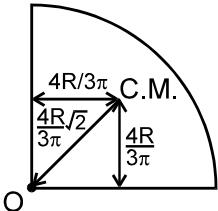
(A)  $\frac{M R^2}{2} - M \left( \frac{4}{3} \frac{R}{\pi} \right)^2$

(B\*)  $\frac{M R^2}{2} - M \left( \sqrt{2} \frac{4}{3} \frac{R}{\pi} \right)^2$

(C)  $\frac{M R^2}{2} + M \left( \frac{4}{3} \frac{R}{\pi} \right)^2$

(D)  $\frac{M R^2}{2} + M \left( \sqrt{2} \frac{4}{3} \frac{R}{\pi} \right)^2$

**Ans.**



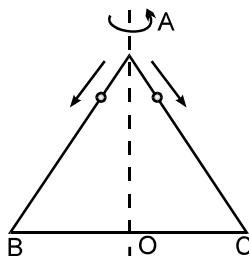
M.I. about 'O' के सापेक्ष जड़त्व आघूर्ण  $\frac{MR^2}{2}$  है।

By parallel-axis theorem समान्तर अक्षों की प्रमेय द्वारा  $\frac{MR^2}{2}$  :

$$= I_{cm} + M \left( \frac{4R}{3\pi} \cdot \sqrt{2} \right)^2 \Rightarrow I_{cm} = \frac{MR^2}{2} - M \left( \sqrt{2} \cdot \frac{4R}{3\pi} \right)^2$$

- 8.** An equilateral triangle ABC formed from a uniform wire has two small identical beads initially located at A. The triangle is set rotating about the vertical axis AO. Then the beads are released from rest simultaneously and allowed to slide down, one along AB and the other along AC as shown. Neglecting frictional effects, the quantities that are conserved as the beads slide down, are:

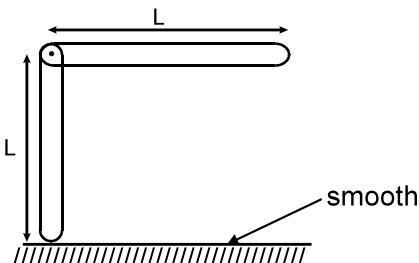
एक समबाहु त्रिभुज ABC एक समान तार से बना हुआ है इसकी दो भुजाओं पर दो एक समान मनके प्रारम्भ में A पर स्थित है। त्रिभुज ऊर्ध्वाधर अक्ष AO के सापेक्ष घूर्णन कर रहा है। अब मनके को एक साथ विराम अवस्था पर छोड़ा जाता है। तथा तार पर नीचे की ओर फिसलने दिया जाता है। एक मनका चित्रानुसार AB के अनुदिश तथा दूसरा AC के अनुदिश फिसलता है। घर्षण के प्रभाव को नगण्य मानिए। वह राशि जो मनको के नीचे की ओर फिसलने के दौरान संरक्षित रहती है, होगी।



- (A) angular velocity and total energy (kinetic energy and potential energy)  
 (B\*) total angular momentum and total energy  
 (C) angular velocity and moment of inertia about the axis of rotation  
 (D) total angular momentum and moment of inertia about the axis of rotation  
 (A) कोणीय वेग तथा कुल ऊर्जा (गतिज ऊर्जा तथा स्थितिज ऊर्जा)  
 (B\*) कुल कोणीय संवेग तथा कुल ऊर्जा  
 (C) घूर्णन अक्ष के सापेक्ष कोणीय वेग तथा जड़त्व आघूर्ण  
 (D) घूर्णन अक्ष के सापेक्ष कुल कोणीय संवेग तथा जड़त्व आघूर्ण

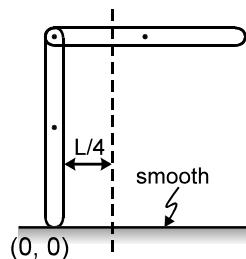
9. Two identical rods are joined at one of their ends by a pin. Joint is smooth and rods are free to rotate about the joint. Rods are released in vertical plane on a smooth surface as shown in the figure. The displacement of the joint from its initial position to the final position is (i.e. when the rods lie straight on the ground) :

