２０２５年度　私大医学部入試
解答速報
２０２５年２月３日　実施

# 順天堂大学

医学部　一般Ａ　物　理

（制限時間　理科２科１２０分）



## 解　答

I

### 第１問

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ⑧ | 2 | ④ | 3 | ② | 4 | ② | 5 | ⑦ |
| 6 | ⑧ | 7 | ⑥ | 8 | ⑨ | 9 | ⑤ | | |

### 第２問

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ② | 2 | ⑦ | 3 | ③ | 4 | ⑨ | 5 | ⑧ |
| 6 | ② | | | | | | | | |

### 第３問

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ③ | 2 | ⑥ | 3 | ② | 4 | ① | 5 | ⑤ |
| 6 | ⑦ | | | | | | | | |

II

問１ 微小時間$\Delta t$における三角形OPQの面積変化$\Delta S$は，

$$\Delta S=\frac{1}{2}(x+v\Delta t)\cdot 2(x+\Delta t)\tan\theta-\frac{1}{2}x\cdot x\tan\theta \fallingdotseq 2xv\tan\theta\,\Delta t$$

と表せるから，閉回路PQOPを貫く磁束の変化の大きさ$\Delta\Phi$は，

$$\Delta\Phi=B\Delta S=2Bxv\tan\theta\cdot\Delta t$$

（答）$2Bxv\tan\theta\cdot\Delta t$

問２ 回路に生じる誘導起電力の大きさは$\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}=2Bxv\tan\theta$であり，PQ間の抵抗値は$\sigma\cdot 2x\tan\theta$であるから，流れる電流の強さ$I$は

$$I=\frac{2Bxv\tan\theta}{\sigma\cdot 2x\tan\theta}=\frac{Bv}{\sigma}$$

（答） $\dfrac{Bv}{\sigma}$

問３ 金属棒には右向きに$IB\cdot 2x\tan\theta$の力を受けため，運動量変化と力積の関係より，

$$m\mathit{\Delta} v+\underbrace{\frac{2B^2\tan\theta}{\sigma}}_{あ}\times xv\,\mathit{\Delta} t=0$$

（答） $\dfrac{2B^2\tan\theta}{\sigma}$

問４(a) 与えられた式(2)より，$mv+\dfrac{B^2\tan\theta}{\sigma}x^2$が時刻によらない定数であることから，$t=0$における値$v=v_0$，$x=0$を代入した値と等しい。よって，

$$mv+\frac{B^2\tan\theta}{\sigma}x^2=mv_0 \qquad \therefore \quad v=v_0-\frac{B^2\tan\theta}{m\sigma}x^2$$

（答） $v_0-\dfrac{B^2\tan\theta}{m\sigma}x^2$

(b) 十分時間が経過するしたとき$x=x_f$，$v=0$であることから，

$$\frac{B^2\tan\theta}{\sigma}{x_f}^2=mv_0 \qquad \therefore \quad x_f=\sqrt{\frac{m\sigma v_0}{B^2\tan\theta}}$$

（答） $\sqrt{\dfrac{m\sigma v_0}{B^2\tan\theta}}$

(c) $x$の位置に達するまでに発生したジュール熱を$Q$とすると，回路と金属棒のエネルギー収支から，

$$\frac{1}{2}mv^2+Q=\frac{1}{2}m{v_0}^2$$

$$\therefore \quad Q=\frac{1}{2}m\left({v_0}^2-v^2\right)=\frac{B^2\tan\theta}{2\sigma}x^2\left(2v_0-\frac{B^2\tan\theta}{m\sigma}x^2\right)$$

（答） $\dfrac{B^2\tan\theta}{2\sigma}x^2\left(2v_0-\dfrac{B^2\tan\theta}{m\sigma}x^2\right)$

# 解　説

## 第１問

問１　棒の長さを$L$として，糸の張力の鉛直成分の大きさを$T_y$，斜面から棒にはたらく垂直抗力の大きさを$N$とすれば,

鉛直方向の力のつり合い：$T_y + N\cos 30^\circ = W$

棒の上端まわりの力のモーメントのつり合い：$L \times N\cos 30^\circ = \dfrac{L}{2} \times W\sin 30^\circ$

