2014年度　長崎大学（物理学）

概要

（試験概要）

解答方式	大問数	難易度	点数	時間
記述式	4問	標準		２科目１６０分

（設問別分析）

問題番号	領域	難易度	内容
1	力学	標準	力学総合問題
2	電磁気学	易しい	直流回路
3	波動	易しい	ドップラー効果
4	熱力学	やや易	気体分子運動論

（傾向・対策）基礎から標準的な問題の出題が多いが，本年度の大問 1 のような総合型の問題も時折見られる。まずは，基本的な事項をしっかりと習得し，その上で，標準的な問題集により応用力を養いたい。

問題 1

問 1 力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{m}{2}v_0^2 = mgh$$
$$\therefore\ v_0 = \sqrt{2gh}$$

問 2 小球 a の速度の y 成分 v_y は，$v_y = v_0 \sin\theta_B$。よって，力学的エネルギー保存則より，

$$mgy = \frac{m}{2}v_0^2 \sin^2\theta_B$$
$$\therefore\ y = \frac{v_0^2 \sin^2\theta_B}{2g}$$

問 3 小球が落下するまでに要する時間 t は，

$$t = \frac{2v_0 \sin\theta_B}{g}$$
$$\therefore\ x = \frac{2v_0^2 \sin 2\theta_B}{g}$$

問 4 質量の等しい小球の弾性衝突なので，衝突直後の小球 b の速度 v_b は，衝突直前の小球 a の速度に等しい。よって，$v_b = v_0 \cos\theta_B$。ゆえに，求めたい速度 v_G は，力学的エネルギー保存則より，

$$\frac{m}{2}v_B^2 = \frac{m}{2}v_G^2 + mgr(1-\cos\theta_0)$$
$$\therefore\ v_G = \sqrt{2gh\cos^2\theta_B - 2gr(1-\cos\theta_0)}$$

問 5 題意より，

$$N = mgr\cos\theta_0 + \frac{m}{r}v_G^2$$

問 6 小球 b が壁から離れるのは $N = 0$ のときである。よって，問 5 の結果を踏まえると，

$$v_H = \sqrt{-gr\cos\theta_H}$$

問題２－１

(1)

ア 抵抗率 ρ を用いて抵抗体の抵抗 R を表すと，

$$R = \rho\frac{l}{S}$$
$$\therefore\ \rho = 2.0 \times 10^{-3}\ \ [\Omega\cdot\mathrm{m}]$$

イ 回路の合成抵抗を R_a とおくと，

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{5}{4}$$
$$\therefore\ R_a = 0.8\ \ [\ \Omega\ ]$$

ウ オームの法則より，回路全体を流れる電流 I は，

$$I = \frac{E}{R_a} = 2.5\ [\mathrm{A}]$$

(2)

ア コンデンサの静電容量を誘電率 ε_0，ε_r，極板の面積 S，極板間隔 d を用いて表すと，

$$C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{d}$$

よって，$\varepsilon_r = 33.0$。

イ スイッチを閉じ，十分時間が経過してからはコンデンサが接続されている枝に電流が流れることはない。よって，回路全体の合成抵抗 R_b は，

$$R_b = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} = 1.0\ \ [\Omega]$$
$$\therefore\ I = \frac{E}{R_b} = 2.0\ [\mathrm{A}]$$

ウ （オ）より，$I_1 = 0$。

エ （オ）より，抵抗で消費される電力 $W = EI = 4.0[\mathrm{W}]$。

(3)

ア スイッチを閉じてから十分に時間が経過した後，コイルは導線としてみなせるので，回路全体の合成抵抗 R_c は，

$$R_c = \frac{2}{3}$$

よって，回路を流れる電流 I は，

$$I = \frac{E}{R_c} = 3.0\ \ [\mathrm{A}]$$

イ　（ク）の結果より，$I_1 = 1.0[\mathrm{A}]$。

ウ　（ケ）の結果より，

$$U_L = \frac{1}{2}LI_1^2 = 1.0 \times 10^{-4} \ \ [\mathrm{J}]$$

問題２－２

問１ イオン源の方が O 点よりも $(qEd)/2$ だけ位置エネルギーが高い。よって，エネルギー保存則より，

$$\frac{m}{2}v_0^2 = \frac{qEd}{2}$$
$$\therefore \ v_0 = \sqrt{\frac{qEd}{m}}$$

問２ 電荷は磁場から qv_0B の大きさの向心力を受け，等速円運動をする。この運動の半径を r_0 とおくと，

$$m\frac{v_0^2}{r_0} = qv_0B$$
$$\therefore \ r_0 = \frac{mv_0}{qB}$$

ゆえに，D_{op} の大きさは，

$$D_{op} = 2r_0 = \frac{2mv_0}{qB}$$

問３ 今度は，点 P の方が点 Q よりも qEd だけ位置エネルギーが大きい。

$$\frac{m}{2}v_Q^2 = \frac{m}{2}v_0^2 + qEd$$
$$\therefore \ v_Q = \sqrt{v_0^2 + \frac{2qEd}{m}} = \sqrt{\frac{3qEd}{m}}$$