पिन द्वारा दो समरूप छड़ों को उनके एक सिरे पर जोड़ते हैं। जोड़ चिकना है तथा छड़ जोड़ के परितः घूमने के लिए स्वतंत्र हैं। छड़ों को चिकनी सतह पर ऊर्ध्वाधर तल में चित्रानुसार छोड़ते हैं। जोड़ का प्रारम्भिक स्थिति से अन्तिम स्थिति तक विस्थापन है। (जब छड़ सीधी जमीन पर स्थित हों) :



- (A)  $\frac{L}{4}$       (B\*)  $\frac{\sqrt{17}}{4} L$       (C)  $\frac{\sqrt{5}}{2} L$       (D) none of these इनमें से कोई नहीं

**Ans.** Initially the centre of mass is at



$\frac{L}{4}$  distance from the vertical rod.

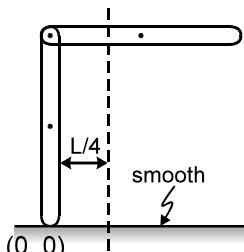
$$\text{As, } x_{cm} = \frac{m \left(\frac{1}{2}\right) + m (0)}{m+m} = \frac{L}{4}$$

centre of mass does not move in x-direction as  $\Sigma F_x = 0$ .

After they lie on the floor, the pin joint should be at  $L/4$  distance from the origin shown in order to keep the centre of mass at rest.

∴ Finally x-displacement of the pin is  $\frac{L}{4}$  and y-displacement of the pin is obviously L.

$$\text{Hence net displacement} = \sqrt{L^2 + \frac{L^2}{16}} = \frac{\sqrt{17}}{4} L$$



**Ans.**

प्रारम्भ में द्रव्यमान केन्द्र ऊर्ध्व छड़ से  $\frac{L}{4}$  दूरी पर है ।

$$\text{As, } x_{cm} = \frac{m \left(\frac{1}{2}\right) + m (0)}{m+m} = \frac{L}{4}$$

द्रव्यमान केन्द्र x-दिशा में गति नहीं करता है  $\Sigma F_x = 0$  ।

उनके फर्श पर रहने के बाद पिन जोड़ मूल बिन्दु से  $L/4$  दूरी पर होंगे जो द्रव्यमान केन्द्र को दिखाये हुए विराम पर रखते हैं।

$\therefore$  अंततः पिन का x-विस्थापन  $\frac{L}{4}$  है तथा पिन का y-विस्थापन L है।

$$\text{अतः कुल विस्थापन} = \sqrt{L^2 + \frac{L^2}{16}} = \frac{\sqrt{17}}{4} L$$

10. At  $t = 0$ , a particle of mass m starts moving from rest due to a force  $\vec{F} = F_0 \sin(\omega t) \hat{i}$ .

$t = 0$  पर  $m$  द्रव्यमान का कण विरामावस्था से बल  $\vec{F} = F_0 \sin(\omega t) \hat{i}$  के कारण गति प्रारम्भ करता है।

(A) Particle performs SHM about its initial position of rest.

(B) Particle performs SHM with initial position as an extreme position with angular frequency  $\omega$ .

(C\*) At any instant, distance moved by the particle equals its displacement from the initial position.

(D) Initially velocity of particle increases with time but after time  $t = 2\pi/\omega$  it becomes constant.

(A) कण इसकी प्रारम्भिक विरामावस्था की स्थिति के सापेक्ष सरल आवर्त गति करता है।

(B) कण प्रारम्भिक स्थिति (सीमांत स्थिति) के सापेक्ष कोणीय आवृत्ति  $\omega$  से सरल आवर्त गति करता है।

(C\*) किसी क्षण पर कण द्वारा तय की गई दूरी प्रारम्भिक स्थिति से इसके विस्थापन के बराबर होती है।

(D) कण का प्रारम्भिक वेग समय के साथ बढ़ता है किन्तु  $t = 2\pi/\omega$  समय पश्चात् यह नियत हो जाता है।

Sol.  $m \frac{dv}{dt} = F$

$$\Rightarrow m \cdot \frac{dv}{dt} = F_0 \sin \omega t$$

$$\Rightarrow m \cdot \int_0^v dv = \int_0^t F_0 \sin \omega t dt$$

$$\Rightarrow mv = \frac{F_0}{\omega} (1 - \cos \omega t)$$

$\therefore v > 0$ , distance covered and displacement are same. तय दूरी तथा विस्थापन समान है।

