解答速報

大阪医科薬科大学（後期）　物理

2023年3月10日実施

I

① $\dfrac{1}{2}Mg$　② Mg　③ $\dfrac{1}{2}Mg$　④ $\dfrac{1}{2}$

⑤ $\dfrac{4m+3M}{6(m+M)}$　⑥ $\dfrac{6m+3M}{4m+3M}$

解説

① Bのまわりの力のモーメントの釣り合いの式

$$Mg\cdot\frac{\sqrt{2}}{4}L-N_{\mathrm{A}}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}L=0$$

より $N_{\mathrm{A}}=\boldsymbol{\dfrac{1}{2}Mg}$

② 鉛直方向の力の釣り合いの式より $N_{\mathrm{B}}=\boldsymbol{Mg}$

③ 水平方向の力の釣り合いの式より $f=\boldsymbol{\dfrac{1}{2}Mg}$

④ $f\leqq\mu N_{\mathrm{B}}$ であればよいので $\mu\geqq\boldsymbol{\dfrac{1}{2}}$

⑤ SがAから $\dfrac{L}{3}$ の位置にあるときのAが壁から受ける垂直抗力の大きさが $N_{\mathrm{A}}{}'$ [N]，Bが床から受ける垂直抗力の大きさが $N_{\mathrm{B}}{}'$ [N]，Bが床から受ける摩擦力の大きさが f' [N] であるとする．Bのまわりの力のモーメントの釣り合いの式

$$mg\cdot\frac{\sqrt{2}}{3}L+Mg\cdot\frac{\sqrt{2}}{4}L-N_{\mathrm{A}}{}'\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}L=0$$

および $N_{\mathrm{B}}{}'=(m+M)g$，$N_{\mathrm{A}}{}'=f'=\mu N_{\mathrm{B}}{}'=\mu(m+M)g$，より $\mu=\boldsymbol{\dfrac{4m+3M}{6(m+M)}}$

⑥ SがAの位置にあり，棒の傾きが θ であるとき，Aが壁から受ける垂直抗力の大きさが $N_{\mathrm{A}}{}''$ [N]，Bが床から受ける垂直抗力の大きさが $N_{\mathrm{B}}{}''$ [N]，Bが床から受ける摩擦力の大きさが f'' [N] であるとする．Bのまわりの力のモーメントの釣り合いの式

$$mg\cdot L\cos\theta+Mg\cdot\frac{1}{2}L\cos\theta-N_{\mathrm{A}}{}''\cdot L\sin\theta=0\quad\left(\iff N_{\mathrm{A}}{}''=\frac{1}{\tan\theta}\left(\frac{2m+M}{2}\right)g\right)$$

および $\mu=\dfrac{4m+3M}{6(m+M)}$，$N_{\mathrm{A}}{}''=f''$，$N_{\mathrm{B}}{}''=(m+M)g$，$f''\leqq\mu N_{\mathrm{B}}{}''$ より $\tan\theta\geqq\boldsymbol{\dfrac{6m+3M}{4m+3M}}$

＜次頁につづく＞

II

(1)　暗　　(2)　1.2×10^{-5} m　　(3)　9.6×10^{-6} m

(4)　1.1×10^{-4} m　　(5)　① 1.3×10^{-6} m　② 1.4×10^{-6} m　　(6)　4本

解説

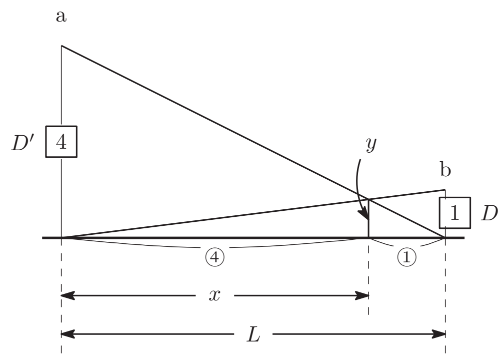
以下，位置 x を辺 a からの水平距離とする．また，空気中での橙色の単色光の波長を λ_0 とする．

