

2009年度大学入試センター試験 解説 〈物理 I〉

第1問 小問集合

問1 動摩擦係数が μ のときに加速度の大きさを a_0 として、初速度が v_0 の場合に停止するまでの距離 L_0 は

$$0 - v_0^2 = 2 \cdot (-a_0) \cdot L_0 \text{ より } L_0 = \frac{v_0^2}{2a_0}$$

動摩擦係数が同じで初速度が $2v_0$ になると、停止するまでの距離 L_1 は

$$0 - (2v_0)^2 = 2 \cdot (-a_0) \cdot L_1 \text{ より } L_1 = \frac{2v_0^2}{a_0}$$

$$\therefore \frac{L_1}{L_0} = 4$$

(答) ⑤

初速度が同じで動摩擦係数が $\frac{\mu}{2}$ になると、加速度の大きさが $\frac{a_0}{2}$ になるので、停止するまでの距離 L_2 は

$$0 - v_0^2 = 2 \cdot \left(-\frac{a_0}{2}\right) \cdot L_2 \text{ より } L_2 = \frac{v_0^2}{a_0}$$

$$\therefore \frac{L_2}{L_0} = 2$$

(答) ③

問2 エネルギー保存より、消費電力が大きいほど手に加えるべき仕事が大きくなりハンドルの手ごたえが重い。発生する起電力の大きさ V が共通であると、抵抗の値を R として消費電力 P は $P = \frac{V^2}{R}$ である。ここで、

$$R_c(\text{不導体}) \gg R_a(\text{豆電球}) \gg R_b(\text{リード線})$$

なので、消費電力の大小関係は

$$P_c(\text{不導体}) \ll P_a(\text{豆電球}) \ll P_b(\text{リード線})$$

となるから、ハンドルの手ごたえは軽いほうから順に、cab となる。

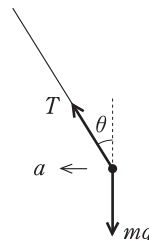
(答) ⑤

問3 糸の張力の大きさを T として、運動方程式は

$$\begin{cases} (\text{鉛直上向き}) & 0 = T \cos \theta - mg \\ (\text{水平左向き}) & ma = T \sin \theta \end{cases}$$

より T を消去して

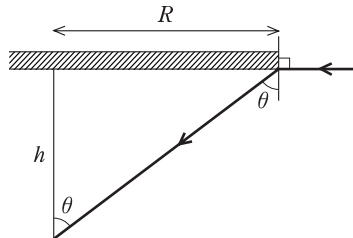
$$a = g \tan \theta$$



(答) ③

問4 光が入ってくる範囲が円板で覆われればよい。円板の端を通る光線は全反射の条件を満たすので、臨界角を θ として

$$n \sin \theta = \sin 90^\circ \text{ より } \sin \theta = \frac{1}{n}$$

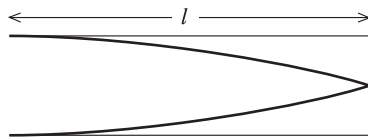


求める半径の最小値 R は

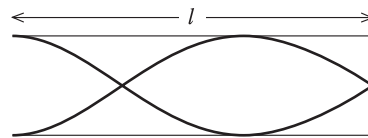
$$R = h \tan \theta = h \frac{\sin \theta}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} = \frac{h}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

(答) ⑥

問5 波長が λ のときと λ' のときの共鳴状態は、それぞれ図のようになる。



(波長 λ)



(波長 λ')

管の長さを l とすると

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{3}{4} \lambda' \text{ より } \lambda' = \frac{\lambda}{3}$$

また、音速を c とすると

$$c = f' \lambda' = f \lambda \text{ より } f' = \frac{\lambda}{\lambda'} f = 3f$$

(答) ⑥

問6 単位時間あたりに失われる水の位置エネルギーは

$$30 \text{ [kg/s]} \times 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]} \times 17 \text{ [m]} = 4998 \text{ [W]}$$