11. A small mass executes linear SHM about O with amplitude a and time period T. Its displacement from O at time  $T/8$  after passing through O is:

एक सूक्ष्म द्रव्यमान बिन्दु O के सापेक्ष a अधिकतम विस्थापन व T आवर्तकाल से SHM करता है। O बिन्दु से  $T/8$  समय पश्चात् इसका विस्थापन होगा :

(A)  $\frac{a}{8}$

(B)  $\frac{a}{2\sqrt{2}}$

(C)  $\frac{a}{2}$

(D\*)  $\frac{a}{\sqrt{2}}$

12. In forced oscillation of a particle, the amplitude is maximum for a frequency  $\omega_1$  of the force, while the energy is maximum for a frequency  $\omega_2$  of the force, then : [AIEEE 2004; 3/225, -1]

(A\*)  $\omega_1 = \omega_2$

(B)  $\omega_1 > \omega_2$

(C)  $\omega_1 < \omega_2$  when damping is small and  $\omega_1 > \omega_2$  when damping is large

(D)  $\omega_1 < \omega_2$

किसी कण के प्रणोदित दोलनों में बल की आवृत्ति  $\omega_1$  के लिए दोलन का आयाम अधिकतम है, जबकि बल की आवृत्ति  $\omega_2$  के लिए ऊर्जा अधिकतम है, तब :

[AIEEE 2004]

(A\*)  $\omega_1 = \omega_2$

(B)  $\omega_1 > \omega_2$

(C)  $\omega_1 < \omega_2$  जब अवमंदन कम है तथा  $\omega_1 > \omega_2$  जब अवमंदन अधिक है।

(D)  $\omega_1 < \omega_2$

Sol. For amplitude of oscillation and energy to be maximum, frequency of force must be equal to the initial frequency and this is only in resonance state  $\omega_1 = \omega_2$

हल. दोलन के आयाम तथा ऊर्जा के अधिकतम होने के लिए, बल की आवृत्ति प्रारम्भिक आवृत्ति के बराबर होनी चाहिए तथा यह केवल अनुनाद की अवस्था  $\omega_1 = \omega_2$  में ही होता है।

13. Equation  $F = -bv - kx$  represents equation of a damped oscillations for a particle of 2kg mass where  $b = \ell n 2 \frac{\text{N.S.}}{\text{m}}$  and  $k = 100 \text{ N/m}$  then time after which energy of oscillations will be reduced to half of initial is:

$F = -bv - kx$  समीकरण 2kg द्रव्यमान के एक कण के लिए अवमन्दित दोलन (damped oscillations) को प्रदर्शित करती है जहाँ  $b = \ell n 2 \frac{\text{N.S.}}{\text{m}}$  तथा  $k = 100 \text{ N/m}$  है। वह समय जिसके पश्चात् दोलन ऊर्जा अपने प्रारम्भिक मान की आधी रह जाएगी, वह समय होगा—

- (A)  $\ell n 2 \text{ sec}$  (B\*) 2 sec. (C)  $2\ell n 2 \text{ sec}$  (D) 1 sec

Sol.  $E = \frac{1}{2} k A^2 e^{-bt/m}$

$$t = \frac{\ell n 2}{b} m = \frac{\ell n 2}{\ell n 2} 2 = 2 \text{ sec.}$$

14. At  $t = 0$ , a transverse wave pulse travelling in the positive x direction with a speed of 2 m/s in a long wire is described by the function  $y = \frac{6}{x^2}$ , given that  $x \neq 0$ . Transverse velocity of a particle at  $x = 2\text{m}$  and  $t = 2$  seconds is :

$t = 0$  पर लम्बे तार में धनात्मक x दिशा में 2 मी./सै. की चाल से गति कर रही अनुप्रस्थ तरंगों को  $y = \frac{6}{x^2}$  से प्रदर्शित करते हैं। यह दिया गया है कि  $x \neq 0$ , कण का अनुप्रस्थ वेग  $x = 2$  मी. तथा  $t = 2$  सै. पर होगा —

