大阪医科大学 2017年度（後期）入学試験 解答速報 物理

2017年3月10日 実施

I

(1)　x 成分：$\dfrac{\sqrt{2}}{2}v_0$ [m/s]，　y 成分：$-\dfrac{\sqrt{6}}{6}v_0$ [m/s]

(2)　$\left(\dfrac{\sqrt{2}}{2}+\dfrac{\sqrt{6}}{6}\right)\dfrac{v_0}{g}$ [s]

(3)　$\dfrac{\sqrt{3}}{3}$

(4)　$L=\left(\dfrac{1}{2}+\dfrac{\sqrt{3}}{6}\right)\dfrac{{v_0}^2}{g}$ [m]，　$h_1=\dfrac{{v_0}^2}{6g}$ [m]

(5)　$t_1=\left(\dfrac{\sqrt{2}}{2}-\dfrac{\sqrt{6}}{6}\right)\dfrac{v_0}{g}$ [s]，　$L_1=\dfrac{(\sqrt{3}-1){v_0}^2}{6g}$ [m]

(6)　$t_2=\dfrac{v_0}{\sqrt{6}g}$ [s]，　$h_2=\dfrac{{v_0}^2}{12g}$ [m]，　$L_2=\dfrac{{v_0}^2}{3g}$ [m]

(7)　$\dfrac{\sqrt{3}}{3}$ 倍

解説

(1)　衝突直前の速度の x 成分 v_{1x} は打ち出した直後の x 成分 $v_{0x}=\dfrac{v_0}{\sqrt{2}}$ と等しいので，$v_{1x}=\dfrac{v_0}{\sqrt{2}}$.

　また，y 成分は，$v_{1y}=-v_{1x}\tan 30^\circ=-\dfrac{v_0}{\sqrt{6}}$

(2)　速度の y 成分の変化から，$t=\dfrac{v_{1y}-v_{0y}}{-g}=\left(\dfrac{\sqrt{2}}{2}+\dfrac{\sqrt{6}}{6}\right)\dfrac{v_0}{g}$

(3)　速度の壁に垂直な成分は衝突時に $-e$ 倍となるので，

$$e=-\frac{v_{2x}}{v_{1x}}=\frac{\tan 30^\circ}{\tan 45^\circ}=\frac{1}{\sqrt{3}}$$

(4)　$L=v_{0x}t$，$h_1=\dfrac{{v_{1y}}^2-{v_{0y}}^2}{2(-g)}$

(5)　$t_1=\dfrac{2v_{0y}}{g}-t=\left(\dfrac{\sqrt{2}}{2}-\dfrac{\sqrt{6}}{6}\right)\dfrac{v_0}{g}$　　$L_1=ev_{1x}t_1=\dfrac{\sqrt{3}-1}{6}\dfrac{{v_0}^2}{g}$

(6)　B で床に衝突した直後の速度の y 成分は，$v_{3y}=ev_{0y}=\dfrac{v_0}{\sqrt{6}}$ だから，

$$t_2=\frac{v_{3y}}{g}=\frac{\sqrt{6}}{6}\frac{v_0}{g}\qquad h_2=\frac{1}{2}g{t_2}^2=\frac{1}{12}\frac{{v_0}^2}{g}\qquad L_2=ev_{1x}t_2\times 2=\frac{1}{3}\frac{{v_0}^2}{g}$$

(7)　n 回目の衝突直後の速度の y 成分を V_n とおくと，$n+1$ 回目の衝突までの時間 T_n は，$T_n=\dfrac{2V_n}{g}$.

　$V_{n+1}=eV_n$ より，

$$\frac{D_{n+1}}{D_n}=\frac{ev_{1x}t_{n+1}}{ev_{1x}t_n}=e=\frac{\sqrt{3}}{3}$$

＜次頁につづく＞

Ⅱ

(1) $T_0 = \dfrac{P_0V_0}{nR}$ [K]

(2) $T_\mathrm{B} = aT_0$ [K]

(3) $W_\mathrm{AB}{}' = (1-a)nRT_0$ [J]，$Q_\mathrm{AB} = -(1-a)n(C_v+R)T_0$ [J]

(4) $Q_\mathrm{BC} = a(b-1)nC_vT_0$ [J]

(5) $a^{\frac{C_v+R}{C_v}} \cdot bT_0$ [K]

(6) $-ab(1-a^{\frac{R}{C_v}})nC_vT_0$ [J]

