

2021年 神戸大学・本番レベル模試・物理

採点基準

全3問 60分 75点満点

I (25点)

【解答・採点基準】

問1

衝突直後の小球 A, C の速度を図1の右向きを正として v_A, v_C とおくと、運動量保存則より

$$mv_A + m'v_C = m'v$$

反発係数の式より

$$e = -\frac{v_C - v_A}{v}$$

以上より

$$|v_A| = \frac{(1+e)m'}{m+m'}v$$

(答) $\frac{(1+e)m'}{m+m'}v$

問2

小球 A, B の速度をそれぞれ \vec{v}_A, \vec{v}_B とすると、重心の速さは

$$V = \left| \frac{m\vec{v}_A + m\vec{v}_B}{m+m} \right|$$

と表される。小球 A, B からなる物体系に働く外力は $\vec{0}$ なので、運動量 $m\vec{v}_A + m\vec{v}_B$ は一定となる。よって、重心の速さも一定となる。

(証明終)

小球 A, C の衝突直後の小球 A, B の速度はそれぞれ $\frac{(1+e)m'}{m+m'}v, 0$

問1 5点

運動量保存則…1点

反発係数の式…1点

答…3点

問2 5点

小球 A, B の速度を用いて重心の速さを表す…1点

外力が $\vec{0}$ なので、運動量が一定…1点

衝突直後の小球 B

なので、

$$V = \left| \frac{m \frac{(1+e)m'}{m+m'} v + m \cdot 0}{m+m'} \right| = \frac{(1+e)m'}{2(m+m')} v$$

$$(\text{答}) V = \frac{(1+e)m'}{2(m+m')} v$$

問 3

小球 A, B は右向きに速さ V で動く観測者から見て、重心を中心とした等速円運動を行う。小球 A の円運動の速さは

$$v_A - V = \frac{(1+e)m'}{2(m+m')} v$$

であり、小球 A から重心までの距離は $\frac{m}{m+m} l = \frac{l}{2}$ なので、

$$T = \frac{2\pi \frac{l}{2}}{\frac{(1+e)m'}{2(m+m')} v} = \frac{2\pi(m+m')l}{(1+e)m'v}$$

$$(\text{答}) T = \frac{2\pi(m+m')l}{(1+e)m'v}$$

問 4

求める張力の大きさを S とすると、重心から見た小球 A の円運動の運動方程式より

$$m \frac{(v_A - V)^2}{\frac{l}{2}} = S$$
$$\therefore S = \frac{(1+e)^2 mm'^2}{2(m+m')^2 l} v^2$$

$$(\text{答}) \frac{(1+e)^2 mm'^2}{2(m+m')^2 l} v^2$$

問 5

小球 A, B は右向きに速さ V の等速直線運動と重心を中心とした

等速円運動を組み合わせた運動を行う。 $e = \frac{1}{2}$, $m' = 2m$ を V, T に代

入すると

の速度…1点

答…2点

問 3 5点

小球 A の円運動の速さ…1点

小球 A から重心までの距離…1点

答…3点

問 4 5点

小球 A の円運動の運動方程式…2点

答…3点

問 5 5点

$$V = \frac{v}{2}, T = \frac{2\pi l}{v} \dots$$

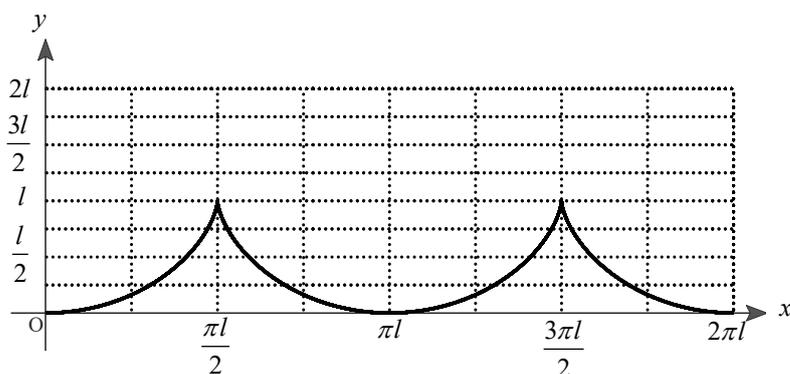
1点

$$V = \frac{v}{2}, T = \frac{2\pi l}{v}$$

よって、時間 T で重心が進む距離は

$$VT = \pi l$$

なので、求める軌跡は下図の通り。



(答) 前図

時間 T で重心が進む距離…1点

グラフの概形…2

点(増減, 凹凸が正

しければ2点を与

える。 $x = \frac{\pi l}{2}, \frac{3\pi l}{2}$

の点が尖点となっ

ていない場合, 1点

減点)

極値の座標…1点

極値の座標…1点

II (25点)

