令和７年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（後期日程）〔解答例〕

問題１

(1)　物体の質量を m_0 とおくと、等速円運動の運動方程式より

$$m_0\frac{v_0^2}{3R}=G\frac{Mm_0}{(3R)^2}\qquad \therefore v_0=\sqrt{\boldsymbol{\frac{GM}{3R}}}$$

(2)　点Ｂでの速さを v_B とおくと、力学的エネルギー保存の法則より

$$\frac{1}{2}m_0v_B^2-G\frac{Mm_0}{3R}=\frac{1}{2}m_0v_A^2-G\frac{Mm_0}{R}\qquad \therefore v_B=\sqrt{\boldsymbol{v_A^2-\frac{4GM}{3R}}}$$

ケプラーの第２法則（面積速度一定の法則）より

$$\frac{1}{2}Rv_A\sin\theta=\frac{1}{2}\ 3Rv_B\qquad \therefore \sin\theta=\frac{3v_B}{v_A}=\boldsymbol{3\sqrt{1-\frac{4GM}{3Rv_A^2}}}$$

（ただし、点Ｂに到達するためには $v_A>2\sqrt{\frac{GM}{3R}}$ である必要がある。）

(3)　地球の密度は $\rho=M/\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)=3M/(4\pi R^3)$ なので、半径 $|x|$ の球内にある部分の質量は $M_x=\frac{4}{3}\pi|x|^3\rho=M|x|^3/R^3$ である。よって、物体に働く万有引力の大きさは $G\frac{M_xm}{x^2}=G\frac{Mm}{R^3}|x|$ 、方向を考えれば $-G\frac{Mm}{R^3}x$ となるので、

$$k=\boldsymbol{G\frac{Mm}{R^3}}$$

(4)　復元力 $-kx$ による単振動の周期は $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ であり、物体が点Ｐを出発してから初めて中心Ｏに到達するまでの時間は周期の４分の１なので

$$T=\boldsymbol{\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

一方、力学的エネルギー保存の法則より、

$$\frac{1}{2}mV^2=\frac{1}{2}kR^2\quad \therefore V=\boldsymbol{R\sqrt{\frac{k}{m}}}$$

(5)　物体の点Ｐから点Ｑまでの運動は単振動の一部なので、位置と速度は $x=A\sin(\omega t+\phi)$、$v=A\omega\cos(\omega t+\phi)$ と表される。ただし、ϕ は初期位相である。

初速度を与えた場合も復元力は $-kx$ で変わらないので角振動数は $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}=\frac{\pi}{2T}$ である。中心Ｏに到達したときの速さが最大で、その値は静かに落としたときの速さ $V=R\sqrt{\frac{k}{m}}=R\omega$ の２倍なので、

$$A\omega = 2V \quad \therefore A = \frac{2V}{\omega} = 2R$$

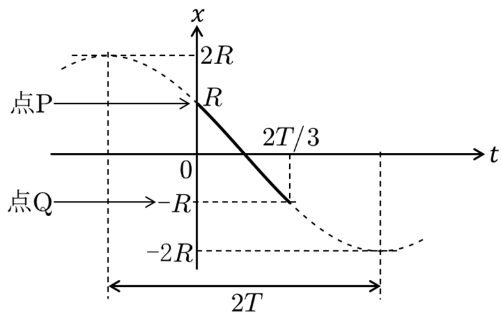
点 P を出発するときの時刻を$t = 0$とすると、点 P における物体の位置は$x = R$であり、このときの速度が$v = 2R\omega\cos\phi < 0$であることに注意すると、

$$x = 2R\sin\phi = R \quad \therefore \sin\phi = \frac{1}{2} \quad \therefore \phi = \frac{5}{6}\pi$$

よって、物体の位置と速度は

$$x = 2R\sin\left(\frac{\pi}{2T}t + \frac{5}{6}\pi\right) \qquad v = 2V\cos\left(\frac{\pi}{2T}t + \frac{5}{6}\pi\right)$$