(7) イ． $\mathrm{B} \to \mathrm{C}$

(8) 0.27

解説

以下，状態 B の温度を T_B，状態変化 $\mathrm{A} \longrightarrow \mathrm{B}$ において，気体のした仕事 W_AB，内部エネルギーの変化 $\varDelta U_\mathrm{AB}$，気体が吸収した熱量 Q_AB などと書くことにする．

(1) 状態方程式 $P_0V_0 = nRT_0$ から $T_0 = \dfrac{P_0V_0}{nR}$

(2) ボイル・シャルルの法則から $\dfrac{P_0V_0}{T_0} = \dfrac{P_0 \cdot aV_0}{T_\mathrm{B}}$． $\therefore\ T_\mathrm{B} = aT_0$

(3) $\mathrm{A} \longrightarrow \mathrm{B}$ は定圧変化であるから，$W_\mathrm{AB} = -P_0\left(V_\mathrm{A} - V_\mathrm{B}\right)$．

よって気体がされた仕事は $W_\mathrm{AB}{}' = -W_\mathrm{AB} = (1-a)nRT_0$

$Q_\mathrm{AB} = \varDelta U_\mathrm{AB} + W_\mathrm{AB} = -nC_v(1-a)RT_0 - (1-a)nRT_0 = -(1-a)n(C_v+R)T_0$

(4) $\mathrm{B} \longrightarrow \mathrm{C}$ は定積変化であるから $W_\mathrm{BC} = 0$．

熱力学第一法則により $Q_\mathrm{BC} = \varDelta U_\mathrm{BC} = nC_v\left(T_\mathrm{C} - T_\mathrm{B}\right) = a(b-1)nC_vT_0$

(5) $\gamma = \dfrac{C_v+R}{C_v}$ と書くことにすると，$PV^\gamma = $ 一定 より $TV^{\gamma-1} = $ 一定 が成り立つので，

$T_\mathrm{C}V_\mathrm{C}{}^{\gamma-1} = T_\mathrm{D}V_\mathrm{D}{}^{\gamma-1} \iff abT_0 \cdot (aV_0)^{\gamma-1} = T_\mathrm{D}V_0{}^{\gamma-1}\quad \therefore\quad T_\mathrm{D} = a^\gamma bT_0$

(6) $\varDelta U_\mathrm{CD} = nC_v\left(T_\mathrm{D} - T_\mathrm{C}\right) = -ab\left(1 - a^{\gamma-1}\right)nC_vT_0$

(8) $e = \dfrac{W_\mathrm{AB} + W_\mathrm{CD}}{Q_\mathrm{BC}} = \dfrac{-(1-a)nRT_0 + \left(ab - a^\gamma b\right)nC_vT_0}{a(b-1)nC_vT_0} = \dfrac{10 - 6 \cdot 2^{\frac{1}{3}}}{9} \fallingdotseq 0.27$

＜次頁につづく＞

III

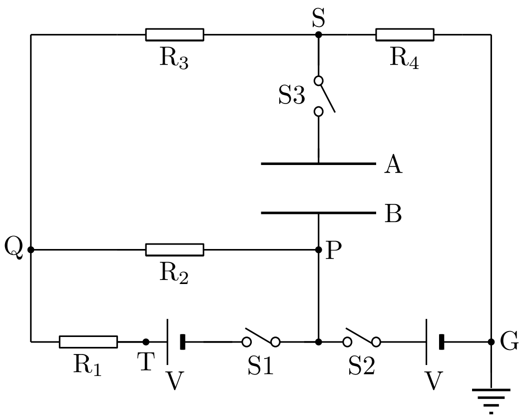
(1) $\dfrac{1}{2}CV$ [C]

(2) $\dfrac{2}{9}CV^2$ [J]

(3) $-\dfrac{2}{5}CV$ [C]

(4) $\dfrac{CV^2}{8d}$ [N]

(5) $\dfrac{3}{16}CV^2$ [J]



解説

上図のように抵抗と回路上の点の名称を決め，以下で用いる．

(1) R_1，R_2 に電流 $\dfrac{V}{2R}$ [A] が流れ，R_3 の電流が 0 となるので，点 SP 間の電圧が $\dfrac{V}{2}$ [V] となる．