【解答・採点基準】

問1

求める電場の大きさを E として、力のつり合いより、

$$eE = evB$$

$$\therefore E = vB$$

である。また、電子は電場から z 軸正の向きに力を受けるため、電場は z 軸負の向き。

(答) vB , z 軸負の向き

問2

生じる電圧の大きさは

$$V_H = Eh = vBh$$

であり、端子 p の方が高い。

(答) vBh , 端子 p

問3

半導体内に流れる電流は I であるから、問2の結果を利用すれば、

$$envwh = I$$

$$\therefore n = \frac{I}{evwh} = \frac{I}{e \frac{V_H}{Bh} wh} = \frac{IB}{eV_H w}$$

である。

(答) $\frac{IB}{eV_H w}$

問1 6点

*力のつり合いの式
に1点

*電子が電場から z
軸正の向きに力を
受けることに1点

*答に各2点

問2 6点

*答に各3点

問3 3点

*電流の定義式に1
点

問 4

問題文中で与えられた数値を代入すれば,

$$n = \frac{IB}{eV_H w}$$
$$= \frac{(1.6 \times 10^{-3} [\text{A}]) \times 0.84 [\text{T}]}{(1.6 \times 10^{-19} [\text{C}]) \times (20 \times 10^{-3} [\text{V}]) \times (5.0 \times 10^{-3} [\text{m}])}$$
$$\doteq 8.4 \times 10^{19} [\text{m}^{-3}]$$

(答) $8.4 \times 10^{19} [\text{m}^{-3}]$

問 5

キャリアがホールの場合も電子の場合と同じように、磁場からの力を z 軸負の向き、電場からの力を z 軸正の向きに受けるため、電場の向きは z 軸正の向きとなり、電位は端子 q の方が高くなる。

*答に 2 点

問 4 4 点

*答に 4 点

問 5 6 点

*ホールが磁場から z 軸負の向きに力を受けることに 1 点

*ホールが電場から z 軸正の向きに力を受けることに 1 点

*答に各 2 点

Ⅲ (25点)

【解答・採点基準】

問1

ガラス内での光の速さ： $\frac{c}{n}$ ガラス内での光の波長： $\frac{c}{nf}$

問2

ガラスYの上面で反射した光は位相が半波長ずれるので

$d = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{c}{f}$ となる。

(答) $\left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{c}{f}$

問3

問題文の条件より $AB:BC = DB:BA$ であるから、

$$AB:BC = DB:BA$$

$$|y_1| : (2R - z_1) = z_1 : |y_1|$$

$$\therefore y_1^2 = 2Rz_1 - z_1^2$$

ここで $(z_1)^2$ は0と近似してよいので $z_1 = \frac{y_1^2}{2R}$ となる。

(答) $\frac{y_1^2}{2R}$

問4

z_2 は問3と同様に考えれば $-\frac{x_1^2}{4R}$ となるから、

$$d = 2AE$$

$$= 2 \left(\frac{x_1^2}{4R} + \frac{y_1^2}{2R} \right)$$

$$= \frac{x_1^2}{2R} + \frac{y_1^2}{R}$$

となる。

問1 各2点 x 2

問2 5点

*半波長ずれる

ことに2点

*答えに3点

問3 5点

* $y_1^2 = 2Rz_1 - z_1^2$

に3点

*答に2点

問4 5点

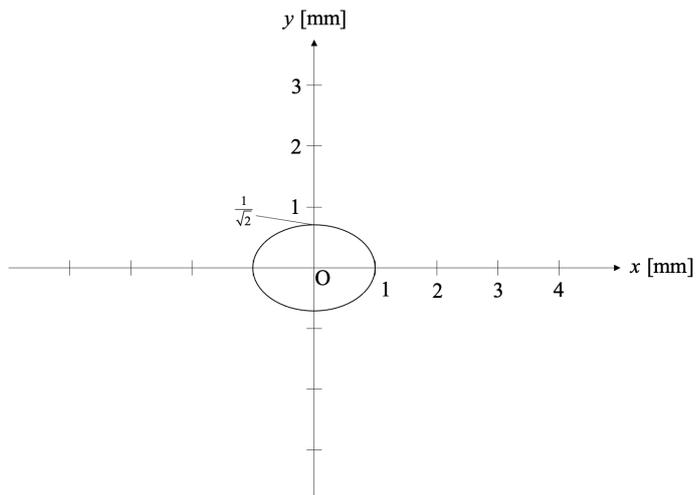
* $z_2 = -\frac{x_1^2}{4R}$ に2点

*答に3点

(答) $\frac{x_1^2}{2R} + \frac{y_1^2}{R}$

問5

方程式: $\frac{x^2}{2R} + \frac{y^2}{R} = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{c}{f}$



問5 各3点x2

*図に座標が記入
されていない
場合、1点減点