大阪医科薬科大学（後期）　物理

2025年 3月 10日実施

I

① $\sqrt{2gL}$　② 1　③ $(1-\mu)L$　④ $\sqrt{\dfrac{3}{2}gL}$

⑤ 1　⑥ $(1-\mu)L$　⑦ $\sqrt{\dfrac{3L}{8(1-\mu)g}}$　⑧ $\dfrac{2}{3}$

⑨ $-\dfrac{5}{8}L$

解説

① 小物体 P について点 A と点 B での力学的エネルギー保存則より，求める速さは $\boldsymbol{\sqrt{2gL}}$

② 点 B の高さを重力による位置エネルギーの基準とすると，P が点 D を通過する条件は,

「点 A における位置エネルギー」>「動摩擦力の仕事によって失われた力学的エネルギー」

である．よって，$mgL > \mu mgL$　　$\therefore\ \mu < \mathbf{1}$

③ 点 D を通過する瞬間の P の運動エネルギーは $(1-\mu)\,mgL$ である．求める最高点の点 E からの高さを h とすると，点 D と最高点での力学的エネルギー保存則より

$$(1-\mu)\,mgL + 0 = 0 + mgh \qquad \therefore\ h = \boldsymbol{(1-\mu)\,L}$$

④ 運動量の水平成分の和が常に 0（ゼロ）であるので，小物体 P が点 B を通過する瞬間の小物体 P と台 Q の運動エネルギーについて,

$$K_{\mathrm{P}} : K_{\mathrm{Q}} = \frac{1}{m} : \frac{1}{3m} = 3 : 1$$

が成立する．また，力学的エネルギー保存則より $K_{\mathrm{P}} + K_{\mathrm{Q}} = mgL$ であるので，求める速さを v として,

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{1+3}mgL \qquad \therefore\ v = \boldsymbol{\sqrt{\frac{3}{2}gL}}$$

⑤ 小物体 P が水平面 CD を通過する間に，動摩擦力の仕事によって物体系外に失われる力学的エネルギーは μmgL である．よって，② と同様の条件式になるので，$\mu < \mathbf{1}$

⑥ 運動量の水平成分の和が常に 0（ゼロ）であるので，求める最高点に P が達した瞬間，P，Q ともに床に対して静止し，運動エネルギーはともに 0 である．P が点 A を出発する瞬間から，最高点に達するまでについての，動摩擦力の仕事と力学的エネルギーの変化の関係は，求める高さを h' として,

$$-\mu mgL = mg(h' - L) \qquad \therefore\ h' = \boldsymbol{(1-\mu)\,L}$$

⑦ 点 D に戻ってきた瞬間の P，Q の運動エネルギーは，それぞれ④の場合の $1-\mu$ 倍になっている．よって，床に対する P の速さを④の v を用いてあらわすと $v' = \sqrt{1-\mu}\cdot v$ である．また，運動量の水平成分の和が常に 0（ゼロ）であることから，戻ってきた P と点 D が近づく速さは $\left(1+\dfrac{1}{3}\right)v' = \dfrac{4}{3}v'$ である．求める時間を t' として

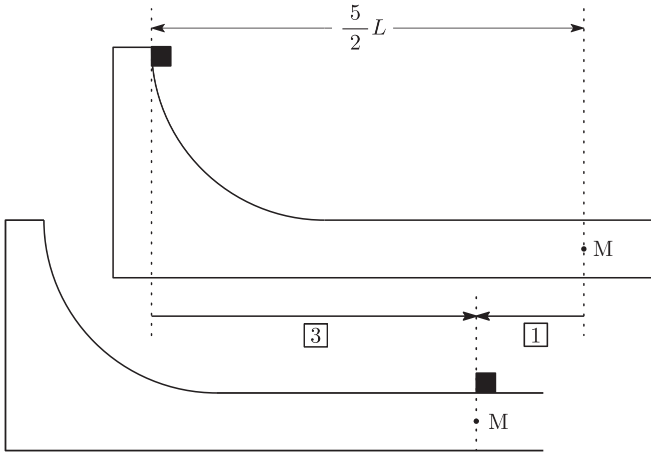
$$t' = \frac{L}{\dfrac{4}{3}v'} = \boldsymbol{\sqrt{\frac{3L}{8\,(1-\mu)\,g}}}$$