これらより$N$を消去すれば,

$$T_y = \underbrace{\frac{3}{4}}_{\boxed{1}\,:\,⑧}W$$

問２　球の表面から離れる瞬間の速さを$v$とすれば，離れる瞬間には垂直抗力が0であることから，点Oへ向かう向きの運動方程式より,

$$m\frac{v^2}{r} = mg\cos\theta$$

が成り立つ。また，力学的エネルギー保存則より,

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m{v_0}^2 + mgr(1-\cos\theta)$$

が成り立つ。これらより$v$を消去して$\cos\theta$について解けば,

$$\cos\theta = \underbrace{\frac{2}{3}}_{\boxed{2}\,:\,④} + \underbrace{\frac{2}{3}}_{\boxed{3}\,:\,②} \times \frac{{v_0}^2}{gr}$$

問３　$x$軸上を正の向きに進む正弦波による媒質の変位$y$は，振幅$A$，周期$T$，波長$\lambda$を用いて$y = A\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}t - \dfrac{2\pi}{\lambda}x\right)$と表される。波の速さ$V$は$V = 2.5\,\mathrm{m/s}$であり，図３より，$T = 0.8\,\mathrm{s}$であることから，$\lambda = VT = 2.0\,\mathrm{m}$である。図３より，$A = 0.5\,\mathrm{m}$であるから，$y$〔m〕を$t$〔s〕，$x$〔m〕で表すと,

$$y = 0.5\sin\left(\frac{2\pi}{0.8}t - \frac{2\pi}{2}x\right) = \underbrace{0.5\sin(2.5\pi t - \pi x)}_{\boxed{4}\,:\,②}$$

問４　媒質１内の波の波長は$3.0\,\mathrm{cm}$，周期は$0.30\,\mathrm{s}$であるから，媒質１内での波の速さ$v_1$は

$$v_1 = \frac{3.0\,\mathrm{cm}}{0.30\,\mathrm{s}} = 10\,\mathrm{cm/s}$$

である。媒質２内での波の速さを$v_2$とすると，入射角が$30^\circ$，屈折角が$60^\circ$であることに注意して,

$$v_2 = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} v_1 = \frac{10\,\mathrm{cm/s}}{\sqrt{3}} \fallingdotseq \frac{10}{1.7}\,\mathrm{cm/s} \fallingdotseq \underbrace{5.9\,\mathrm{cm/s}}_{\boxed{5}\,:\,⑦}$$

※ 最後の計算を有理化してから行うと，

$$\frac{10\sqrt{3}}{3}\,\mathrm{cm/s} \fallingdotseq \frac{17}{3}\,\mathrm{cm/s} \fallingdotseq 5.7\,\mathrm{cm/s}$$

となるが，最も近い値を選べばやはり⑦となる。

問５　状態Aの気体の圧力を $p$ とすると，状態方程式より，

$$p = \frac{nRT}{V}$$

である。定圧過程 A → B における気体の体積変化を $\varDelta V$ とすれば，気体が外部にした仕事は $p\varDelta V$ と表されるため，

$$p\varDelta V = \frac{5}{2}nRT \qquad \therefore \quad \frac{nRT}{V}\varDelta V = \frac{5}{2}nRT \qquad \therefore \quad \varDelta V = \frac{5}{2}V$$

である。よって，状態Bの気体の体積は

$$V + \varDelta V = \underbrace{\frac{7}{2}V}_{\boxed{6}\,:\,⑧}$$

である。この過程で気体が吸収した熱量は，

$$\frac{5}{2}p\varDelta V = \frac{25}{4}pV = \underbrace{\frac{25}{4}nRT}_{\boxed{7}\,:\,⑥}$$

問６　電気力線の本数の定義より，電気量 $Q$ の点電荷から出る電気力線の総本数は $\underbrace{4\pi kQ}_{\boxed{8}\,:\,⑨}$ である。単位長さあたり $\sigma$ の電気量で帯電した金属棒から距離 $r$ の位置における電場の強さを $E$ とする。金属棒を中心軸とする半径 $r$，高さ $h$ の円柱状領域を考えると，対称性から，電気力線は円柱側面（円筒面）を一様に貫く。円柱内部の電気量は $\sigma h$ であるから，この円柱状領域にガウスの法則を適用すれば，

$$E \cdot 2\pi rh = 4\pi k \cdot \sigma h \qquad \therefore \quad E = \underbrace{\frac{2k\sigma}{r}}_{\boxed{9}\,:\,⑤}$$