(1)　ある位置での空気層の厚さを d とする．上から観察した場合の反射光の位相のずれを考慮すると，反射光が暗く見える条件は $2d = m\lambda_0$（m は 0 以上の整数）．
辺 a 付近では $d = 0$ なので，$m = 0$ のときこの暗く見える条件が成立することがわかる．　答．**暗**

(2)　求める値を D，明線の間隔を Δx とすると，カバーガラス C の傾きは 2 通りの式で表現できて，$\dfrac{D}{L}$，および $\dfrac{\frac{\lambda_0}{2}}{\Delta x}$．これらは等しいので，

$$\frac{D}{L} = \frac{\frac{\lambda_0}{2}}{\Delta x} \qquad \therefore D = \frac{\lambda_0 L}{2\Delta x} = \frac{6.0 \times 10^{-7} \times 2.40 \times 10^{-2}}{2 \times 6.0 \times 10^{-4}} = \mathbf{1.2 \times 10^{-5}}\,\mathrm{m}$$

(3)　b と S を接するようにしたときの明線の間隔が Δx の $\dfrac{1}{4}$ 倍であることから，このときの a と S の距離 $D' = 4D$ であることがわかる．右図のような幾何学的関係から，囲み数字のように長さの比が決まるので，物体の位置 $x = \dfrac{4}{5}L$．
物体の高さ y について，



$$y = \frac{D}{L} \times x = \frac{D}{L} \times \frac{4}{5}L = \frac{4}{5}D = \mathbf{9.6 \times 10^{-6}}\,\mathrm{m}$$

(4)　$\Delta x = \dfrac{\lambda_0 L}{2D}$ であるので，液体中での波長が $\dfrac{\lambda_0}{1.4}$ に変化すると，明線の間隔は $\dfrac{1}{1.4}$ 倍になる．

$$\frac{1.5 \times 10^{-4}}{1.4} = 1.07\cdots \times 10^{-4} \fallingdotseq \mathbf{1.1 \times 10^{-4}}\,\mathrm{m}$$

(5)　辺 b の S からの距離を D''，明線の間隔 $\Delta x''$ とする．$D'' = \dfrac{\lambda_0 L}{2\Delta x''}$ より $L = \dfrac{2D''\Delta x''}{\lambda_0}$．

a に最も近い，1 本目の明線の位置 $x_{\mathrm{O1}} = \dfrac{1}{2}\Delta x''$ に対して，x_{O1} の奇数倍の位置に明線が観察される．9 本目の明線の位置は $x = \left(9 - \dfrac{1}{2}\right)\Delta x''$，もし 10 本目の明線が生じる場合の位置は $x = \left(10 - \dfrac{1}{2}\right)\Delta x''$ になるので，9 本目の明線が観察されて，10 本目の明線が観察されない条件は，

$$\left(9 - \frac{1}{2}\right)\Delta x'' \leqq L \leqq \left(10 - \frac{1}{2}\right)\Delta x''$$

L の値と $h = \dfrac{D''}{2}$ であることを適用すると，

$$8.5 \times \frac{\lambda_0}{4} \leqq h \leqq 9.5 \times \frac{\lambda_0}{4}$$

① : $8.5 \times \dfrac{\lambda_0}{4} = 12.75 \times 10^{-7} \fallingdotseq \mathbf{1.3 \times 10^{-6}}$ m　　② : $9.5 \times \dfrac{\lambda_0}{4} = 14.25 \times 10^{-7} \fallingdotseq \mathbf{1.4 \times 10^{-6}}$ m

(6)　前問より，4 本目の明線の位置は $x = 7x_{\mathrm{O1}}$．青色の単色光の波長は橙色の $\dfrac{3}{4}$ 倍なので，青色の明線の位置は，1 本目が $x_{\mathrm{B1}} = \dfrac{3}{4}x_{\mathrm{O1}}$ で，以降 x_{B1} の奇数倍の位置に観察される．

$$\frac{7x_{\mathrm{O1}}}{x_{\mathrm{B1}}} = \frac{7}{3/4} = 9 + \frac{1}{3}$$

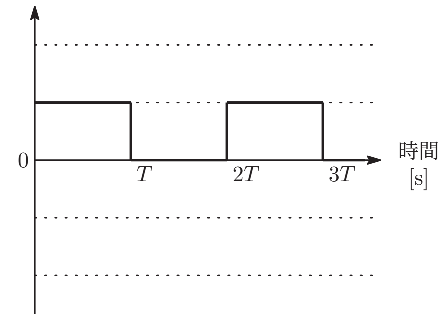
であるので，橙色の 1 本目と 4 本目の明線の間に観察される青色の明線は，x_{B1} の 3，5，7，9 倍の位置のもの．　答．**4 本**