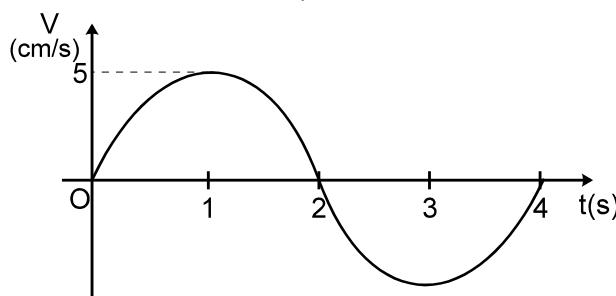
- (A) 3 m/s (B\*)  $-3 \text{ m/s}$  (C) 8 m/s (D)  $-8 \text{ m/s}$   
 (A) 3 मी./सै. (B\*)  $-3 \text{ मी./सै.}$  (C) 8 मी./सै. (D)  $-8 \text{ मी./सै.}$

Sol. (B)  $y(x, t = 0) = \frac{6}{x^2}$  then तब  $y(x, t) = \frac{6}{(x - 2t)^2}$

$$\Rightarrow \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{24}{(x - 2t)^3} \text{ at } x = 2, t = 2 \text{ पर}$$

$$V_y = \frac{24}{(-2)^3} = -3 \text{ m/s.}$$

15. A certain transverse sinusoidal wave of wavelength 20 cm is moving in the positive x direction. The transverse velocity of the particle at  $x = 0$  as a function of time is shown. The amplitude of the motion is: एक अनुप्रस्थ ज्यावक्रीय तरंग जिसकी तरंग दैर्घ्य 20 सेमी. है, धनात्मक x दिशा में गति कर रही है।  $x = 0$  पर स्थित कण का अनुप्रस्थ वेग समय के फलन के रूप में प्रदर्शित है। गति का आयाम होगा —



- (A)  $\frac{5}{\pi} \text{ cm}$  (B)  $\frac{\pi}{2} \text{ cm}$  (C\*)  $\frac{10}{\pi} \text{ cm}$  (D)  $2\pi \text{ cm}$   
 (A)  $\frac{5}{\pi} \text{ सेमी.}$  (B)  $\frac{\pi}{2} \text{ सेमी.}$  (C\*)  $\frac{10}{\pi} \text{ सेमी.}$  (D)  $2\pi \text{ सेमी.}$

Sol. (C)  $V_{\max} = A\omega = 5 \text{ cm/s} ; T = 4 \text{ sec}$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow A = \frac{5}{\pi/2} = \frac{10}{\pi} \text{ cm.}$$

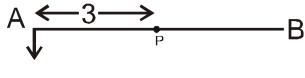
16. A man generates a symmetrical pulse in a string by moving his hand up and down. At  $t = 0$  the point in his hand moves downward. The pulse travels with speed each 3 m/s on the string & his hands passes 6 times in each second from the mean position. Then the point on the string at a distance 3m will reach its upper extreme first time at time  $t =$

एक आदमी रस्सी में एक सममित स्पंद को हाथ को ऊपर नीचे करके उत्पन्न करता है  $t = 0$  समय पर उसके हाथ में स्थित बिन्दु नीचे की ओर गति करता है तथा स्पंद रस्सी में 3 m/s चाल से चलता है तथा उसका हाथ प्रत्येक सेकण्ड में मध्य स्थिति से 6 बार गुजरता है, तो 3m दूरी पर रस्सी पर स्थित बिन्दु, पहली बार ऊपरी सिरे पर  $t$  समय पर पहुँचेगा तो वह समय  $t$  है

- (A\*) 1.25 sec.      (B) 1 sec      (C)  $\frac{13}{12}$  sec.      (D) none of these

**Sol**  $T = \text{Time period of oscillation of hand}$

$$T = \frac{1}{3} \text{ sec}$$



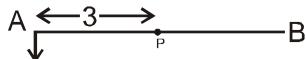
The hand will reach the positive extreme at  $t = \frac{3}{4} T = \frac{1}{4}$  sec & at that instant the positive extreme point of the pulse starts from A, the time instant is  $t = \frac{1}{4}$  sec.

