

2020 年度大学入試センター試験 解説 〈物理〉

第 1 問 小問集合

問 1 一様な棒の重心は棒の midpoint なので、重力加速度の大きさを g 、反時計回りに回転しようとするときを正として点 O のまわりの力のモーメントのつりあいより、

$$0 = mgl - Mg\left(\frac{3}{2}l - l\right) \quad \text{ゆえに、} \quad m = \frac{1}{2}M$$

(答) …③

問 2 直線電流による磁力線は直線電流のまわりにできて、直線電流と交わることはない。また、直線導線 A, B には同じ向きに電流が流れているので、右ねじの法則より直線導線 A, B の midpoint では磁場が 0 になる。磁力線は①のようになる。

(答) …①

問 3 音が最小の状態から管 D を引き出して再び最小になるとき、経路 ADC は 1 波長分だけ長くなる。したがって、

$$\lambda = 2L$$

(答) …④

問 4 はじめの気体の圧力を p 、体積を V 、絶対温度を T とする。

ア 気体の絶対温度を一定に保って圧力が $\frac{1}{2}$ 倍になったときの気体の体積を V' とすると、ボイル・シャルルの法則より、

$$\frac{pV}{T} = \frac{\frac{1}{2}pV'}{T} \quad \text{ゆえに、} \quad V' = 2V$$

イ 気体の圧力を一定に保って絶対温度を $\frac{1}{2}$ 倍にしたときの体積を V'' とすると、ボイル・シャルルの法則より、

$$\frac{pV}{T} = \frac{pV''}{\frac{1}{2}T} \quad \text{ゆえに、} \quad V'' = \frac{1}{2}V$$

ウ 気体の物質量を n 、気体定数を R 、絶対温度を変化させる前の気体の内部エネルギーを U とすると、

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

気体の絶対温度を $\frac{1}{2}$ 倍にしたときの気体の内部エネルギーを U' とすると、

$$U' = \frac{3}{2}nR \cdot \frac{1}{2}T = \frac{1}{2}U$$

(答) …③

問5 小球 A, B の衝突前, 小球 A, B が運動する直線に沿った方向での小球 A, B の運動量の和は, 右向きを正として,

$$2mv + m(-2v) = 0$$

運動量保存則より, 衝突後もこの方向の運動量は 0 である。また, 衝突前に運動する直線と垂直な方向での運動量の和も 0 である。

したがって, 衝突後の小球 A, B の運動量の和は 0 になるので, 小球 B は衝突後, 小球 A とは正反対の向きに小球 A と同じ大きさの運動量で運動する。

(答) …④

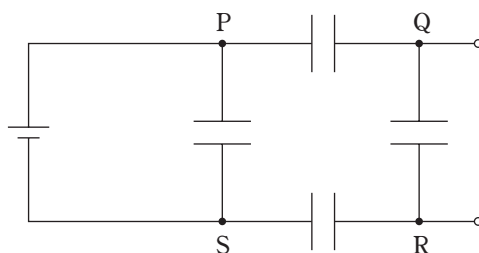
第2問 電磁気

A

問1 図1(b)の導体を導線に描きかえ, 誘電体が導体にはさまれている箇所をコンデンサーに描きかえると, 図1(c)のような回路になる。図2も同様に描きかえると, ④のような回路になる。

(答) …④

問2 図3も同様に描きかえると, 次図のようになる。



電池の電圧を E とすると, 経路 PQRS には電気容量の等しいコンデンサーが 3 個直列に接続されているので, それぞれのコンデンサーには電圧が $\frac{1}{3}E$ ずつかかる。したがって, 導体 Q, R 間の電圧は電池の電圧の $\frac{1}{3}$ 倍となる。

(答) …②

B

問3 ア 荷電粒子 A は正に帯電しているので, 荷電粒子 A の運動の向きを電流の流れる向きとしてフレミングの左手の法則を用いると, 電極 Q と面 S の間の領域では, 荷電粒子 A には図4の下向きに磁場から力がはたらく。したがって, (b)の軌道を描く。

イ フレミングの左手の法則より, 荷電粒子 A に磁場からはたらく力は常に運動の向きと垂直であり, 荷電粒子 A には仕事をしない。したがって, 荷電粒子 A の運動エネルギーは変化しない。

(答) …⑤

問4 ウ 電極 P, Q 間での静電気力による仕事と運動エネルギー変化の関係より,

$$\frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}mv^2 = qV \quad \text{ゆえに, } V = \frac{3mv^2}{2q}$$

