# 解答速報

# 近畿大学 医学部（推薦） 物理

2021年 11月21日実施

## I

**解答**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | $mgl\cos\theta_0$ | 2 | $2mg$ |
| 3 | $\dfrac{l}{2}(1+\sin\theta_0)$ | 4 | $\dfrac{l}{2}(-1+\sin\theta_0)$ |
| 5 | $\sqrt{2gl(\cos\theta_0-\cos\theta)}$ | 6 | $mg(3\cos\theta-2\cos\theta_0)$ |
| 7 | $\dfrac{2}{3}\cos\theta_0$ | 8 | $\sqrt{\dfrac{2}{3}gl\cos\theta_0}$ |
| 9 | $\dfrac{1}{3}\cos\theta_0$ または $\dfrac{1}{2}\cos\alpha$ | 10 | $\sqrt{3-\dfrac{1}{9}\cos^2\theta_0}$ または $\sqrt{3-\dfrac{1}{4}\cos^2\alpha}$ |

**解説**

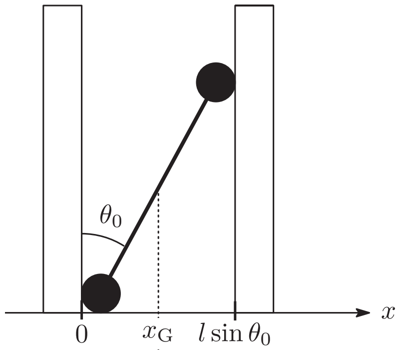
$\boxed{2}$ A＋棒＋B を一体とみて，鉛直方向の力のつり合いより $\boldsymbol{2mg}$

$\boxed{3}$ A と B の重心が静止していることを用いる。R と L を取り去る前の A と B の重心座標 $x_G$ は

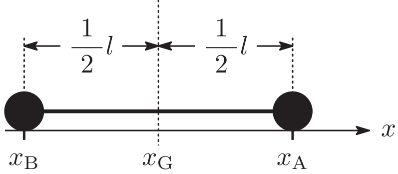
$$x_G=\frac{m\times 0+m\times l\sin\theta_0}{m+m}=\frac{1}{2}l\sin\theta_0$$

A と B の質量が等しいので，重心 $x_G$ は A と B を 1 : 1 に内分する。したがって A が床に衝突する直前，図より

$$x_A=x_G+\frac{1}{2}l=\boldsymbol{\frac{l}{2}(1+\sin\theta_0)}$$



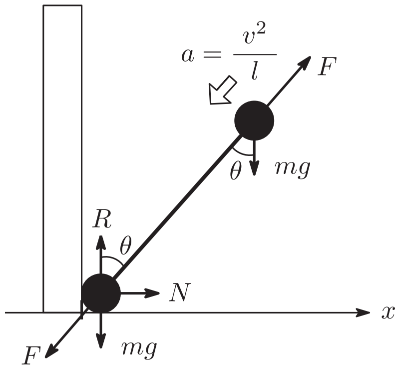

$\boxed{4}$ $\boxed{3}$ と同様に $x_B=x_G-\dfrac{1}{2}l=\boldsymbol{\dfrac{l}{2}(-1+\sin\theta_0)}$




$\boxed{5}$ 力学的エネルギー保存則より，

$mgl\cos\theta_0=\dfrac{1}{2}mv^2+mgl\cos\theta$ を解いて $v=\boldsymbol{\sqrt{2gl(\cos\theta_0-\cos\theta)}}$

$\boxed{6}$ 求める力の大きさを $F$ とおく。B が壁 L から離れないので，B にはたらく力のつり合い (水平方向) より，棒から B にはたらく力は図のように B を押す向きである。一方，棒にはたらく力のつり合いと，作用反作用の法則より棒から A にはたらく力の向きも A を押す向きとなる。A が円運動を行うことから向心方向の運動方程式より $m\dfrac{v^2}{l}=mg\cos\theta-F$ ここに $\boxed{5}$ の結果を代入して $F$ について解くと，$F=\boldsymbol{mg(3\cos\theta-2\cos\theta_0)}$