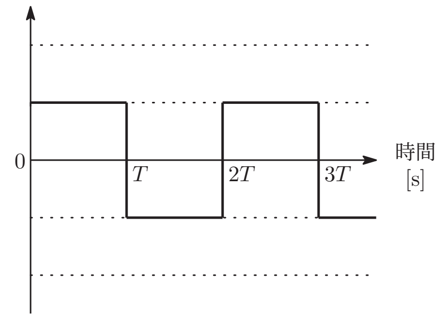
＜次頁につづく＞

III

① $envac$　② evB　③ vB　④ vBa　⑤ $\dfrac{BI}{enc}$

ア　正　イ　高く　ウ　低く　エ　p　オ　n





解説

① 電流 (y 軸の正) の向きに対する断面積を S とすると，$S = ac$ であるから，$I = envS = \boldsymbol{envac}$[A]

② 1 個の電子が受けるローレンツ力の大きさは，$\boldsymbol{evB}$[N]

ア フレミングの左手の法則より，電子が受けるローレンツ力の向きは x 軸の **正** の向き

イ ローレンツ力を受けた電子が P に集まる．よって，P は負に，Q は正に帯電し，Q から P の向きに電場が発生する．したがって，P に対して Q の電位は **高く** なる．

③ PQ 方向に発生した電場の強さを E とすると，力のつり合いより，$eE = evB$　　$\therefore E = \boldsymbol{vB}$[V/m]

④ ③ より，$V = Ea = \boldsymbol{vBa}$[V]

⑤ ①，④ より，$V = \dfrac{I}{enac}Ba = \boldsymbol{\dfrac{BI}{enc}}$

ウ 正孔が受けるローレンツ力の向きは，x 軸の正の向きとなり，ローレンツ力を受けた正孔が P に集まる．よって，P は正に，Q は負に帯電し，P から Q の向きに電場が発生する．したがって，P に対して Q の電位は **低く** なる．

エ, オ 図 3 のグラフより，電流 i_1 の大きさは正の場合に大きく，負の場合に小さい．よって，電流 i_1 が正の場合の合成抵抗は小さく，負の場合の合成抵抗は大きい．このことから，電流 i_1 が正の場合に半導体ダイオードに電流が流れると考えられる．したがって，α が **p** 型半導体，β が **n** 型半導体である．

電流 i_2[A] と電流 i_3[A] の様子について

i_1 が正の場合，半導体ダイオードに電流が流れるので，$i_2 = i_3$ となる．また，キルヒホッフの第 1 法則より，$i_1 = i_2 + i_3$ であるから，$i_2 = i_3 = \dfrac{1}{2}i_1$ となる．また，i_1 が負の場合，半導体ダイオードに電流は流れず，$i_2 = 0$ となる．よって，$i_3 = i_1$ となる．以上により，電流 i_2[A] と電流 i_3[A] の様子は，上図のようになる．

Ⅳ

(1) (仕事) $= 1.0 \times 10^5$ J　　(熱効率) $= 0.15$

(2) 60.0 %

(3) (ア) 82　　(イ) 207　　(ウ) 55　　(エ) 137

解説

(1) 1サイクルで気体が外部にした正味の仕事 W は与えられた $p-V$ グラフの四角形の面積と等しい.

$$W = 1000.0 \times 10^2\ \mathrm{Pa} \cdot 1.0\ \mathrm{m}^3 \fallingdotseq \mathbf{1.0 \times 10^5\ J}$$

また1サイクルのうち，吸熱過程は以下の2過程である.