エ 荷電粒子 B の質量を $M (> m)$, 電極 Q の穴を通過したときの速さを v' とすると, ウと同様に,

$$\frac{1}{2}Mv'^2 - \frac{1}{2}Mv^2 = qV$$

ウの結果を代入して,

$$\frac{1}{2}Mv'^2 - \frac{1}{2}Mv^2 = \frac{3}{2}mv^2$$

$$\text{よって, } v'^2 = \left(1 + \frac{3m}{M}\right)v^2 < 4v^2$$

ゆえに, $v' < 2v$

(答) …③

第3問 波動

A

問1 ア 隣り合う山と山の間隔は波長に等しい。波長を λ とすると, 波の基本式より,

$$V = \frac{\lambda}{T} \quad \text{ゆえに, } \lambda = VT$$

イ 観測者が最初の山を観測してから次の山を観測するまでに, 観測者は x 軸の正の向きに $v_0 T_1$ だけ移動し, この間に波は x 軸の正の向きに VT_1 だけ伝わる。したがって, 山と山の間隔は, $VT_1 - v_0 T_1$ である。波源が静止しているとき, 水を伝わる波の波長は変化しないので,

$$VT_1 - v_0 T_1 = \lambda \quad \text{ゆえに, } T_1 = \frac{\lambda}{V - v_0} = \frac{VT}{V - v_0}$$

(答) …③

問2 波源の周期が T であるから, $t = 2T$ から $t = 4T$ までの時間 $2T$ 間に波源からは 2 波長分の波が出る。また, 水の流れはないので, 波は速さ V で伝わる。 $t = 2T$ からは波源が x 軸の正の向きに速さ $\frac{V}{4}$ で移動するので, $t = 2T$ 以降の波長を λ' とすると,

$$VT - \frac{V}{4}T = \lambda' \quad \text{ゆえに, } \lambda' = \frac{3}{4}VT = \frac{3}{4}\lambda$$

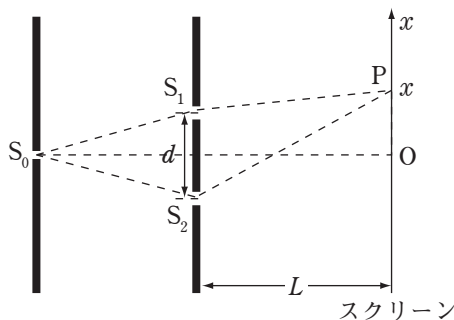
よって, ②のような波形になる。

(答) …②

B

問3 次図のようにスクリーン上に原点 O をとって x 軸を設定し、複スリット板とスクリーンの距離を L 、 x 軸上の点 P の x 座標を x とすると、

$$|S_1P - S_2P| \doteq \frac{dx}{L}$$



光の波長を λ とすると、点 P に明線が生じる条件は、 m を整数として、

$$\frac{dx}{L} = m\lambda \quad \text{ゆえに、} \quad x = \frac{m\lambda L}{d}$$

スクリーン上の隣り合う明線の間隔を Δx とすると、

$$\Delta x = \frac{(m+1)\lambda L}{d} - \frac{m\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d}$$

ウ 赤色より紫色のほうが光の波長 λ は小さいので、紫色のほうが明線の間隔 Δx は狭い。

エ d を小さくすると、明線の間隔 Δx は広くなる。

(答) 3 …⑥

問4 オ $n > 1$ より、平凸レンズの下面での反射で光の位相は変化せず、平面ガラス上の点 P での反射で光の位相が π ずれる。反射した光が強め合う条件は、

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad \text{ゆえに、} \quad \frac{2d}{\lambda} = m + \frac{1}{2}$$

カ $1 < n' < n$ より、反射による位相のずれは液体を満たす前と変わらない。また、液体で満たすと、平凸レンズと平面ガラスの間の光学距離が大きくなるので、液体を満たす前の光学距離と等しい位置（強め合う位置）は、満たす前より内側になる。したがって、明環の半径は小さくなる。

