広島大学

平成 31 年度一般入試(前期日程)・
私費外国人留学生入試 2 月実施

解答例

科目名:

物理基礎・物理

解答の公表に当たって，一義的な解答が示せない記述式の問題等については，「出題の意図又は複数の若しくは標準的な解答例等」を公表することとしています。

また，記述式の問題以外の問題についても，標準的な解答例として正答の一つを示している場合があります。

解答例

[I]

問 1 角 θ のとき，小球の速さを v として，力学的エネルギー保存則より，

$$mgr\sin\theta = \frac{1}{2}mv^2$$

よって答えは $v = \sqrt{2gr\sin\theta}$

問 2 小球の速さが v のとき，小球に働く遠心力は mv^2/r である。問 1 の答えを用いて，遠心力は

$$\frac{mv^2}{r} = 2mg\sin\theta$$

である。重力の円筒面に垂直な成分は，$mg\sin\theta$ なので、垂直抗力の大きさは，これらの和に等しい。
よって答えは $3mg\sin\theta$

問 3 水平方向には力が働かないので，水平方向の速度は等速運動となるから $v_x = v_0$ である。鉛直方向には加速度 g の等加速度運動となるので，力学的エネルギー保存則，

$$\frac{1}{2}mv_y^2 = mgh$$

より，鉛直方向の速度は，$v_y = \sqrt{2gh}$ である。よって答えは，
$v_x = v_0, \qquad v_y = \sqrt{2gh}$

問 4 小球が水平面 A を離れてから水平板と衝突するまでの時間を t とすると，鉛直方向の等加速度運動より

$$\frac{1}{2}gt^2 = h$$

であるから，

$$t = \sqrt{2h/g}$$

を得る。時間 t の間に小球は水平方向に v_0t だけ進む。これが L を超えないためには，

$$v_0 \leqq L\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

($v_0 < L\sqrt{\dfrac{g}{2h}}$ でも正答とする)。

問５　鉛直方向の運動量保存則より

$$mv_y = mv'_y + 5mV$$

である。水平方向の運動量保存則より小球の水平方向の速度は変化しないので，力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv_y^2 = \frac{1}{2}mv_y'^2 + \frac{1}{2}5mV^2$$

も成り立つ。これらを解いて答えは，
$v'_y = -\frac{2}{3}v_y, \quad V = \frac{1}{3}v_y$

問６　求める距離を Y とすると，水平板に関する力学的エネルギー保存則

$$\frac{5}{2}mV^2 = \frac{1}{2}kY^2$$

を得るので，$Y = \sqrt{\frac{5m}{k}}V$ である。問５の答えを用いて，答えは
$Y = \sqrt{\frac{5m}{k}}\frac{v_y}{3}$

問７　答え $L\frac{3}{7}\sqrt{\frac{g}{2h}}$

[II]

問 1 極板間の距離を d, 極板の面積を S として, 極板間が誘電率 ε の誘電体で満たされているとき, コンデンサー 1 の静電容量は

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

と与えられる. この時、極板間の電圧を V_0 として、極板に蓄えられる電気量は

$$Q_1 = CV_0 = \frac{\varepsilon S V_0}{d}$$

である。また、この時の静電エネルギーは

$$U_1 = \frac{1}{2}Q_1 V_0 = \frac{\varepsilon S V_0^2}{2d}$$

と求められる. よって答えは

電気量: $\dfrac{\varepsilon S V_0}{d}$, 静電エネルギー: $\dfrac{\varepsilon S V_0^2}{2d}$

問 2 誘電体を完全に引き抜いたときのコンデンサー 1 の静電容量は、

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

である. 誘電体を引き抜く前後で電気量は変化しないので、このときの静電エネルギーは、

$$U_2 = \frac{Q_1^2}{2C_0} = \frac{\varepsilon^2 S V_0^2}{2\varepsilon_0 d}$$

となる. エネルギー保存則より, 誘電体になされた仕事は, 誘電体を引き抜いた前後の静電エネルギーの差に等しいので

$$W = U_2 - U_1 = \frac{\varepsilon^2 S V_0^2}{2\varepsilon_0 d} - \frac{\varepsilon S V_0^2}{2d} = \frac{\varepsilon(\varepsilon - \varepsilon_0) S V_0^2}{2\varepsilon_0 d}$$

である. よって答えは

仕事量: $\dfrac{\varepsilon(\varepsilon - \varepsilon_0) S V_0^2}{2\varepsilon_0 d}$

問 3 電気振動の周波数は, インダクタンス L と静電容量 C を用いて

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

と求められる. $C = C_0$ を代入して, 解答は

周波数: $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{d}{\varepsilon_0 SL}}$

問 4 AB の向きに注意して, グラフより選択する. 解答は

電流 I_{AB}: (イ), 　電圧 V_{AB} : (エ)

問 5 スイッチ S_2 を閉じた後のコンデンサー 1, 2 の電気量を q, Q とすると, キルヒホッフの第二法則より

$$\frac{q}{\frac{\varepsilon S}{d}} - \frac{Q}{\frac{\varepsilon S}{d}} = 0,$$

となり,

$$Q = q, \tag{1}$$

を得る. Q と q の和は, 最初にコンデンサー 1 に蓄えられていた電気量に等しいので

$$q + Q = \frac{\varepsilon S V_0}{d}, \tag{2}$$

である. 式 (1) と (2) より

$$Q = q = \frac{\varepsilon S V_0}{2d}$$

を得る. また静電容量は問 1 で求めた値と等しいので、電圧は $V_0/2$ である. 解答は

電気量 : $\dfrac{\varepsilon S V_0}{2d}$, 　電圧 : $\dfrac{V_0}{2}$

問 6 誘電体を取り除いた後のコンデンサー 1 の静電容量は $\varepsilon_0 S/d$ となる. キルヒホッフの第二法則より

$$\frac{q}{\frac{\varepsilon_0 S}{d}} - \frac{Q}{\frac{\varepsilon S}{d}} = 0$$

となる．これより

$$q = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}Q, \tag{3}$$

となる．q と Q の和は変わらないので、電気量の保存から

$$q + Q = \frac{\varepsilon S V_0}{d}, \tag{4}$$

が成り立っている．式 (3) と (4) より

$$Q = \frac{\varepsilon^2 S V_0}{(\varepsilon_0 + \varepsilon)d}$$

を得る．また, この時のコンデンサー 2 の静電容量は $\varepsilon S/d$ であるから，コンデンサー 2 の電圧は

$$V = \frac{\varepsilon V_0}{(\varepsilon_0 + \varepsilon)}$$

となる．解答は

電気量：$\dfrac{\varepsilon^2 S V_0}{(\varepsilon_0 + \varepsilon)d}$,　　電圧：$\dfrac{\varepsilon V_0}{(\varepsilon_0 + \varepsilon)}$

[III]

(1) $\dfrac{3}{2}nRT_2$

(2) $\dfrac{3}{2}nRT_1$

(3) 変わらずに

(4) $\dfrac{2}{3}$

(5) 増加して

(6) $\dfrac{2}{3}\dfrac{T_2}{T_1}$ あるいは $2^{\frac{5}{3}}$

* 上記の解答例は単原子分子理想気体によるものであるが、二原子分子理想気体、多原子分子理想気体によるものも正答.