＜次頁につづく＞

⑧　P が CD の中点 M に達したとき，⑥と同様の理由から，P，Q ともに運動エネルギーは 0 である．動摩擦力の負の仕事によって物体系外に失われる力学的エネルギーは $\mu mg\cdot\dfrac{3}{2}L$ であるので，

$$-\mu mg\cdot\frac{3}{2}L=0-mgL\qquad\therefore\ \mu=\boldsymbol{\frac{2}{3}}$$

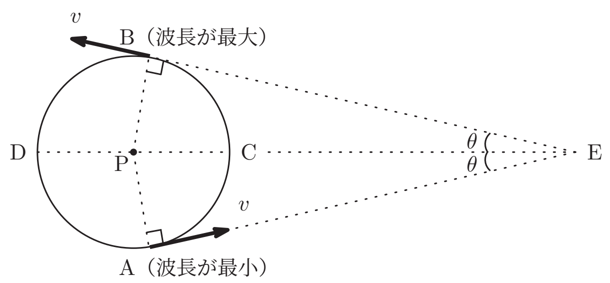
⑨　図のように，最初の状態における P と水平面 CD の中点 M との水平距離は $\dfrac{5}{2}L$ である．最終的に点 M で P が静止するまでの P，Q それぞれの変位の水平成分の大きさは質量の逆比である 3 : 1（図の囲み数字は比の値）となる．右方向が正であることに注意して，Q の変位は $-\dfrac{1}{3+1}\times\dfrac{5}{2}L=\boldsymbol{-\dfrac{5}{8}L}$



Ⅱ

① $\dfrac{T_1}{2}$	② $T_1+\dfrac{T_2}{2}$	③ T_1+T_2	④ イ
⑤ $\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda}c$	⑥ $\dfrac{vT}{2\pi}$	⑦ $\dfrac{v^3T}{2\pi G}$	⑧ $\dfrac{vT^2}{\pi^2\Delta T}$

解説



① 上図のように，地球 E に向かう波長が最小となる S の位置を A，最大となる S の位置を B とする．地球に向かう波長が λ となる S の位置は，図の C と D となる．「等速円運動の半径を光が進む時間は T_1、T_2 に比べ十分に小さい」とあるので，経路差による到達時間のずれは無視してよい．したがって「最小波長の光が観測されてから、1 回目に波長 λ の光が観測されるまでの時間」は，S が AC 間を移動する時間に等しい．S が A → C → B を移動する時間が T_1 に等しいから，求める時間は $\boldsymbol{\dfrac{T_1}{2}}$

② 同様に，S が B → D → A を移動する時間が T_2 に等しい．求める時間は S が A → C → B → D を移動する時間に等しいから，$\boldsymbol{T_1+\dfrac{T_2}{2}}$

③ S が A → C → B → D → A を移動する時間に等しいから，$\boldsymbol{T_1+T_2}$

④ 図より，A → C → B の移動時間は B → D → A の移動時間より短いから **イ**

⑤ S の発する光の振動数を f とすると，以下の関係が成り立つ．

$$\begin{cases}\lambda-\Delta\lambda=\dfrac{c-v}{f}\\[2mm]\lambda+\Delta\lambda=\dfrac{c+v}{f}\end{cases}$$

辺々割ると，$\dfrac{\lambda-\Delta\lambda}{\lambda+\Delta\lambda}=\dfrac{c-v}{c+v}$ であるから，これを解いて，$v=\boldsymbol{\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda}c}$

⑥ 回転半径を R とすると，$vT=2\pi R$ より，$R=\boldsymbol{\dfrac{vT}{2\pi}}$

⑦ P の質量を M，S の質量を m とすると，$m\dfrac{v^2}{R}=\dfrac{GMm}{R^2}$ より，$M=\dfrac{Rv^2}{G}$ であるから，⑥を代入して，$M=\boldsymbol{\dfrac{v^3T}{2\pi G}}$