（ｉ） 体積 1 m^3 の定積過程

（ii） 圧力 2000 hPa の定圧過程

それぞれの過程で吸収した熱量を求める.

（ｉ） 体積 1 m^3 の定積過程では，吸収した熱量は

$$\begin{aligned} Q_1 &= \varDelta U \\ &= \frac{3}{2} 1\ \mathrm{mol} \cdot R\varDelta T = \frac{3}{2}\varDelta(p)V \\ &= \frac{3}{2} 1000 \times 10^2\ \mathrm{Pa} \cdot 1\ \mathrm{m}^3 = \frac{3}{2} \times 10^5\ \mathrm{J} \end{aligned}$$

（ii） 圧力 2000 hPa の定圧過程では，吸収した熱量は $Q_{\mathrm{in}} = nC_{\mathrm{p}}\varDelta T$ と求まる．ここで，マイヤーの関係式より定圧モル比熱 C_{p} は定積モル比熱 C_{V} より $C_{\mathrm{p}} = C_{\mathrm{V}} + R = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$ と求まるので

$$\begin{aligned} Q_2 &= 1\ \mathrm{mol} \cdot \frac{5}{2}R\varDelta T = \frac{5}{2}p\varDelta V \\ &= \frac{5}{2} \cdot 2000 \times 10^2\ \mathrm{Pa} \times 1\ \mathrm{m}^3 = 5 \times 10^5\ \mathrm{J} \end{aligned}$$

したがって

$$(\text{熱効率}) = \frac{W}{Q_1 + Q_2} = \frac{1.0 \times 10^5\ \mathrm{J}}{\frac{3}{2} \times 10^5\ \mathrm{J} + 5 \times 10^5\ \mathrm{J}} = \frac{2}{13} = 0.153\cdots \fallingdotseq \mathbf{0.15}$$

(2) 四角柱の体積の x % が油の層に存在するとする．重力加速度の大きさを g，四角柱の体積を V とすると，四角柱にはたらく力のつり合いより

$$0.91Vg = 0.85\frac{x}{100}Vg + 1.00\frac{100-x}{100}Vg$$

これを解いて $x = \mathbf{60.0\ \%}$

(3) 求める原子番号を Z_1，質量数を A_1 とする．α 崩壊1回あたり，${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ が一つ生成し，β 崩壊1回あたり ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}^-$ が1つ生成する．核反応式の両辺の質量数の和と原子番号の和がそれぞれ等しいことから，

$$\begin{cases} 235 = A_1 + 7 \times 4 & \therefore A_1 = \mathbf{207} \\ 92 = Z_1 + 7 \times 2 + (-1) \times 4 & \therefore Z_1 = \mathbf{82} \end{cases}$$

また，求めるセシウムの原子番号を Z_2，質量数を A_2 とする．${}^{235}_{92}\mathrm{U}$ と1個の ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$ が反応して ${}^{96}_{37}\mathrm{Rb}$ と3個の ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$ とセシウムが生成する核分裂反応でも同様に

$$\begin{cases} 235 + 1 = 96 + 3 \times 1 + A_2 & \therefore A_2 = \mathbf{137} \\ 92 = 37 + Z_2 & \therefore Z_2 = \mathbf{55} \end{cases}$$

＜次頁につづく＞

講評

Ⅰ　［力学：剛体のつりあい］（標準）
剛体のつり合いの問題．標準的な内容なので完答したい．

Ⅱ　［波動：楔型薄層による光の干渉］（やや難）
楔型薄層による光の干渉の問題．(5)，(6) はやや難易度が高いが，(4) までは正答したい．

Ⅲ　［電磁気：ホール効果］（標準）
標準的なホール効果の問題．

Ⅳ　［小問集合］（標準）
小問集合の 3 問はいずれも標準的なので完答したい．

2022 年度後期と比べてやや易化した．2023 年度前期に比べてもやや易しい．大問Ⅱの後半がやや難しいが，全体的に例年に比べて計算量が少ないため，時間に余裕があった受験者が多かったのではないだろうか．目標は 85%