医学部専門予備校 YMS
医学部進学予備校 メビオ　医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校

解答速報

順天堂大学医学部　物理

2025年 2月 3日実施

【解答】

I

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第 1 問	⑧	④	②	②	⑦	⑧	⑥	⑨	⑤
第 2 問	②	⑦	③	⑨	⑧	②			
第 3 問	③	⑥	②	①	⑤	⑦			

II

問 1　$2Bxv\Delta t\cdot\tan\theta$　　問 2　$\dfrac{vB}{\sigma}$　　問 3　$\dfrac{2B^2\tan\theta}{\sigma}$

問 4 (a)　$v_0-\dfrac{B^2\tan\theta}{m\sigma}x^2$　　(b)　$\dfrac{1}{B}\sqrt{\dfrac{mv_0\sigma}{\tan\theta}}$　　(c)　$\dfrac{v_0B^2\tan\theta}{\sigma}x^2-\dfrac{B^4\tan^2\theta}{2m\sigma^2}x^4$

【講評】

I　第 1 問　小問集合　順天堂模試が的中！

1 ミス程度に抑えたい。なお「順天堂模試」で出題したガウスの法則（直線電荷が作る電場）が的中した。

第 2 問　弾丸を撃ち込まれた木片の単振動

問 1 は正答したい。問 2 以降は計算量が多いのでいったん後回しにすべき。

第 3 問　気体分子運動論と光子

典型問題であり完答したい。

II　導体棒と電磁誘導

問 4 の誘導に乗れるかどうかで大きく差が付くだろう。

【総評】

昨年と同程度の難易度。I 第 2 問の問 2 以降を飛ばし，残った時間で II をどれだけ解けたかによって合計点が大きく変わるだろう。正規合格ラインは，I 4 ミス，II 2 ミスの「合計 75%」程度と思われる。一次通過ラインは「合計 60%」程度か。

【解説】

I

第１問

問１　垂直抗力をN、張力をT、棒の長さをl、張力の鉛直線に対する角度をαとする。棒が受ける鉛直方向のつり合いの式を立てると$\frac{\sqrt{3}}{2}N+T\cos\alpha=W$

また、棒の左端まわりのモーメントのつり合いは$\frac{\sqrt{3}}{2}Nl=\frac{1}{2}W\frac{1}{2}l$

２式より、Nを消去して、$T\cos\alpha=\frac{3}{4}W$

問２　力学的エネルギー保存則と小球が離れたときの中心方向のつり合いの式は、小球が離れたときの速さをvとおくと、$\frac{1}{2}m{v_0}^2+mgr(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$　　$m\frac{v^2}{r}=mg\cos\theta$

2 式よりvを消去して$\cos\theta=\frac{2}{3}+\frac{1}{3}\frac{{v_0}^2}{gr}$

問３　$\omega=2.5\pi$、$\lambda=2.0$になるので、$y=0.5\sin 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)=0.5\sin(2.5\pi t-\pi x)$

問４　入射角は$60°$、屈折角は$30°$、媒質 1 の速さは$v_1=10\,\mathrm{cm/s}$、屈折の法則は

$$\frac{\sin 60°}{\sin 30°}=\frac{v_1}{v_2}\qquad v_2=\frac{10}{\sqrt{3}}=5.88\fallingdotseq 5.9$$

問５（a）気体の圧力をPとおき、定圧変化のとき気体がした仕事Wは$W=P\Delta V=\frac{5}{2}nRT$

気体の状態方程式は$PV=nRT$が成立するのを利用すると$\Delta V=\frac{5}{2}V$

以上より、変化後の体積は$\frac{7}{2}V$

（b）定圧変化のとき、熱量は仕事の$\frac{5}{2}$倍になるので$\frac{25}{4}nRT$

問６（a）ガウスの法則より、$4\pi kQ$本

（b）単位面積当たりの電気力線の本数を求めると

$$\frac{4\pi k\sigma}{2\pi r}=\frac{2k\sigma}{r}$$

第２問

問１　(a)　弾丸に対して，力積と運動量の関係

$$mv_0 - ft = mv$$

より

$$v = v_0 - \frac{f}{m}t$$

(b)　木片に働く力は，弾性力と，抵抗力なので

$$F = f - kx$$

(c)　木片に対する運動方程式

$$Ma = -k\left(x - \frac{f}{k}\right)$$

より，木片は振動中心 $x_0 = \dfrac{f}{k}$ を中心とする，角振動数 $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{M}}$ の単振動とわかるので,

$$x = \frac{f}{k}\left(1 - \cos\sqrt{\frac{k}{M}}t\right)$$

問２　問１(c)より，木片の速度は

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{f}{k}\sqrt{\frac{k}{M}}\sin\sqrt{\frac{k}{M}}t$$