となり、位置 x のグラフは右図のようになる。



点 P を出発してから初めて点 Q に到達するまでの時間は、

$$x = 2R\sin\left(\frac{\pi}{2T}t + \frac{5}{6}\pi\right) = -R$$

$$\therefore \quad \sin\left(\frac{\pi}{2T}t + \frac{5}{6}\pi\right) = -\frac{1}{2}$$

$$\therefore \quad \frac{\pi t}{2T} + \frac{5}{6}\pi = \frac{7}{6}\pi$$

$$\therefore \quad t = \boldsymbol{\frac{2}{3}T}$$

令和７年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（後期日程）〔解答例〕

問題２

(1) 端子 C と D の間に(a)の抵抗を接続した場合，AB 間の合成抵抗を R_{AB} [Ω] とすると

$$\frac{1}{R_{\mathrm{AB}}}=\frac{1}{8}+\frac{1}{4+8+4}=\frac{3}{16}\,,\qquad R_{\mathrm{AB}}=\frac{16}{3}\ \Omega$$

さらにこの回路全体の合成抵抗を R_1 [Ω] とすると，

$$R_1=4+\frac{16}{3}+4=\frac{40}{3}\ \Omega$$

回路を流れる全電流 I_1 [A] は，

$$I_1=\frac{16.0}{40/3}=\frac{48}{40}=\frac{6}{5}=1.2\ \mathrm{A}$$

よって AB 間の電位差 V_{AB} [V] は，

$$V_{\mathrm{AB}}=R_{\mathrm{AB}}\times I_1=\frac{16}{3}\times\frac{6}{5}=\frac{32}{5}=6.4\ \mathrm{V}$$

（答）6.4 V

(2) 端子 C と D 間に接続された 8.0 Ωの抵抗に流れる電流を I_{CD} [A] とすると，

$$I_{\mathrm{CD}}=\frac{V_{\mathrm{AB}}}{4+8+4}=\frac{6.4}{16}=0.40\ \mathrm{A}$$

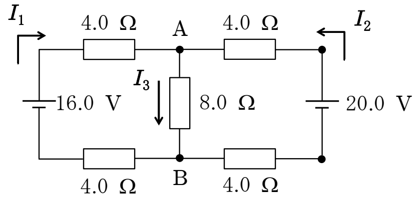
（答）0.40 A

(3) このとき回路全体で消費される電力を P とすると，起電力 16.0 V の電池に流れる電流が I_1 であるから，

$$P=16.0\times I_1=16\times1.2=19.2\fallingdotseq 19$$

（答）19 W

(4) 端子 C に端子 E を，端子 D に端子 F を接続した場合，回路に流れる電流を下図の向きに I_1，I_2，I_3 とおくと，点 A においてキルヒホッフの第 1 法則から，



$$I_1+I_2=I_3\cdots①$$

また，左側と右側の閉回路においてキルヒホッフの第 2 法則から，

$$16=4I_1+8I_3+4I_1\cdots②$$
$$20=4I_2+8I_3+4I_2\cdots③$$

がそれぞれ成り立つ。①，②，③式より，

$$I_1=0.50\ \mathrm{A},\ I_2=1.0\ \mathrm{A},\ I_3=1.5\ \mathrm{A}$$

AB 間の 8.0 Ωの抵抗に流れる電流は I_3 で図の向きと同じである。

（答）向き：A→B　大きさ：1.5 A

(5) 前問とは逆に，端子 C に端子 F を，端子 D に端子 E を接続した場合，(4)の図とは起電力 20.0V の電池の向きが逆となる。それでも(4)と同様の向きに電流を I_1，I_2，I_3 とおくと，①と②はそのまま成り立ち，③のみ 20.0 から −20.0 と置き換えた式が成り立つ。それら 3 つの式より，

$$I_1 = \frac{13}{6}\ \mathrm{A},\ I_2 = -\frac{7}{3}\ \mathrm{A},\ I_3 = -\frac{1}{6} = -0.166\ldots \fallingdotseq -0.17\ \mathrm{A}$$

I_3 の値がマイナスであるので，上図の I_3 の向きとは逆向きの B→A に 0.17 A の電流が流れる。

（答）向き：B→A　大きさ：0.17 A

(6) (4)のとき起電力 16.0 V の電池には I_1=0.50 A，20.0 V の電池には I_2=1.0 A 流れる。よって回路全体で消費される電力 P_4 は，

$$P_4 = 16 \times 0.50 + 20 \times 1.0 = 28\ \mathrm{W}$$

(5)のとき起電力 16.0 V の電池には 13/6 A，20.0 V の電池には 7/3 A 流れる。よって(5)のとき，回路全体で消費される電力 P_5 は，

$$P_5 = 16 \times \frac{13}{6} + 20 \times \frac{7}{3} = \frac{244}{3} = 81.33\ldots \fallingdotseq 81\ \mathrm{W}$$

