近畿大学医学部 2018年度（後期）入学試験 解答速報 物理

2018年2月27日 実施

I

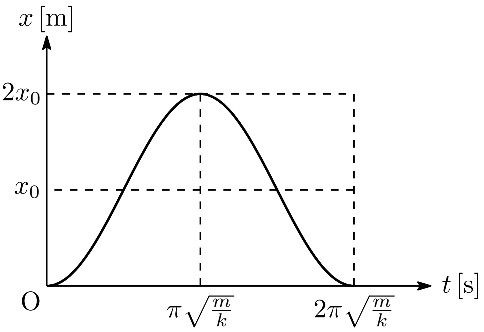
(1) $V_0 = \dfrac{l_0 Q_0}{\varepsilon_0 S}$ [V]　(2) $E_0 = \dfrac{Q_0}{\varepsilon_0 S}$ [V/m]，$\mathrm{A} \to \mathrm{B}$ の向き　(3) $F = \dfrac{Q_0 V_0}{2 l_0} - kx$ [N]

(4) $x_0 = \dfrac{Q_0 V_0}{2 k l_0}$ [m]　(5) 単振動　(6) $v_{\max} = \dfrac{Q_0 V_0}{2\sqrt{mk}\, l_0}$ [m/s]

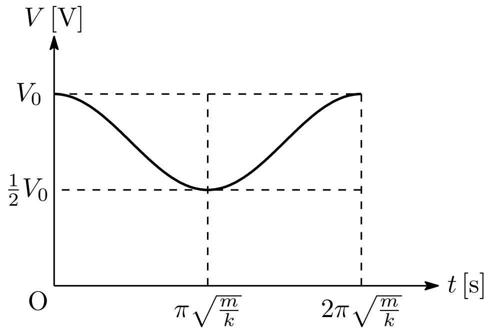
(7) $x = x_0 \left\{ 1 - \cos\left(\sqrt{\dfrac{k}{m}} \cdot t \right) \right\}$ [m]

(8) $V = \dfrac{V_0}{l_0}(l_0 - x) = V_0 \left\{ 1 - \dfrac{x_0}{l_0} \left(1 - \cos\left(\sqrt{\dfrac{k}{m}} \cdot t \right) \right) \right\}$ [V]

(9)



(10)



解説

(1)　コンデンサーの静電容量 $C_0 = \dfrac{\varepsilon_0 S}{l_0}$ [F] である．$V_0 = \dfrac{Q_0}{C_0} = \dfrac{l_0 Q_0}{\varepsilon_0 S}$ [V]

(2)　電場の強さ $E_0 = \dfrac{V_0}{l_0} = \dfrac{Q_0}{\varepsilon_0 S}$ [V/m]，$\mathrm{A} \to \mathrm{B}$ の向き

(3)　今回，コンデンサーに蓄えられた電気量が一定であることから，AB 間の極板間引力の大きさは問題中で変化しない．A が受ける静電気力 $\dfrac{\frac{1}{2} Q_0 V_0}{l_0} = \dfrac{Q_0 V_0}{2 l_0}$ [N]，弾性力 $-kx$ [N] なので，A にはたらく合力は，

$F = \dfrac{Q_0 V_0}{2 l_0} - kx$ [N]

(4)　$F = 0$ となる位置を求めて，$x_0 = \dfrac{Q_0 V_0}{2 k l_0}$ [m]

(5)　A の加速度を a とすると，運動方程式より $a = -\dfrac{k}{m}(x - x_0)$ [m/s^2]．これは，つりあいの位置 x_0 を中心とする角振動数 $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$ [rad/s] の単振動であることを示している．

(6)　単振動の振幅 $A = x_0 - 0 = x_0$ なので，$v_{\max} = \omega A = \dfrac{Q_0 V_0}{2\sqrt{mk}\, l_0}$ [m/s]

(7)　振動の中心：x_0，振幅：$A = x_0$，$-\cos$ 型の単振動をすることに留意して，

$x = x_0 - A \cos \omega t = x_0 \left\{ 1 - \cos\left(\sqrt{\dfrac{k}{m}} \cdot t \right) \right\}$ [m]

(8)　$V = \dfrac{V_0}{l_0}(l_0 - x)$ に (7) の x を代入する

Ⅱ

(1)　① $mg\sin\theta\cos\theta$，左　② $(M+m\cos^2\theta)g$

(2)　$\dfrac{1}{\sin\theta}\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

(3)　① $m(g\cos\theta - A\sin\theta)$　② $MA = N\sin\theta$　③ $\dfrac{m\sin\theta\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}g$

(4)　$\dfrac{1}{\sin\theta}\sqrt{\dfrac{M+m\sin^2\theta}{M+m}\cdot\dfrac{2h}{g}}$

(5)　$\dfrac{m}{(M+m)\tan\theta}h$

解説

(1)　①　求める力の大きさを F_0，小物体が台の斜面から受ける垂直抗力の大きさを N_0 とする．小物体の斜面に垂直な方向の力のつりあいより，$N_0 = mg\cos\theta$．よって，台の水平方向の力のつりあいより，力の向きは左向きで，その大きさは $F_0 = N_0\sin\theta = mg\sin\theta\cos\theta$

②　求める垂直抗力の大きさを R_0 とすると，台の鉛直方向の力のつりあいより，
$R_0 = Mg + N\cos\theta = (M+m\sin^2\theta)g$

(2)　小物体の加速度の大きさを a_0，求める時間を t_0 とすると，
小物体の斜面方向の運動方程式より，$ma_0 = mg\sin\theta$　　$\therefore\ a_0 = g\sin\theta$
したがって，等加速度運動の式より，$\dfrac{h}{\sin\theta} = \dfrac{1}{2}(g\sin\theta){t_0}^2$　　$\therefore\ t_0 = \dfrac{1}{\sin\theta}\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