得られた電力への変換率は

$$\frac{2.2 \times 10^3 \text{ [W]}}{4998 \text{ [W]}} \doteq 0.44$$

(答) ④

第2問 電気

A

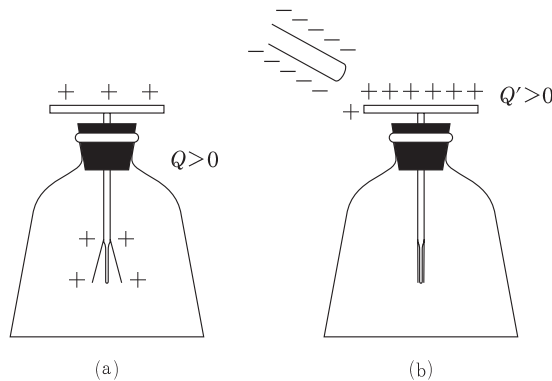
問1 正の帯電体を近づけると、金属中の負電荷である自由電子が異種電荷間の引き合う力によって引き寄せられる。…… b

はじめ帯電していなかった検電器の金属中では電気量の総量は 0 で一定なので、箔の部分は正に帯電する。…… c

正に帯電した箔は、同種電荷間の反発力によって開く。…… a

(答) ④

問2



(b)では負の帯電体に近い金属板に正電荷が集まるので、 $Q' > 0$
引き寄せられる前の(a)では、与えてあった電荷 Q は、 $Q > 0$

(答) ①

問3 負の帯電棒をさらに近づけると、金属板に正電荷がより多く集まるので、箔には負電荷が現われて反発力で開く。

指で金属板に触れると、負電荷の一部は箔から手を通して遠ざかるので、箔の開きは小さくなる。

(答) ⑥

B

問4 流れる電流が $\frac{20 \text{ [V]}}{500 \text{ [\Omega]}} = 0.04 \text{ [A]}$ ，通過した電気量は $0.04 \text{ [A]} \times 10 \text{ [s]} = 0.4 \text{ [C]}$ となる。

通過した電子の数は

$$\frac{0.4 \text{ [C]}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ [C]}} = 2.5 \times 10^{18} \text{ 個}$$

(答) ④

問5 流すことができる電気量が $35 \text{ [mA]} \times 20 \text{ [h]} = 700 \text{ [mA} \cdot \text{h]}$ で一定であれば、 100 [mA] の電流を流せる時間は

$$\frac{700 \text{ [mA} \cdot \text{h]}}{100 \text{ [mA]}} = 7 \text{ [h]}$$

(答) ②

第3問 波動

A

問1 PB間の距離は、PA間の距離 L よりも VT だけ長い。

$$\therefore PB=L+VT$$

(答) ③

問2 定常波の波長を λ とすると、 $\frac{\lambda}{2}=1.0$ [m] なので、 $\lambda=2.0$ [m] がわかる。

求める振動数 f は

$$f=\frac{340 \text{ [m/s]}}{2.0 \text{ [m]}}=170 \text{ [Hz]}$$

(答) ④

問3 Aから遠ざかるPにとっては、Aからの音の振動数は小さくなる。また、Bに近づくPにとっては、Bからの音の振動数は大きくなる。

Pは異なる振動数の2つの音によるうなりを観測するので、音の大きさが周期的に変化する。

(答) ⑤

B

問4 一回折光が強めあうのは、隣り合うスリットからの経路差が λ になるときなので、式で表すと $d \sin \theta = \lambda$ である。与えられた数値を用いると

$$\sin \theta = \frac{0.5 \times 10^{-6} \text{ [m]}}{1.0 \times 10^{-6} \text{ [m]}} = 0.5 \quad \therefore \theta = 30^\circ$$