（答） P_4：28 W　 P_5：81 W

令和７年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（後期日程）〔解答例〕

問題３

（１）Ｂ内の気体は断熱変化するので，加熱後の B 内の気体の圧力をP_{B1}とすると，
PV^γ＝一定 を用いて，

$$P_0{V_0}^\gamma = P_{B1}\left(\frac{V_0}{2}\right)^\gamma$$

これより，$P_{B1} = 2^\gamma P_0$
これは加熱後の A 内の気体の圧力P_{A1}と等しいので，$P_{A1} = 2^\gamma P_0$
加熱後の A 内の温度をT_{A1}として, A 内の気体における$\frac{PV}{T}$一定より，

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{(2^\gamma P_0)\left(\frac{3}{2}V_0\right)}{T_{A1}}$$

これより，$T_{A1} = \mathbf{3 \cdot 2^{\gamma-1} T_0}$

A, Ｂ内の気体のした仕事は相殺するので，与えた熱量Q_1はすべて A, B 内の気体の内部エネルギー変化に使われる。また，内部エネルギーは$\frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}PV$と表されるため，

$$Q_1 = \left\{\frac{3}{2}(2^\gamma P_0)\left(\frac{3}{2}V_0\right) - \frac{3}{2}P_0V_0\right\} + \left\{\frac{3}{2}(2^\gamma P_0)\left(\frac{1}{2}V_0\right) - \frac{3}{2}P_0V_0\right\} = \mathbf{3(2^\gamma - 1)P_0V_0}$$

（２）加熱後の状態を状態 2，その後の断熱変化後の状態を状態 3 とすると，状態 2 から状態 3 で B 内の気体は断熱変化するので，状態 3 の B 内の気体の圧力をP_{B3}とすると，（１）と同様に計算して

$$P_{B3} = 2^\gamma P_0$$

これは状態 3 の A 内の気体の圧力P_{A3}と等しいので，$P_{A3} = 2^\gamma P_0$
状態 2 から状態 3 で，A 内の気体も断熱変化するので，状態 2 でのＡ内の気体の圧力をP_{A2}とすると

$$P_{A2}{V_0}^\gamma = (2^\gamma P_0)\left(\frac{3}{2}V_0\right)^\gamma$$

これより，$P_{A2} = 3^\gamma P_0$
与えた熱量Q_2は A 内の気体の内部エネルギー変化に使われ，上述のように内部エネルギーが$\frac{3}{2}PV$と表されることを用いて

$$Q_2 = \frac{3}{2}(3^\gamma P_0)V_0 - \frac{3}{2}P_0V_0 = \mathbf{\frac{3}{2}(3^\gamma - 1)P_0V_0}$$

令和７年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（後期日程）〔解答例〕

問題４

(1)
遠方で光の波が互いに打ち消す場合の光路差は半波長の奇数倍であるから

$$na-a=\frac{\lambda}{2}(2m+1)\quad \therefore a=\frac{(2m+1)\lambda}{2(n-1)}$$

この中で最も小さいのは$m=0$のときなので、

$$a=\frac{\lambda}{2(n-1)}$$

(2)
光路差＝(下のスリットを通るときの光路長)―(上のスリットを通るときの光路長)

$$na-a=\frac{\sqrt{3}}{2}(\sqrt{2}-1)\lambda$$

(3)
それぞれのスリットを通り明線方向へ進む光は同位相である。(2)で求めた光路差が 0 とλの間なので,

$$\mathrm{AC}=na=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\lambda$$

一方、$\mathrm{AB}=\sqrt{a^2+d^2}=\sqrt{3}\lambda$ なので、$\cos\phi=\frac{\mathrm{AC}}{\mathrm{AB}}$ より、$\underline{\phi=45}$ 度。

また、$\tan\delta=\frac{a}{d}=\frac{1}{\sqrt{3}}$ より $\underline{\delta=30}$度。 従って、$\underline{\theta=90-\delta-\phi=15}$ 度。