Further it will take  $t_0$  time to reach 3 m distance

$$\text{i.e., } t_0 = \frac{3 \text{ m}}{3 \text{ m/s}} = 1 \text{ sec.}$$

Hence total time taken (from initial instant) by the positive extreme disturbance to reach 3 m away point is  $t = 1 + \frac{1}{4} \text{ sec} = 1.25 \text{ sec.}$

$T = \text{सुई के दोलन का अवर्तकाल}$



$$T = \frac{1}{3} \text{ sec}$$

सुई  $t = \frac{3}{4} T = \frac{1}{4}$  sec पर धनात्मक सिरे पर पहुँचेगी तथा उसी समय धनात्मक सिरा A से स्पन्द के बिन्दु पर शूरू करता है उस क्षण समय  $t = \frac{1}{4}$  sec है।

आगे यह 3m दूरी तक पहुँचने के लिए  $t_0$  समय लेगा

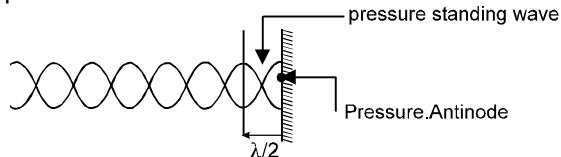
$$\text{i.e., अर्थात् } t_0 = \frac{3 \text{ m}}{3 \text{ m/s}} = 1 \text{ sec.}$$

अतः (प्रारम्भिक क्षण से) धनात्मक विघ्न सिरे द्वारा 3m दूर बिन्दु पर पहुँचने के लिए कुल लिया गया समय

$$\text{is } t = 1 + \frac{1}{4} \text{ sec} = 1.25 \text{ sec.}$$

17. A source of sound of frequency 165 Hz generates sound waves which get fully reflected from a wall. A person standing at the wall starts moving away from the wall. The minimum distance of the point from the wall at which the person hears maximum sound is: (velocity of sound =  $330 \text{ ms}^{-1}$ )  
 165 Hz आवृत्ति का एक ध्वनि स्त्रोत ध्वनि उत्पन्न करता है जो एक दीवार से पूर्णतः परावर्तित हो जाती है। दीवार के पास खड़ा एक व्यक्ति दीवार से दूर गति करना प्रारम्भ करता है। दीवार से उस बिन्दु की न्यूनतम दूरी जहाँ व्यक्ति अधिकतम ध्वनि सुनता है, होगी : (ध्वनि का वेग =  $330 \text{ m/s}^{-1}$ )

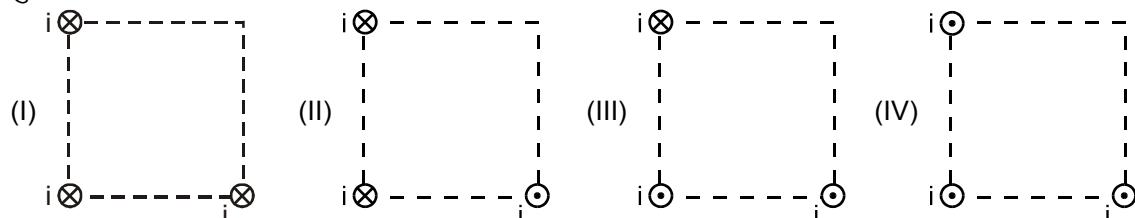
**Sol.** (A) Wall will be a pressure antinode.



$$\text{Minimum distance} = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{330}{2 \times 165} = 1\text{m.}$$

18. Three long wires, with identical currents, either directly into or directly out of the page, are placed at three corners of a square in four different arrangements as shown. Correct order of the magnitude of net magnetic field at the empty upper right corner of the square is :

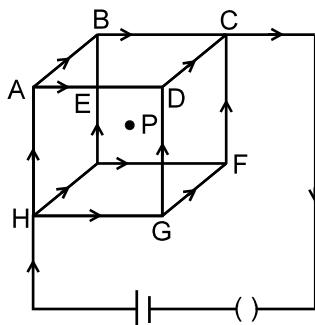
तीन लम्बे तार जिनमें एक समान धारा कागज के अन्दर या बाहर की ओर प्रवाहित हो रही है, को चित्रानुसार चार विभिन्न व्यवस्थाओं में वर्ग के तीन कोनों पर रखा जाता है। वर्ग के ऊपरी खाली कोने पर विभिन्न व्यवस्था के कारण परिणामी चूम्बकीय क्षेत्र का सही क्रम है।