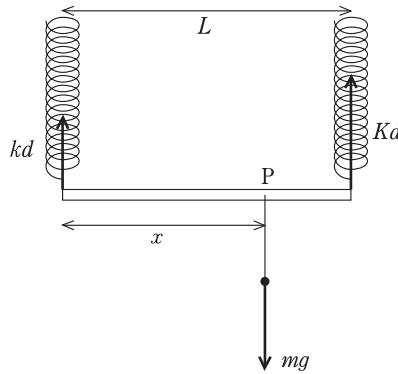
(答) ③

問5 一回折光が現われる方向 θ について、 $\sin \theta = \frac{\lambda}{d}$ が成り立つので、さまざまな波長 λ を含んだ光が入射すると、 λ が小さい光の色がよりPに近い側に現われる。紫、緑、赤の3色の波長には $\lambda_{\text{紫}} < \lambda_{\text{緑}} < \lambda_{\text{赤}}$ の関係があるから、スクリーン上にはPに近い側から紫→緑→赤の順に色の並び (スペクトル) が見られる。

(答) ①

第4問 力学, 熱とエネルギー

A



問1 鉛直方向の力のつりあい

$$kd + Kd = mg \text{ より } d = \frac{mg}{k+K}$$

(答) ③

問2 ばねAとばねBの弾性エネルギーをそれぞれ U_A , U_B とすると,

$$\begin{cases} U_A = \frac{1}{2} kd^2 \\ U_B = \frac{1}{2} Kd^2 \end{cases} \therefore \frac{U_B}{U_A} = \frac{K}{k}$$

(答) ③

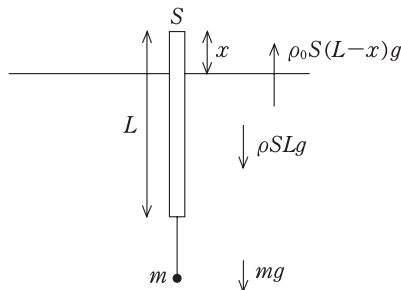
問3 求める距離を x とすると, 点Pまわりの力のモーメントのつりあいは

$$x \cdot kd = (L-x) \cdot Kd \quad \therefore x = \frac{K}{k+K} L$$

(答) ②

B

問4 浮きの体積は SL , 質量は ρSL である。また, 浮きの水中に沈んだ部分の体積が $S(L-x)$ なので, 上向きに受ける浮力の大きさは $\rho_0 S(L-x)g$ となる。



鉛直方向のつりあいの式は

$$\rho_0 S(L-x)g = \rho SLg + mg$$

これより

$$x = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_0}\right) L - \frac{m}{\rho_0 S}$$

(答) ⑥

問5 上向きを正として、糸が切れた直後の加速度を a とおくと、このときの運動方程式は

$$\rho SL \cdot a = \rho_0 S(L-x)g - \rho SLg$$

この式の右辺は問4のつりあいの式より mg と書き直すことができるから、

$$\rho SL \cdot a = mg \quad \therefore a = \frac{mg}{\rho SL}$$

(答) ①

C

問6 状態 A, B, C, D の温度をそれぞれ T_A, T_B, T_C, T_D とする。

$$\begin{cases} A \rightarrow B: \text{断熱膨張で温度は低下} & \therefore T_A > T_B \\ B \rightarrow C: \text{定圧加熱で温度は上昇} & \therefore T_B < T_C \\ C \rightarrow D: \text{定積加熱で温度は上昇} & \therefore T_C < T_D \\ D \rightarrow A: \text{等温圧縮で温度は一定} & \therefore T_D = T_A \end{cases}$$

以上より

$$T_B < T_C < T_A (= T_D)$$

(答) ④

問7 気体がピストンにした仕事は、体積が増加する場合に正、体積が減少する場合に負、体積が一定の場合には0である。

$$\begin{cases} B \rightarrow C \text{ では体積増加} & \therefore W_{B \rightarrow C} > 0 \\ C \rightarrow D \text{ では体積一定} & \therefore W_{C \rightarrow D} = 0 \\ D \rightarrow A \text{ では体積減少} & \therefore W_{D \rightarrow A} < 0 \end{cases}$$

(答) ②