$\boxed{7}$ $\theta=\alpha$ のとき，B が壁 L から離れるので $N=0$，B にはたらく力のつり合い (水平方向) より $N=F\sin\alpha=0$ となる。$\sin\alpha\neq 0$ より $F=0$，したがって $\boxed{6}$ の結果に $\theta=\alpha$，$F=0$ を代入して $\cos\alpha=\boldsymbol{\dfrac{2}{3}\cos\theta_0}$

$\boxed{8}$ $\boxed{5}$ の結果に $\theta=\alpha$ を代入して $v_\alpha=\boldsymbol{\sqrt{\dfrac{2}{3}gl\cos\theta_0}}$

$\boxed{9}$ B が壁から離れた直後の A の速さも $v_\alpha$ であり，水平方向の速さは $v_\alpha \cos\alpha$ である。B が壁から離れた直後から物体（A＋棒＋B）の水平方向の運動量が保存する。また，棒が伸び縮みしないので AB の棒に沿った方向の速度は等しい。したがって A が床面と衝突する直前は棒が床面と平行なので，AB の速度の水平方向成分は等しい。この値を $v_x$ とおく。水平方向の運動量保存則より $mv_\alpha \cos\alpha = 2mv_x$ を解いて

$$v_x = \boldsymbol{\frac{1}{3}\cos\theta_0} \times v_\alpha = \boldsymbol{\frac{1}{2}\cos\alpha} \times v_\alpha$$

$\boxed{10}$ 題意より，棒から AB にはたらく力は棒に平行なので，壁 R を取り去ってから A が床面に衝突する直前まで A＋棒＋B にはたらく非保存力の仕事の和は 0 である。したがって，求める A の速さを $v_\mathrm{A}$ として A＋棒＋B の力学的エネルギー保存則より

$$mgl\cos\theta_0 = \frac{1}{2}m{v_x}^2 + \frac{1}{2}m{v_\mathrm{A}}^2 \text{ これを解いて } v_\mathrm{A} = \sqrt{\boldsymbol{3 - \frac{1}{9}\cos^2\theta_0}} \times v_\alpha = \sqrt{\boldsymbol{3 - \frac{1}{4}\cos^2\alpha}} \times v_\alpha$$

＜次頁につづく＞

# II

解答

$\boxed{1}$ $\dfrac{b}{a}$

$\boxed{2}$ $\dfrac{f-b}{f}$

$\boxed{3}$ $-\dfrac{1}{a}+\dfrac{1}{b}$

$\boxed{4}$ 正立虚像

$\boxed{5}$ $\dfrac{f_1L}{L-f_1}$

$\boxed{6}$ $\dfrac{(L-f_1)x-f_1L}{(L-f_1)(x+f_2)-f_1L}$ (前に負号がついていてもよい)

$\boxed{7}$ $\dfrac{1}{(L-f_1)(x+f_2)-f_1L}$ (前に負号がついていてもよい)

$\boxed{8}$ 0.67

$\boxed{9}$ 倒立虚像

$\boxed{10}$ 12

$\boxed{11}$ 倒立実像

解説

$\boxed{1}$ △OAB ∽ △OCD より，$\dfrac{\mathrm{CD}}{\mathrm{AB}}=\boldsymbol{\dfrac{b}{a}}$

$\boxed{2}$ △FOP ∽ △FCD より，$\dfrac{\mathrm{CD}}{\mathrm{OP}}=\boldsymbol{\dfrac{f-b}{f}}$

$\boxed{3}$ AB = OP より，

$$\frac{\mathrm{CD}}{\mathrm{AB}}=\frac{\mathrm{CD}}{\mathrm{OP}}\iff\frac{b}{a}=\frac{f-b}{f}\qquad\therefore\ \frac{1}{f}=\boldsymbol{-\frac{1}{a}+\frac{1}{b}}$$

$\boxed{4}$ 凹レンズの左側に像ができるので，**正立虚像**

$\boxed{5}$ 凸レンズが作る像がレンズの右側 $b_1$ の位置にできたとすると，写像公式より，

$$\frac{1}{L}+\frac{1}{b_1}=\frac{1}{f_1}\qquad\therefore\ b_1=\boldsymbol{\frac{f_1L}{L-f_1}}$$

