

2014年度 広島大学（物理学）

概要

（試験概要）

解答方式	大問数	難易度	点数	時間
一部記述	4	標準	100	60分

（設問分析）

問題番号	領域	難易度	内容
1	力学	標準	万有引力
2	熱力学	やや易	気体の状態
3	電磁気	標準	直流回路
4	電磁気	やや難	荷電粒子の運動

（傾向・対策）

標準的な難易度の問題が出題されることが多い。2014年から4題構成となった。しかし、電磁気から2題出題されたため、波動は出なかった。来年は4つの分野全てから出題される可能性もある。1時間で4題とやや分量は多めである。標準的な問題をスピーディーに解くことができるように練習しておきたい。

問題 1

物理の範囲の中で力学を得意とする受験生は多い。しかし、出題頻度の低い万有引力の分野だけは手薄である場合は珍しくない。ヤマを張らずに、まんべんなく学習することが大事だ。

問 1

力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mvv_0^2 - \frac{GMm}{h} = \frac{1}{2}mvv_1^2 - \frac{GMm}{d}$$

問 2

ケプラーの第二法則より

$$\frac{1}{2}v_0h = \frac{1}{2}v_1d \quad \therefore v_1 = \frac{h}{d}v_0$$

問 1 の式に代入して

$$v_0 = \sqrt{\frac{2GMd}{(h+d)h}}$$

問 3

円運動の運動方程式より

$$\frac{mv_2^2}{2d} = \frac{GMm}{2d^2} \quad \therefore v_2 = \sqrt{\frac{GM}{d}}$$

$$T = \frac{2\pi d}{v_2} = 2\pi \sqrt{\frac{d^3}{GM}}$$

問 4

問 2 より

$$v_0 = \sqrt{\frac{2GMd}{(h+d)d}}$$

点 B での運動量保存則より

$$mv_1 = \frac{m}{2}v_2$$

$$m\sqrt{\frac{2GMh}{(h+d)d}} = \frac{m}{2}\sqrt{\frac{GM}{d}}$$

$$\frac{d}{h} = 7$$

問 5

ウ

問 6

ケプラーの第三法則より

$$\frac{T^2}{d^3} = \frac{T'^2}{\left(\frac{4}{7}d\right)^3}$$

$$\frac{T'}{T} = \left(\frac{4}{7}\right)^{\frac{3}{2}}$$

問題 2

基本的な熱力学の問題である。ミスのないように解きたい。

ア)

シャルルの法則より全体の体積は $4V_0$ 。よって B の体積は $3V_0$

イ)

$$W_1 = P_0(3V_0 - V_0) = 2P_0V_0$$

ウ)

$$\Delta U_1 = Q - W_1 = Q - 2P_0V_0$$

エ)

シャルルの法則より、

$$T_B = \frac{2}{3}T_0$$

オ)

元の状態に戻ったから、内部エネルギーの変化は 0。

仕事の総和は、

$$W = W_1 + P_0(V_0 - 3V_0) = 0$$

したがって、

$$Q - Q_2 = 0 \quad Q_2 = Q$$

問題 3

基本的な回路の問題だが、問 6 はやや計算が煩雑である。全体の分量を考えると、後回しでもいいかもしれない。

問 1

抵抗値は長さに比例する。

$$R_A = \frac{a}{l} R$$

問 2

キルヒホッフの第一法則より

$$\begin{aligned} I_x &= I_A + I_G \\ I_0 &= I_A + I_B + I_G \\ I_M &= I_B + I_G \end{aligned}$$

問 3

キルヒホッフの第二法則より

$$\begin{aligned} V &= R_A I_A + R_X I_X \\ I_X &= \frac{V}{R_A + R_X} \end{aligned}$$

問 4

抵抗の長さの比から

$$V_B = \frac{b_0}{l - a} V$$

問 5

抵抗 r にかかる電圧は 0 だから

$$\begin{aligned} I_X R_X &= V_B \\ \frac{R_X V}{R_A + R_X} &= \frac{b_0}{l - a} V \\ R_X &= \frac{b_0}{l - a - b_0} R_A = \frac{a b_0}{(l - a - b_0) l} R \end{aligned}$$

問 6

$$\begin{aligned} R_P &= \frac{l - a - b_0}{l} R = \frac{R}{4} \\ R_B &= \frac{R}{2} \\ R_X &= \frac{R}{2} \end{aligned}$$

これらより回路の合成抵抗は

$$R' = \frac{R}{4} + \frac{(R + 2r)R}{4(R + r)} = \frac{(2R + 3r)R}{4(R + r)}$$

よって全体の消費電力は

$$W = \frac{V^2}{R'} = \frac{4(R + r)V^2}{(2R + 3r)R}$$

問題 4

荷電粒子の運動を扱った問題。計算がやや煩雑である。

問 1

領域 A1: : イ 領域 A2: : エ

問 2

イオンの速度の x 成分は一定だから

$$t = \frac{2d + L_1}{v_0}$$

運動方程式より

$$ma = qE \quad \therefore a = \frac{qE}{m}$$

かかる時間は L_1/v_0 。

A1 の右端に達した時の y 方向の速度と y 座標は

$$v_y = \frac{qEL_1}{mv_0}$$

$$y_A = \frac{qE}{2m} \left(\frac{L_1}{v_0} \right)^2$$

A1 を出ていく角度について

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{qEL_1}{mv_0^2}$$

これより

$$y = y_A + dtan\theta = \frac{qEL_1(L_1 + 2d)}{2mv_0^2}$$

問 3

A1 以外の領域では運動エネルギー K は変化しない。

力

問 4

A2 に達した時の速さを v として、運動方程式より

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \quad \therefore r = \frac{mv}{qB}$$

A2 で θ 回転するとして

$$v\sin\theta = \frac{qEL_1}{mv_0}$$

$$L_2 = r\sin\theta = \frac{mv\sin\theta}{qB} = \frac{EL_1}{Bv_0}$$

よって

$$B = \frac{EL_1}{v_0L_2}$$