# 第２問

問 1　弾丸が木片に対して静止するまでの間では，弾丸と木片は「一定の大きさ $f$ の抵抗力」を及ぼし合う。したがって弾丸の運動は等加速度運動，木片には抵抗力だけでなくばねによる弾性力が働くため，木片の運動は単振動である。

(a) 時刻 $t$ における弾丸の速度を $v$ とする。弾丸の運動量変化と力積の関係より，

$$mv - nv_0 = -ft \qquad \therefore \quad v = \underbrace{v_0 - \frac{ft}{m}}_{\boxed{1}:②}$$

(b) 木片に働く力は $\underbrace{-kx + f}_{\boxed{2}:⑦}$ である。

(c) 時刻 $t$ における木片の加速度を $A$ とする。木片の運動方程式より，

$$MA = -kx + f \qquad \therefore \quad A = -\frac{k}{M}\left(x - \frac{f}{k}\right)$$

ゆえに木片の運動は中心 $x = \dfrac{f}{k}$，角振動数 $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{M}}$ の単振動である。初期条件（$t = 0$ において原点で静止していること）より，時刻 $t$ における木片の位置座標 $x$ は，

$$x = \frac{f}{k} - \frac{f}{k}\cos\omega t = \underbrace{\frac{f}{k}\left[1 - \cos\left(t\sqrt{\frac{k}{M}}\right)\right]}_{\boxed{3}:③}$$

問２　木片の速度 $V$ は，

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{f}{k}\sqrt{\frac{k}{M}}\sin\left(t\sqrt{\frac{k}{M}}\right)$$

であり，時刻 $t = \dfrac{\pi}{6}\sqrt{\dfrac{M}{k}}$ を代入したときに $v = V$ となるから，

$$v_0 - \frac{f}{m}\cdot\frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}} = \frac{f}{k}\sqrt{\frac{k}{M}}\sin\left(\frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}}\cdot\sqrt{\frac{k}{M}}\right)$$

$$f = \underbrace{\frac{6mMv_0}{3m + \pi M}\sqrt{\frac{k}{M}}}_{\boxed{4}:⑨}$$

問３　弾性力による力積の大きさを $I$ とすると，木片の運動量変化と力積の関係より，

$$MV = ft - I \qquad \therefore \quad I = ft - MV$$

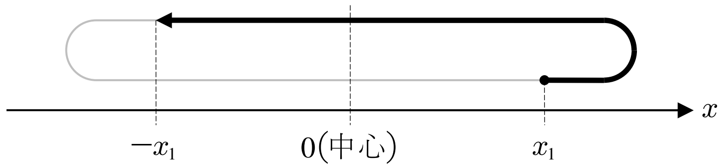
問２で求めた $V$ を代入して，

$$I = ft - M\frac{f}{k}\sqrt{\frac{k}{M}}\sin\left(t\sqrt{\frac{k}{M}}\right) = f\left\{t - \sqrt{\frac{M}{k}}\sin\left(t\sqrt{\frac{k}{M}}\right)\right\}$$

問２で求めた $f$ と時刻 $t = \dfrac{\pi}{6}\sqrt{\dfrac{M}{k}}$ を代入して，

$$I = \frac{6mMv_0}{3m+\pi M}\sqrt{\frac{k}{M}}\left\{\frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}} - \sqrt{\frac{M}{k}}\cdot\frac{1}{2}\right\} = \underbrace{\frac{(\pi-3)mMv_0}{3m+\pi M}}_{\boxed{5}\,:\,⑧}$$

問４　一体となった木片と弾丸の単振動は次図のように半周期である。




木片と弾丸の単振動の周期は $2\pi\sqrt{\dfrac{m+M}{k}}$ であるから，$x=-x_1$ に到達する時刻は，

$$t = \frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}} + \underbrace{\pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}}_{\boxed{6}\,:\,②}$$

# 第３問

A 問１　粒子の速度は, 器壁に垂直な成分だけが反転するため, 運動量変化の大きさは,

$$mv\cos\theta-(-mv\cos\theta)=\underbrace{2mv\cos\theta}_{\boxed{1}:③}$$

問２　衝突間で粒子が進む距離は$2r\cos\theta$であり，この距離を一定の速さ$v$で進むため，衝突１回あたりにかかる時間は$\dfrac{2r\cos\theta}{v}$である。したがって，単位時間あたりの衝突回数は，この逆数として，$\underbrace{\dfrac{v}{2r\cos\theta}}_{\boxed{2}:⑥}$と表せる。