$\boxed{6}$ 凹レンズの右側 $b_2$ の位置に像ができたとすると，凹レンズについての写像公式より，

$$\frac{1}{x-b_1}+\frac{1}{b_2}=-\frac{1}{f_2}\cdots①$$

$$\therefore\ |b_2|=\left|\frac{x-b_1}{x-b_1+f_2}f_2\right|=\left|\boldsymbol{\frac{(L-f_1)x-f_1L}{(L-f_1)(x+f_2)-f_1L}}\times f_2\right|$$

$\boxed{7}$ $(倍率)=\left|\dfrac{b_1}{L}\times\dfrac{b_2}{x-b_1}\right|=\left|\boldsymbol{\dfrac{1}{(L-f_1)(x+f_2)-f_1L}}\times f_1f_2\right|$

$\boxed{8}$ $\boxed{7}$ の結果に数値を代入すると，$(倍率)=\left|\dfrac{1}{(6.0-4.0)(24+6.0)-4.0\times6.0}\times4.0\times6.0\right|\fallingdotseq\boldsymbol{0.67}$ 倍

$\boxed{9}$ ①に数値を代入すると，$b_2=-4.0<0$ となるので虚像。

$\boxed{5}$ の結果に数値を代入すると，$b_1=\dfrac{4.0\times6.0}{6.0-4.0}=12$

$$\left(-\frac{b_1}{L}\right)\left(-\frac{b_2}{x-b_1}\right)=\left(-\frac{12}{6.0}\right)\left(-\frac{-4.0}{24-12}\right)=-\frac{2.0}{3.0}<0\quad より倒立像。$$

以上により，像は物体の**倒**立**虚**像である。

$\boxed{10}$ ①に数値を代入すると，$b_2=\boldsymbol{12}\mathrm{cm}$

$\boxed{11}$ $b_2=12>0$ より実像。$\left(-\dfrac{b_1}{L}\right)\left(-\dfrac{b_2}{x-b_1}\right)=\left(-\dfrac{12}{6.0}\right)\left(-\dfrac{12}{8.0-12}\right)=-6.0<0$ より倒立像。

以上により，像は物体の**倒**立**実**像である。

＜次頁につづく＞

# III

解答

$\boxed{1}$ $\sqrt{2}$

$\boxed{2}$ $\sqrt{5}$

$\boxed{3}$ $\dfrac{4}{5}$

$\boxed{4}$ 2

$\boxed{5}$ $\dfrac{qE_3}{mg}$

$\boxed{6}$ $\sqrt{7}$

$\boxed{7}$ $\sqrt{10}$

$\boxed{8}$ $\sqrt{{v_4}^2 - 4gl}$

$\boxed{9}$ $\dfrac{-qBl + \sqrt{q^2B^2l^2 + 4m^2gl}}{2m}$

解説

$\boxed{1}$ 力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}m{v_1}^2 = mgl \quad \therefore\ \boldsymbol{\sqrt{2}} \times \sqrt{gl}$$

$\boxed{2}$ 糸の張力の大きさを $T$ とする。力学的エネルギー保存則および円運動についての運動方程式より

$$\begin{cases} \dfrac{1}{2}m{v_1}^2 = \dfrac{1}{2}mv^2 + mg(2l) \\ m\dfrac{v^2}{l} = T + mg \\ T \geqq 0 \end{cases}$$

これを解くと $v_2 \geqq \boldsymbol{\sqrt{5}} \times \sqrt{gl}$

$\boxed{3}$ $\boxed{4}$ $E_2$ が最小のとき，最上点で $T = 0$ となる。最上点において，重力および静電気力から計算される見かけの重力加速度の大きさは $g - \dfrac{qE_2}{m}$ となる。よって $\boxed{2}$ の結果より

$$v_2 = \sqrt{5\left(g - \frac{qE_2}{m}\right)l} \quad \therefore\ E_2 = \frac{4mg}{5q}$$

$E_2$ が最大のとき，A で $T = 0$ となる。A における円運動の運動方程式より

$$m\frac{{v_2}^2}{l} = qE_2 - mg \quad \therefore\ E_2 = \frac{2mg}{q}$$

以上より $\boldsymbol{\dfrac{4}{5}} \times \dfrac{mg}{q} \leqq E_2 \leqq \boldsymbol{2} \times \dfrac{mg}{q}$