(2) S2，S3 を閉じてしばらく時間が経ったとき，R_2，R_3，R_4 に同じ大きさの電流 $\dfrac{V}{3R}$ [A] が流れるので，点 SP 間の電位差が $\dfrac{2}{3}V$ [V] となる．S2 を開いた後，コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーがすべてジュール熱として失われる．

(3) すべてのスイッチを閉じてしばらく時間が経ったときの点 Q の電位を V' とする．点 P の電位が V，点 T の電位が $2V$ であることに注意して，点 Q についてのキルヒホッフの第 1 法則より，

$$\frac{2V-V'}{R}+\frac{V-V'}{R}=\frac{V'}{2R} \qquad \therefore V'=\frac{6}{5}V\,[\mathrm{V}]$$

点 S の電位が $\dfrac{V'}{2}=\dfrac{3}{5}V$ [V] であるので，A の電位は B よりも $\dfrac{2}{5}V$ [V] だけ低い．

(4) コンデンサーの静電エネルギーの変化 $\varDelta U=\dfrac{1}{8}CV^2$ [J]．求める力の大きさを F [N] として，$Fd=\varDelta U$．

(5) 最終的なコンデンサーの容量 C' は，容量 C と $2C$ のコンデンサーを直列に接続したものと等しくなるので，$C'=\dfrac{2}{3}C$ [F]．このコンデンサーに電荷 $\dfrac{1}{2}CV$ [C] が蓄えられているときのエネルギーがすべてジュール熱となる．

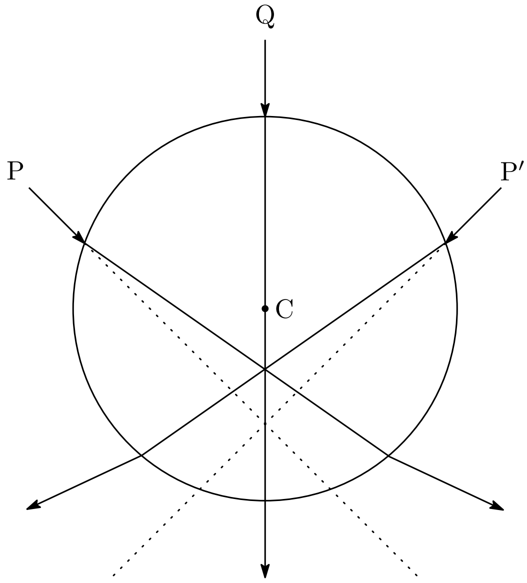
＜次頁につづく＞

Ⅳ

(1)　0.9 [倍]

(2)　$e\sqrt{\dfrac{k}{mr}}$ [m/s]

(3)



球に図の下向きの力を及ぼす．

$\boxed{\text{解説}}$

(1)　万有引力定数を G，地球の質量を M，地球の中心からの距離 xL の位置に質量を m の物体を置いたとすると，力のつり合いより，$G\dfrac{Mm}{(xL)^2} = G\dfrac{0.0123Mm}{(1-x)^2L^2} \iff (1-x)^2 = 0.0123x^2$ よって，$1-x \fallingdotseq 0.11x \qquad \therefore x \fallingdotseq \dfrac{1}{1.11} \fallingdotseq 0.9$ [倍]

(2)　求める速さを v とすると，円運動の運動方程式より，$m\dfrac{v^2}{r} = k\dfrac{e^2}{r^2} \qquad \therefore v = e\sqrt{\dfrac{k}{mr}}$ [m/s]

(3)　略解の図のように，屈折により P，P′ の光路が曲げられることで，P，P′ 合計の下向きの運動量は減少する．つまり，光束全体は上向きの力積を受ける．したがって，光はプラスチック球に下向きの力を及ぼす．

＜次頁につづく＞

講評

大問Ⅰ 放物運動と壁への斜め衝突.

大問Ⅱ 熱機関と熱効率.

大問Ⅲ コンデンサーと抵抗を含む回路.

大問Ⅳ 小問集合 (万有引力，荷電粒子の運動，光の屈折と光子による力積).

大問Ⅰ 内容は標準的．計算がやや複雑なので計算ミスに気をつけて完答したい.

大問Ⅱ 内容は標準的．符号や最後の数値計算はミスし易い.

大問Ⅲ 内容は標準的だが，回路がやや見にくく状況の変化が分かりづらい.

大問Ⅳ (3) の光子の運動量変化による力積の問題はやや難しいが他は標準的.

全体的に計算量は多いが，前期に比べて易化している．ボーダーラインは 7 割 5 分.