(3)　①　台から見たとき，小物体には水平方向左向きに慣性力 mA がはたらくことに注意すると，小物体の斜面に垂直な方向の力のつりあいより，
$N + mA\sin\theta = mg\cos\theta$　　$\therefore\ N = m(g\cos\theta - A\sin\theta)$

②　$MA = N\sin\theta$

③　①，②より N を消去して，$A = \dfrac{m\sin\theta\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}g$

(4)　台に対する小物体の加速度の大きさを a, 求める時間を t_1 とすると, 台から見た小物体の斜面方向の運動方程式より, $ma = mg\sin\theta + mA\cos\theta$　　$\therefore\ a = g\sin\theta + A\cos\theta = \dfrac{(M+m)\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}g$
したがって, 等加速度運動の式より, $\dfrac{h}{\sin\theta} = \dfrac{1}{2}a{t_1}^2$　　$\therefore\ t_1 = \dfrac{1}{\sin\theta}\sqrt{\dfrac{M+m\sin^2\theta}{M+m}\cdot\dfrac{2h}{g}}$

(5)　求める移動距離を X とすると，$X = \dfrac{1}{2}A{t_1}^2 = \dfrac{m}{(M+m)\tan\theta}h$

III

(1) $\nu_0 = \dfrac{E_2 - E_1}{h}$ [Hz]

(2) 運動量保存則：$0 = MV_1 - \dfrac{h\nu_1}{c}$

(3) エネルギー保存則：$E_2 = E_1 + h\nu_1 + \dfrac{1}{2}M{V_1}^2$

(4) ${\nu_1}^2 + \dfrac{2Mc^2}{h}\nu_1 - \dfrac{2Mc^2}{h}\nu_0 = 0$

(5) $\nu_1 \fallingdotseq \nu_0\left(1 - \dfrac{h\nu_0}{2Mc^2}\right)$ [Hz]

(6) 運動量保存則：$MV_2 = M{V_2}' - \dfrac{h\nu_2}{c}$

(7) エネルギー保存則：$E_2 + \dfrac{1}{2}M{V_2}^2 = E_1 + \dfrac{1}{2}M{V_2}'^2 + h\nu_2$

(8) $\nu_2 = \dfrac{c}{c + \overline{V_2}}\nu_0$ [Hz]

解説

(1) $h\nu_0 = E_2 - E_1 \qquad \therefore \nu_0 = \dfrac{E_2 - E_1}{h}$ [Hz]

(2) 運動量保存則：$0 = MV_1 - \dfrac{h\nu_1}{c}$

(3) エネルギー保存則：$E_2 = E_1 + h\nu_1 + \dfrac{1}{2}M{V_1}^2$

(4) (2) より，$\dfrac{1}{2}M{V_1}^2 = \dfrac{1}{2M}\left(\dfrac{h\nu_1}{c}\right)^2$

これを (3) に代入して，(1) を用いて E_1，E_2 を消去すると，

$$h\nu_0 = h\nu_1 + \frac{1}{2M}\left(\frac{h\nu_1}{c}\right)^2$$

$$\therefore {\nu_1}^2 + \frac{2Mc^2}{h}\nu_1 - \frac{2Mc^2}{h}\nu_0 = 0$$

(5)
$$\begin{aligned}\nu_1 &= -\frac{Mc^2}{h}\left\{1 - \sqrt{1 + \frac{2h\nu_0}{Mc^2}}\right\}\\ &\fallingdotseq -\frac{Mc^2}{h}\left\{1 - \left(1 - \frac{1}{2}\frac{2h\nu_0}{Mc^2} - \frac{1}{8}\left(\frac{2h\nu_0}{Mc^2}\right)^2\right)\right\}\\ &= \nu_0\left(1 - \frac{h\nu_0}{2Mc^2}\right) \text{ [Hz]}\end{aligned}$$

(6) 運動量保存則：$MV_2 = M{V_2}' - \dfrac{h\nu_2}{c}$

(7) エネルギー保存則：$E_2 + \dfrac{1}{2}M{V_2}^2 = E_1 + \dfrac{1}{2}M{V_2}'^2 + h\nu_2$

(8) (7) より，$E_2 - E_1 = M\dfrac{V_2 + {V_2}'}{2}({V_2}' - V_2) + h\nu_2$

$\overline{V_2} = \dfrac{V_2 + {V_2}'}{2}$ としてから，(1) と (6) を用いて E_1，E_2，V_2，V_2' を消去すると，

$$h\nu_0 = M\overline{V_2}\cdot\frac{h\nu_2}{Mc} + h\nu_2 \qquad \therefore \nu_2 = \frac{c}{c + \overline{V_2}}\nu_0 \text{ [Hz]}$$

講評

Ⅰ［電磁気＋力学：コンデンサー，単振動］（標準）コンデンサーの極板間引力と単振動の融合問題．内容は標準的だが，解答に使う文字の指定などがあり注意が必要．計算や描図があり時間もかかるが完答しておきたい．

Ⅱ［力学：斜面上を滑る物体の運動］（やや難）前半は標準的な斜面上の物体の運動の問題．後半は，重心の速度の水平方向成分が 0 になることがわかっていると最終的な答えが確認し易い．

Ⅲ［原子：反跳］（やや難）原子の反跳による γ 線の振動数変化．内容がわからなくても丁寧な誘導があり，完答できる．ただし，近似計算に慣れていないと (5) の計算は合わせにくいだろう．

全体的に昨年度後期より易化．分量の多さを考えると目標は 75%