$\boxed{5}$ 力の大きさが $mg$，静電気力の大きさが $qE_3$ であることから $\tan\phi = \boldsymbol{\dfrac{qE_3}{mg}}$

$\boxed{6}$ 前問より

$$\frac{qE_3}{mg} = \tan\frac{\pi}{3} = \sqrt{3}$$

となるので，重力および静電気力から計算される見かけの重力加速度は

$$\frac{\sqrt{(mg)^2 + (\sqrt{3}mg)^2}}{m} = 2g \text{ となる。}$$

C における小球の速さを $v_C$ とする。C において $T = 0$ となるので，力学的エネルギー保存則および円運動の運動方程式より

$$\begin{cases} \dfrac{1}{2}m{v_3}^2 = \dfrac{1}{2}m{v_C}^2 + m(2g)(\dfrac{3}{2}l) \\ m\dfrac{{v_C}^2}{l} = m(2g)\cdot\dfrac{1}{2} \end{cases}$$

となる。これを解くと

$$v_3 = \boldsymbol{\sqrt{7}} \times \sqrt{gl}$$

＜次頁につづく＞

$\boxed{7}$ $\boxed{2}$ において $v_1$ を $v_3$ に，$g$ を $2g$ にそれぞれ置き換えればよい。よって $v_3 \geqq \boldsymbol{\sqrt{10}} \times \sqrt{gl}$

$\boxed{8}$ 磁場から小球に働くローレンツ力が小球に仕事をしないことに注意すると，力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}m{v_4}^2 = \frac{1}{2}mV^2 + mg(2l)$$

これを解くと $V = \boldsymbol{\sqrt{{v_4}^2 - 4gl}}$

$\boxed{9}$ C において $T$ が最小となる。よって円運動の運動方程式より

$$\begin{cases} m\dfrac{V^2}{l} = T + mg - qVB \\ T \geqq 0 \end{cases}$$

これを変形すると $mV^2 + qBlV - mgl \geqq 0$ となる。$V \geqq 0$ に注意してこの 2 次不等式を解くと

$$V \geqq \boldsymbol{\frac{-qBl + \sqrt{q^2B^2l^2 + 4m^2gl}}{2m}}$$

＜次頁につづく＞

## 講評

Ⅰ　［力学：棒の両端に固定された 2 質点の運動］（やや難）

棒の両端に固定された 2 質点の運動に関する出題。丁寧な誘導にしたがって運動量保存則や力学的エネルギー保存則を立式して解けばよい。物体が壁から離れる条件など，物体の運動ごとにどのような関係式が立式できるか整理できていれば高得点をとることも可能だろう。また，類題を解いた経験の有無で大きく差がつく。

Ⅱ　［波動：レンズ］（標準）

$\boxed{1}$～$\boxed{3}$はレンズの写像公式導出の標準的な問題。$\boxed{6}$，$\boxed{7}$の計算は繁雑であるから，時間がない場合は飛ばしてしまってもよい。$\boxed{8}$～$\boxed{11}$は複合レンズの標準的な問題であるから，$\boxed{6}$，$\boxed{7}$を飛ばした場合でも拾っておきたい。

Ⅲ　［力学＋電磁気：鉛直面内の円運動］（やや難）

鉛直面内における非等速円運動，およびそれと同様に扱える運動に関する問題である。同様に扱えることに気づかないと，作業量が多く難しい問題となる。また，見かけの重力加速度を用いると作業を省力化することができる。解き方によって大きな差がつく問題と言える。

総じて，2021 年度より問題の難易度はやや下がっている。2021 年度からの変更点として，大問 3 問とも 2020 年度と同じ空所補充の形式に戻り，またグラフの問題が無くなったことがあげられる。問題数は，30 問で例年通りだが，グラフ作成の問題が無くなったぶん計算量が増えており，全ての問題に手をつけるのは厳しい。計算量の多い問題を上手く飛ばすことができて，上限 8 割程度だろう。目標は，65%