より，$t = \dfrac{\pi}{6}\sqrt{\dfrac{M}{k}}$ を代入すると，このときの速度 V_1 は

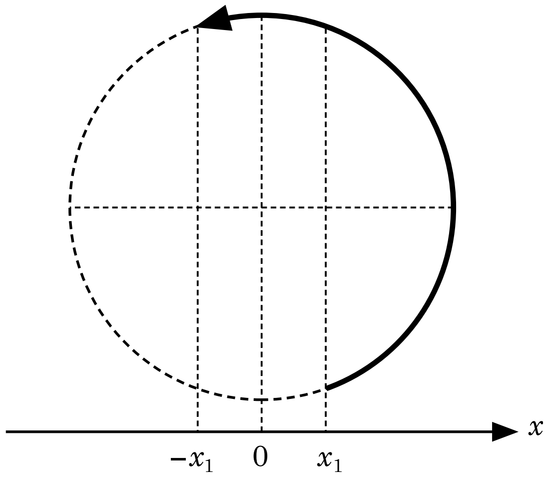
$$V_1 = \frac{f}{2k}\sqrt{\frac{k}{M}}$$

と求まる。この時刻の弾丸も同じ速度になるので，弾丸に対しての力積と運動量の関係

$$mv_0 - ft = mV_1$$

に，$t = \dfrac{\pi}{6}\sqrt{\dfrac{M}{k}}$ ，V_1 を代入して

$$f = \frac{6mMv_0}{3m + \pi M}\sqrt{\frac{k}{M}}$$



問３　木片に対する力積と運動量の関係

$$0 + ft + I = MV_1$$

に，問２の f，$t = \dfrac{\pi}{6}\sqrt{\dfrac{M}{k}}$ ，V_1 を代入して

$$|I| = \frac{(\pi - 3)mMv_0}{3m + \pi M}$$

問４　$t = \dfrac{\pi}{6}\sqrt{\dfrac{M}{k}}$ 以降は弾丸，木片は一体となって単振動をする。この単振動は,

振動中心 $X_0 = 0$ ，角振動数 $\omega_1 = \sqrt{\dfrac{k}{M+m}}$

であり，$x = x_1$ から $x = -x_1$ はこの単振動の半周期にあたる。よって

$$t = \frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}} + \frac{1}{2}\times 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}} = \frac{\pi}{6}\sqrt{\frac{M}{k}} + \pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}$$　（上図参照）

第３問

問１　面に垂直な方向の運動量変化の大きさは，$2mv\cos\theta$

問２　単位時間当たりvだけ進み，$2r\cos\theta$進むごとに衝突することから，$\dfrac{v}{2r\cos\theta}$

問３　単位時間当たりの力積の大きさは平均の力の大きさと等しいので，衝突１回あたりの力積の大きさが　$2mv\cos\theta$ なので，$F = 2mv\cos\theta \times \dfrac{v}{2r\cos\theta} \times N = \dfrac{mv^2}{r} N$

よって圧力は，$p = \dfrac{F}{4\pi r^2} = \dfrac{Nmv^2}{4\pi r^3}$

問４　面に垂直な方向の運動量変化の大きさは，$2\dfrac{hf}{c}\cos\theta$ で，単位時間当たりの衝突回数は，$\dfrac{c}{2r\cos\theta}$ なので，$I = 2\dfrac{hf}{c}\cos\theta \times \dfrac{c}{2r\cos\theta} = \dfrac{hf}{r}$

問５　単位時間当たりの力積の大きさは平均の力の大きさと等しいので，$F_N = \dfrac{h\bar{f}}{r} \times N$

$\therefore p = \dfrac{F_N}{4\pi r^2} = \dfrac{Nh\bar{f}}{4\pi r^3}$

問６　$E = Nh\bar{f}$，$p = \dfrac{Nh\bar{f}}{4\pi r^3} = \dfrac{Nh\bar{f}/3}{V}$ より，$\dfrac{E}{V} = 3p$

Ⅱ

問 1 金属棒の位置がxのときに閉回路を貫く磁束Φは $\Phi = \frac{1}{2} \times x \times 2xtan\theta \times B = x^2 Btan\theta$

よって，時間Δt の間の磁束の変化ΔΦは $\Delta\Phi = \frac{d\Phi}{dt}\Delta t = 2xvBtan\theta\Delta t$

問 2 金属棒に生じる誘導機電力 V は $V = \frac{d\Phi}{dt} = 2xvBtan\theta$

よって，流れる電流 I は $I = \frac{V}{2xtan\theta \times \sigma} = \frac{vB}{\sigma}$

問 3 金属棒が磁場から受ける力の大きさ F は $F = IB \times 2xtan\theta = \frac{2xvB^2tan\theta}{\sigma}$

となるので、運動量と力積の関係より

$$m\Delta v = -F\Delta t \qquad \therefore \quad m\Delta v + \frac{2B^2tan\theta}{\sigma}xv\Delta t = 0$$

問 4 題意より $mv + \frac{2B^2tan\theta}{\sigma} \times \frac{1}{2}x^2$

が一定となるので，

$$mv_0 + 0 = mv + \frac{2B^2tan\theta}{\sigma} \times \frac{1}{2}x^2 \qquad \therefore \quad v = v_0 - \frac{B^2tan\theta}{m\sigma}x^2$$

(b) $v = 0$のとき$x = x_f$ として

$$0 = v_0 - \frac{B^2tan\theta}{m\sigma}x_f^2 \qquad \therefore \quad x_f = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{mv_0\sigma}{tan\theta}}$$

(c) 求めるジュール熱を H として，エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = H + \frac{1}{2}mv^2 \qquad \therefore \quad H = \frac{v_0B^2tan\theta}{\sigma}x^2 - \frac{B^4\tan^2\theta}{2m\sigma^2}x^4$$