⑧
$$\begin{cases}T_1=\dfrac{2\pi R}{v}\cdot\dfrac{\pi-2\theta}{2\pi}=\dfrac{R}{v}(\pi-2\theta)\\[2mm]T_2=\dfrac{2\pi R}{v}\cdot\dfrac{\pi+2\theta}{2\pi}=\dfrac{R}{v}(\pi+2\theta)\end{cases}$$

であるから，$\Delta T=T_2-T_1=\dfrac{4R\theta}{v}$ より，$\theta=\dfrac{v\Delta T}{4R}$ となる $\cdots(*)$.

$\mathrm{EP}=L$ とすると，$\theta\fallingdotseq\sin\theta=\dfrac{R}{L}$ より，$L=\dfrac{R}{\theta}$ であるから，$(*)$ と⑥を代入して，$L=\boldsymbol{\dfrac{vT^2}{\pi^2\Delta T}}$

III

(1)　中心軸方向：0　　中心軸に垂直な方向：$e(v\sin\theta)\mu_0 NI$　　(2)　$\dfrac{mv\sin\theta}{e\mu_0 NI}$　　(3)　$\dfrac{2mv\sin\theta}{e\mu_0 Nr}$

(4)　時間：$\dfrac{2\pi m}{e\mu_0 NI}$　　距離：$\dfrac{2\pi m}{e\mu_0 NI}\cdot v\cos\theta$　　(5)　ア　　時間：$\dfrac{mv\cos\theta}{eE}$

解説

(1)　ソレノイドコイル内の磁場は一様とみなすことができ，その磁束密度の大きさは $B=\mu_0 NI$ となる．射出された直後の電子の速度は，中心軸方向の成分の大きさが $v_{//}=v\cos\theta$，それに垂直な方向の成分の大きさが $v_{\perp}=v\sin\theta$ である．磁場中を運動する電子にはたらく力はローレンツ力であるが，このローレンツ力は電子の速度の向きと磁場の向きに垂直（よって中心軸に垂直）で，大きさは $v_{\perp}$ に比例し $ev_{\perp}B=e(v\sin\theta)\mu_0 NI$ となる．

(2)　中心軸に垂直な方向の運動だけを考えると，電子の運動は等速円運動と同様に考えることができる．その円運動の半径を r' とすると，運動方程式より

$$m\frac{{v_{\perp}}^2}{r'}=ev_{\perp}B \qquad \therefore\ r'=\boldsymbol{\frac{mv\sin\theta}{e\mu_0 NI}}$$

(3)　(2) の円運動の直径（半径ではない）がソレノイドコイルの半径より小さければよいので，$2r'<r$ より

$$\frac{2mv\sin\theta}{e\mu_0 NI}<r \qquad \therefore\ I>\boldsymbol{\frac{2mv\sin\theta}{e\mu_0 Nr}}$$

(4)　求める時間は (2) の円運動の周期 T に一致するので，

$$T=\frac{2\pi r'}{v_{\perp}}=\boldsymbol{\frac{2\pi m}{e\mu_0 NI}}$$

また，T の間に中心軸方向には $(v\cos\theta)T$ だけ運動するので，$\boldsymbol{\dfrac{2\pi m}{e\mu_0 NI}\cdot v\cos\theta}$

(5)　らせん運動の進む向きと逆向きに静電気力がはたらけばよいが，電子の電荷は負なので **ア**

また，中心軸方向の運動だけを考えると，運動方程式より中心軸方向の加速度は大きさ $\dfrac{eE}{m}$ でらせん運動の進む方向と逆向きなので，求める時間を t とすると等加速度運動の公式より

$$0=v_{//}-\frac{eE}{m}t \qquad \therefore\ t=\boldsymbol{\frac{mv\cos\theta}{eE}}$$