(A\*)  $B_I = B_{IV} > B_{II} = B_{III}$       (B)  $B_I > B_{IV} > B_{II} = B_{III}$   
 (C)  $B_{II} = B_{III} > B_I = B_{IV}$       (D)  $B_I > B_{III} > B_{II} > B_{IV}$

$$\text{Sol. } \begin{aligned} B_I &= \frac{\mu_0}{4\pi} 2i \left[ \left( \frac{1}{a} - \hat{j} \right) + \left( \frac{1}{a} \hat{i} \right) + \left( \frac{1}{a\sqrt{2}} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{i} + \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{j} \right) \right) \right] \\ B_{II} &= \frac{\mu_0}{4\pi} 2i \left[ \left( \frac{1}{a} - \hat{j} \right) + \left( \frac{1}{a} \hat{i} \right) + \left( \frac{1}{a\sqrt{2}} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{i} - \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{j} \right) \right) \right] \\ B_{III} &= \frac{\mu_0}{4\pi} 2i \left[ \left( \frac{1}{a} - \hat{j} \right) + \left( \frac{1}{a} - \hat{i} \right) + \left( \frac{1}{a\sqrt{2}} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \hat{i} + \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{j} \right) \right) \right] \\ B_{IV} &= \frac{\mu_0}{4\pi} 2i \left[ \left( \frac{1}{a} + \hat{j} \right) + \left( \frac{1}{a} - \hat{i} \right) + \left( \frac{1}{a\sqrt{2}} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \hat{i} + \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{j} \right) \right) \right]. \end{aligned}$$

19. A steady current is set up in a cubic network composed of wires of equal resistance and length  $d$  as shown in figure. What is the magnetic field at the centre P due to the cubic network ?  
 एक स्थायी धारा को बराबर प्रतिरोध तथा लम्बाई  $d$  के तारों से संयोजित घन परिपथ में चित्रानुसार प्रवाहित करते हैं। घन परिपथ के कारण केन्द्र 'P' पर चुम्बकीय क्षेत्र क्या है।



(A)  $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{d}$       (B)  $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{3I}{\sqrt{2}d}$       (C\*) 0      (D)  $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\theta\pi I}{d}$

- Sol. By symmetry, the magnetic field at the centre P is zero.  
 सममितता से केन्द्र P पर चुम्बकीय क्षेत्र शून्य है।

20. The x-coordinate of a particle moving on x-axis is given by  $x = 3 \sin 100t + 8 \cos^2 50t$ , where  $x$  is in cm and  $t$  is time in seconds. Which of the following is/are correct about this motion.  
 एक कण की स्थिति मूल बिन्दु के सापेक्ष सम्बन्ध  $x = 3 \sin 100t + 8 \cos^2 50t$  के अनुसार परिवर्तित होती है। इस गति के बारे में कौनसा/कौनसे कथन सही है।
- (A) the motion of the particle is not S.H.M. (कण की गति सरल आवर्त गति नहीं है।)  
 (B\*) the amplitude of the S.H.M. of the particle is 5 cm  
 कण की सरल आवर्त गति का आयाम 5 सेमी. है।
- (C) the amplitude of the resultant S.H. M. is  $\sqrt{73}$  cm  
 परिणामी सरल आवर्त गति का आयाम  $\sqrt{73}$  सेमी है।  
 (D\*) the maximum displacement of the particle from the origin is 9 cm.  
 मूल बिन्दु से कण का अधिकतम विस्थापन 9 सेमी. है।

Sol.  $x = 3 \sin 100t + 8 \cos^2 50t$   
 $= 3 \sin 100t + \frac{8[1 + \cos 100t]}{2}$   
 $x = 4 + 3 \sin 100t + 4 \cos 100t$   
 $(x - 4) = 5 \sin(100t + \phi) \left\{ \tan \phi = \frac{4}{3} \right\}$

Amplitude = 5 units  
 Maximum displacement = 9 units.  
 आयाम = 5 इकाई  
 अधिकतम विस्थापन = 9 इकाई