問３　問1，2 の結果より，速さ$v$の粒子が単位時間に器壁に及ぼす力積の大きさ，すなわち力の大きさ$F$は,

$$F=2mv\cos\theta\cdot\frac{v}{2r\cos\theta}=\frac{mv^2}{r}$$

となり，$\theta$にはよらないことがわかる。$N$個の粒子について器壁に及ぼす力の大きさの合計$F_{\text{tot}}$を考えると,

$$F_{\text{tot}}=\frac{Nm\overline{v^2}}{r}$$

となる。圧力$p$は，この$F_{\text{tot}}$を球の表面積$4\pi r^2$で割って,

$$p=\frac{F_{\text{tot}}}{4\pi r^2}=\underbrace{\frac{Nm\overline{v^2}}{4\pi r^3}}_{\boxed{3}:②}$$

B 問 4　振動数$f$の光子が持つ運動量の大きさが$\dfrac{hf}{c}$であることに注意して，問 1，2 と同様に考えると, この光子が１回の衝突で器壁に及ぼす力積の大きさは$\dfrac{2hf}{c}\cos\theta$であり，単位時間あたりの衝突回数は$\dfrac{c}{2r\cos\theta}$である。よって，この光子が単位時間に器壁に及ぼす力積の大きさ，すなわち力の大きさ$F$は,

$$F=\frac{2hf}{c}\cos\theta\cdot\frac{c}{2r\cos\theta}=\underbrace{\frac{hf}{r}}_{\boxed{4}:①}$$

問５　$N$個の光子が器壁に及ぼす力の大きさの合計$F_{\text{tot}}$を考えると,

$$F_{\text{tot}}=\frac{Nh\overline{f}}{r}$$

となる。圧力$p$は，この$F_{\text{tot}}$を球の表面積$4\pi r^2$で割って,

$$p=\frac{F_{\text{tot}}}{4\pi r^2}=\underbrace{\frac{Nh\overline{f}}{4\pi r^3}}_{\boxed{5}:⑤}$$

問 6　$N$ 個の光子のエネルギーの合計 $E$ は，$E = Nh\overline{f}$ であり，容器の体積 $V$ は $V = \dfrac{4}{3}\pi r^3$ であるから，問 5 の結果を $E$，$V$ で表すと，

$$p = \frac{Nh\overline{f}}{4\pi r^3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{Nh\overline{f}}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{E}{3V}$$

となる。よって，

$$\frac{E}{V} = \underbrace{3p}_{\boxed{6}\,:\,⑦}$$

Ⅱ

問４　問３で得た式

$$m\Delta v+\frac{2B^2\tan\theta}{\sigma}xv\,\Delta t=0$$

において，$v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ を代入すると，

$$m\Delta v+\frac{2B^2\tan\theta}{\sigma}x\Delta x=0$$

となる。ここで，$\Delta\left(x^2\right)=(x+\Delta x)^2-x^2\fallingdotseq 2x\Delta x$ と近似できることから，

$x\Delta x=\dfrac{1}{2}\Delta\left(x^2\right)$ を代入して，

$$m\Delta v+\frac{B^2\tan\theta}{\sigma}\Delta\left(x^2\right)=0$$

を得る。定数は $\Delta$ の中に入れてもよいから，

$$\Delta\left(mv+\frac{B^2\tan\theta}{\sigma}x^2\right)=0$$

となり，$mv+\dfrac{B^2\tan\theta}{\sigma}x^2$ の変化が０，すなわち，$mv+\dfrac{B^2\tan\theta}{\sigma}x^2$ が定数であることが導かれた。

これは，$\Delta$ を $d$ に置き換えて次のような積分を行ったのと等価である。

$$mdv+\frac{2B^2\tan\theta}{\sigma}xdx=0$$

この両辺を積分すると，積分定数が現れることに注意して，

$$m\int dv+\frac{2B^2\tan\theta}{\sigma}\int xdx=\text{積分定数}$$

$$\therefore\quad mv+\frac{B^2\tan\theta}{\sigma}x^2=\text{積分定数}$$

となる。