(答) 4 …⑦

第4問 力学

A

問1 右向きを正として、合体する直前の小物体 A, B と合体した直後の小物体 C の運動量保存則より,

$$mv + 3m \cdot 0 = 4mV \quad \text{ゆえに, } V = \frac{1}{4}v$$

(答) …①

問2 小物体 C が点 P に達したときの速さを V_P , 点 P で小物体 C が円筒面から受ける垂直抗力の大きさを N とすると, 点 P での小物体 C の円運動の運動方程式は,

$$4m \frac{V_P^2}{r} = 4mg + N \dots\dots(1)$$

また, 床面を重力による位置エネルギーの基準として, 床面と点 P での小物体 C の力学的エネルギー保存則より,

$$\frac{1}{2} \cdot 4mV^2 + 4mg \cdot 0 = \frac{1}{2} \cdot 4mV_P^2 + 4mg \cdot 2r$$

ゆえに,

$$V_P^2 = V^2 - 4gr \dots\dots(2)$$

(1) を N について解いて, (2) を代入すると,

$$N = 4m \frac{V_P^2}{r} - 4mg = 4m \frac{V^2 - 4gr}{r} - 4mg = \frac{4mV^2}{r} - 20mg$$

小物体 C が点 P を通過するとき, $N \geq 0$ なので,

$$\frac{4mV^2}{r} - 20mg \geq 0$$

$$V > 0 \text{ より, } V \geq \sqrt{5gr}$$

(答) …②

B

問3 鉛直下向きを正として, 小球 2 の鉛直方向の力のつりあいより,

$$0 = mg - ks \quad \text{ゆえに, } s = \frac{mg}{k}$$

また, 小球 1 はばねから鉛直下向きに大きさ ks の力で引かれるので, 小球 1 の鉛直方向の力のつりあいより,

$$0 = mg + ks - T \quad \text{ゆえに, } T = mg + ks = 2mg$$

(答) …③

問4 小球1の運動方程式より,

$$ma_1 = mg + ks \quad \text{ゆえに, } a_1 = g + \frac{ks}{m} = 2g$$

また, 小球2には糸の張力がはたらいっていないので, 糸を放した直後は力がつりあったままで, 加速度の大きさ $a_2 = 0$ である。

(答) …④

第5問 熱力学

問1 鉛直上向きを正として, 鉛直方向での容器にはたらく力のつりあいより,

$$0 = \rho S l_1 g - mg \quad \text{ゆえに, } l_1 = \frac{m}{\rho S}$$

(答) …①

問2 上昇を始める直前には, 容器が水槽の底面から受ける垂直抗力が0になる。したがって, 容器が上昇を始めたときの垂直抗力の大きさ $N = 0$ である。

また, 容器内の気体の圧力は, 気体と水の境界面の高さでの水圧に等しいので,

$$p_2 = p_0 + \rho l_2 g$$

(答) …②

問3 容器が上昇を始める直前の水温を T_2 とする。題意より気体の体積は Sl_1 なので, ボイル・シャルルの法則より,

$$\frac{p_1 Sl_1}{T_1} = \frac{p_2 Sl_1}{T_2} \quad \text{ゆえに, } T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1$$

(答) …③

第6問 原子

問1 ア 原子番号を Z , 質量数を A とすると,

$$Z + 83 = 113$$

$$A + 209 = 278 + 1$$

$$\text{ゆえに, } Z = 30, A = 70$$

よって, ${}^{70}_{30}\text{Zn}$ とわかる。

イ ${}^{278}_{113}\text{Nh}$ が x 回の α 崩壊をして ${}^{254}_{101}\text{Md}$ になったとすると,

$$278 - 4x = 254 \quad \text{ゆえに, } x = 6$$

(答) …⑧

問2 ${}^4_2\text{He}$ 原子核は陽子 2 個と中性子 2 個からなる。ばらばらの核子が ${}^4_2\text{He}$ 原子核になったときの質量欠損を Δm とすると、

$$\begin{aligned}\Delta m &= (1.673 \times 10^{-27} \text{ kg} \times 2 + 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg} \times 2) - 6.645 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ &= 5.1 \times 10^{-29} \text{ kg}\end{aligned}$$

真空中の光の速さ $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ より、原子核の結合エネルギーを E とすると、

$$E = \Delta mc^2 = 5.1 \times 10^{-29} \text{ kg} \times (3.0 \times 10^8 \text{ m/s})^2 \doteq 4.6 \times 10^{-12} \text{ J}$$

(答) …⑤

問3 α 線は正に帯電しているので、電場と同じ向きに力がはたらく。 β 線は負に帯電しているので、電場とは逆向きに力がはたらく。 γ 線は電氣的に中性なので、直進する。したがって、⑥のような軌道になる。

(答) …⑥