＜次頁につづく＞

Ⅳ

(1)　① $\dfrac{L^3}{4}$　② $\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$　(2)　$2^{\gamma-1}$　(3)　① $\varepsilon_0\dfrac{S}{2d}$　② $\dfrac{\varepsilon}{\varepsilon_0+\varepsilon}$

解説

(1)　① 水面より下の部分の体積を V_0 とおくと，立方体 A にはたらく浮力と重力のつり合いより，

$$\frac{\rho}{4}L^3g=\rho V_0 g \qquad V_0=\boldsymbol{\frac{1}{4}L^3}$$

② 水面より下の部分の長さを x とおき，A の加速度を下向きを正として a とおくと，A の運動方程式より，

$$\frac{\rho}{4}L^3a=\frac{\rho}{4}L^3g-\rho L^2xg \qquad \therefore\ a=-\frac{4g}{L}\left(x-\frac{L}{4}\right)$$

となる．したがって，A は角振動数 $\omega=2\sqrt{\dfrac{g}{L}}$ の単振動をするので，周期は，$\dfrac{2\pi}{\omega}=\boldsymbol{\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}}$

(2)　ポアソンの公式より，$p_a\,{V_a}^{\gamma}=p_b\,(2V_a)^{\gamma}$

これを，ボイルシャルルの法則，$\dfrac{p_aV_a}{T_a}=\dfrac{p_b\cdot 2V_a}{T_b}$ で辺々割り算すると，

$$T_a{V_a}^{\gamma-1}=T_b(2V_a)^{\gamma-1} \qquad \therefore\ \frac{T_a}{T_b}=\boldsymbol{2^{\gamma-1}}$$

(3)　① 極板間の間隔が $2d$ の平行平板コンデンサーとみなせるので，$C=\boldsymbol{\varepsilon_0\dfrac{S}{2d}}$

② 求める電気容量は，極板間の間隔が $2d$ のコンデンサー（電気容量 C）と，間隔 $2d$ の極板間に誘電率 ε の誘電体を満たしたコンデンサー（電気容量 $\dfrac{\varepsilon}{\varepsilon_0}C$）を直列につないだコンデンサーの電気容量とみなせるので，

$$\frac{C\cdot\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}C}{C+\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}C}=\boldsymbol{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0+\varepsilon}}\times C$$

＜次頁につづく＞

講評

Ⅰ　［力学：仕事とエネルギー・運動量の保存］（やや易～標準）

前半は，力学的エネルギー保存則，および，非保存力による仕事と力学的エネルギーの変化についての基本的な問題．後半は，運動量の水平成分が 0（ゼロ）であり続ける物体系についての問題．速さや運動エネルギーについての比の関係を上手に利用しながら，あまり時間をかけずに解答したい．2025 年度前期の大問Ⅰ を丁寧に復習していた受験生にとっては，比較的解きやすかっただろう．

Ⅱ　［波動：光のドップラー効果・万有引力］（標準）

天体の等速円運動とドップラー効果の複合問題．問われている内容は基礎的であるが，「遠く離れた」を「十分に遠い」と誤読しやすい．完答するには正確な作図が必要である．

Ⅲ　［電磁気：ソレノイドコイル内の電子のらせん運動］（やや易）

電流の作る磁場中の電子の運動に関する基本的な問題．3 次元的な運動であるため，混乱しやすいが，典型的な問題のため解き慣れている受験者も多かったのではないか．

Ⅳ　［小問集合］（やや易～標準）

浮力による単振動，ポアソンの公式，平行平板コンデンサーへの金属または誘電体の挿入の 3 題．どれも標準的な問題だが，浮力の単振動の問題は誘導が少なく，解きにくかった受験生もいたかもしれない．

総評

2025 年度後期は，昨年度後期と同程度の難易度．大問Ⅰを解ききるには計算を工夫する必要があり，かなり差がつくだろう．大問Ⅱは問題の意図が読み取れれば完答することも可能．大問Ⅲはできれば完答しておきたい．大問Ⅳの小問集合もできれば 1 問ミス程度に抑えておきたい．後期であることを考慮すると，目標得点率は 85 ％