よって，v_Q のほうが v_0 より $\sqrt{3}$ 倍大きい。

問４ 領域 X において，電荷は速さ v_0，半径 $(mv_0)/(qB)$ の等速円運動をしている。この運動の周期 T は，

$$T = \frac{2\pi r_0}{v_0} = \frac{2\pi m}{qB}$$

この結果より，磁場中における電荷の等速円運動の周期は，電荷の電気量の大きさ，質量，および空間の磁束密度のみに依存することが分かる。ゆえに，領域 Y において，QR 間を移動するのに要する時間は，領域 X において OP 間を移動するのに要する時間に等しい。よって，

$$t_1 = \frac{2\pi m}{qB}$$

問 5 問 3 と同様に考えると，点 S における電荷の速さ v_s は，

$$v_s = \sqrt{5}v_0$$

領域 Z において，電荷の加速度は $a = (qE)/m$ 一定なので，

$$v_s = v_0 + at_2$$
$$\therefore\ t_2 = \frac{v_s - v_0}{a} = \frac{\sqrt{5}-1}{qE}mv_0$$

問題３

問 1 周期 T は,

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

問 2 A と G

問 3 高い：K，低い：C

問 4 題意より,

$$f_1 = \frac{V}{V - v} f$$
$$f_2 = \frac{V}{V + v} f$$

これら二式を整理すると,

$$v = \frac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2} V$$

問 5 DP の距離は $\sqrt{5}r$。よって,

$$t_D = \frac{\sqrt{5}}{V} r$$

音源が観測者から遠ざかる速さ v_{DP} は，$\angle OPD = \theta$ とすると,

$$v_{DP} = v \cos\theta = \frac{\sqrt{5}}{2} v$$

よって,

$$f_D = \frac{2V}{2V + \sqrt{5}v} f$$

問 6 図より,

$$t_1 = \frac{4}{12} T = \frac{2\pi r}{3v}$$

次に，音源が C 点から G 点に達するまでに要する時間 t_a は,

$$t_a = \frac{4}{12} T = \frac{2\pi r}{3v}$$

ところで，C 点で発した音が観測者に届くまでに要する時間 t_b は,

$$t_b = \frac{\sqrt{5}r}{v}$$

また，G 点で発した音が観測者に届くまでに要する時間 t_c は,

$$t_c = \frac{3r}{v}$$

よって,

$$t_2 = t_a - t_b + t_c = \frac{2\pi r}{3v} + \frac{3 - \sqrt{3}}{v} r$$

問題4

（あ）仕事率は，

$$p = Fv$$

（い）ピストンの断面積を S とすると，$t=0$ のときの気体の体積 $V(0)$ および，時刻 t における気体の体積 $V(t)$ は，

$$V(0) = L_0 S$$
$$V(t) = (L_0 - vt)S$$

定圧変化なので，シャルルの法則が成り立つ。よって，

$$\frac{V(0)}{T_0} = \frac{V(t)}{T}$$
$$\therefore\ T = \frac{V(T)}{V(0)}T_0 = \frac{L - vt}{L_0}T_0$$

また，このときの気体の内部エネルギーは，

$$U = \frac{3}{2}nRT = \frac{3nR(L - vt)}{2L_0}T_0$$

（う）熱力学の第一法則より，

$$Q = \Delta U + W$$

（え）衝突後の分子の速度の x 成分の平均値を $\overline{V_x}$ とおく。ピストンは常に一定の速さで運動しているので，Δt 秒間に外力がピストンに与えた力積と気体分子がピストンに与える力積は等しい。よって，

$$F\Delta t = mN(\overline{v_x} + \overline{V_x})$$
$$\therefore\ \overline{V_x} = \frac{F\Delta t}{mN} - \overline{v_x}$$

（お）反発係数の定義より，

$$1 = \frac{\overline{V_x} - v}{v + \overline{v_x}}$$
$$\therefore\ \overline{V_x} = \overline{v_x} + 2v$$

（か）もし，シリンダーが冷却されず，また，外部に熱が伝わらなければ,（お）の結果より，気体を圧縮することで運動エネルギーは増加し，それゆえ，内部エネルギーも増加する。理想気体の場合，内部エネルギーは温度のみの関数となるので，気体の温度は上昇する。