医学部進学予備校 メビオ 解答速報

大阪医科大学（後期） 物理

2019年3月10日実施

I

① $mg\cos\theta - \dfrac{mv^2}{a}$

② $mga(1-\cos\theta)$

③ $\dfrac{2}{3}$

④ $\sqrt{\dfrac{2}{3}}$

⑤ $\dfrac{2}{9}\sqrt{6}$

⑥ $\dfrac{\sqrt{30}}{9}$

⑦ $\dfrac{5}{3}$

⑧ $\dfrac{10\sqrt{3}-\sqrt{30}}{9}$

⑨ $\dfrac{5(4\sqrt{2}+\sqrt{5})}{27}$

解説

① 位置 P で質点が受ける垂直抗力を N とすると，運動方程式より，

$$m\frac{v^2}{a} = mg\cos\theta - N \quad \therefore N = \boldsymbol{mg\cos\theta - \frac{mv^2}{a}}$$

② 力学的エネルギー保存則より，$\dfrac{1}{2}mv^2 = \boldsymbol{mga(1-\cos\theta)}$

③ ①，② から v を消去して，$N=0$ とすると，

$$0 = mg\cos\theta_0 - \frac{m{v_0}^2}{a} = mg\cos\theta_0 - 2mg(1-\cos\theta_0) = mg(3\cos\theta_0 - 2) \quad \therefore\ \cos\theta_0 = \boldsymbol{\frac{2}{3}}$$

④ ② より，$v_0 = \sqrt{2ga(1-\cos\theta_0)} = \sqrt{\boldsymbol{\dfrac{2}{3}}} \times \sqrt{ga}$

⑤ $v_{0x} = v_0\cos\theta_0 = \sqrt{\dfrac{2}{3}ga} \times \dfrac{2}{3} = \boldsymbol{\dfrac{2\sqrt{6}}{9}} \times \sqrt{ga}$

⑥ $v_{0y} = v_0\sin\theta_0 = \sqrt{\dfrac{2}{3}ga} \times \sqrt{1-\left(\dfrac{2}{3}\right)^2} = \boldsymbol{\dfrac{\sqrt{30}}{9}} \times \sqrt{ga}$

⑦ $a + a\cos\theta_0 = \boldsymbol{\dfrac{5}{3}} \times a$

⑧ 鉛直方向の等加速度運動の式より，$\dfrac{5}{3}a - \dfrac{\sqrt{30}}{9}\sqrt{ga}\,t - \dfrac{1}{2}g\,t^2 = 0$ を満たす t を求めれば良いので，

$t>0$ であることに注意して，2 次方程式を解くと，$t = \boldsymbol{\dfrac{10\sqrt{3}-\sqrt{30}}{9}} \times \sqrt{\dfrac{a}{g}}$

⑨ $\mathrm{OL} = a\sin\theta_0 + \dfrac{2\sqrt{6}}{9}\sqrt{ga}t = \boldsymbol{\dfrac{5(4\sqrt{2}+\sqrt{5})}{27}} \times a$

＜次頁につづく＞

II

① $\dfrac{pSh}{RT}$

② $\dfrac{Mg}{S}$

③ $\left(1+\dfrac{Mg}{pS}\right)$

④ $\dfrac{3Mg}{2pS}$

⑤ $\dfrac{3}{2}Mg$

⑥ $\dfrac{kh}{2pS}$

⑦ $\dfrac{1}{2}Mgh$

⑧ $\dfrac{1}{2}pSh$

⑨ $\dfrac{kh^2}{8}$

⑩ $\dfrac{3kh}{2pS}$

⑪ $\dfrac{kh}{pS}$

解説

① 状態方程式 $pV=nRT$ より，$n=\dfrac{pV}{RT}=\boldsymbol{\dfrac{pSh}{RT}}$

② ピストンに作用する力のつりあいより $p_1S=pS+Mg$.　　$\therefore\ p_1=p+\boldsymbol{\dfrac{Mg}{S}}$

③ 定積変化なので，初期状態に対して絶対温度は $\dfrac{p_1}{p}$ 倍になる．$T_1=\boldsymbol{\left(1+\dfrac{Mg}{pS}\right)}\times T$

④・⑤ $Q_{01}=\dfrac{3}{2}nR\left(T_1-T\right)=n\times\boldsymbol{\dfrac{3Mg}{2pS}}\times RT=\boldsymbol{\dfrac{3}{2}Mg}\times h$

⑥ 初期状態に対して状態IIは，圧力が $\dfrac{p+\frac{Mg}{S}+\frac{kh}{2S}}{p}$ 倍，体積が $\dfrac{3}{2}$ 倍になる．

$T_2=\dfrac{3}{2}\left(1+\dfrac{Mg}{pS}+\boldsymbol{\dfrac{kh}{2pS}}\right)\times T$

⑦ 重力による位置エネルギーの変化より $W_{\mathrm{a}}=Mg\times\dfrac{h}{2}=\boldsymbol{\dfrac{1}{2}Mgh}$

⑧ 大気圧は一定なので $W_{\mathrm{b}}=pS\times\dfrac{h}{2}=\boldsymbol{\dfrac{1}{2}pSh}$

⑨ 弾性エネルギーの変化より $W_{\mathrm{c}}=\dfrac{1}{2}k\left(\dfrac{h}{2}\right)^2=\boldsymbol{\dfrac{1}{8}kh^2}$

⑩ $\Delta U_{12}=\dfrac{3}{2}nR\left(T_2-T_1\right)=\dfrac{3}{4}\left(1+\dfrac{Mg}{pS}+\boldsymbol{\dfrac{3kh}{2pS}}\right)\times pSh$

⑪ 熱力学の第 1 法則より，

$$\begin{aligned}Q_{12}&=\Delta U_{12}+W_{\mathrm{a}}+W_{\mathrm{b}}+W_{\mathrm{c}}\\&=\frac{5}{4}\left(1+\frac{Mg}{pS}+\boldsymbol{\frac{kh}{pS}}\right)\times pSh\end{aligned}$$

＜次頁につづく＞

Ⅲ

① 統一原子質量　② ベータ　③ 半減期　④ 受けない　⑤ 中性子　⑥ CO_2　⑦ 減少する　⑧ 新しく

(1) ア：電荷の和，エ：陽子と中性子の和

(2) ア．$\left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{T}{5730}}$　イ．5.7×10^4 [年]

解説

⑤ 求める粒子の質量数と陽子数をそれぞれ x，y として、質量数の和と陽子数の和が核反応前後で保存するから $14+x=14+1$，$7+y=6+1$．故に $x=1$，$y=0$．$\therefore$ 中性子．

⑧ 放射線が一時的に増加し R が増加すると $\dfrac{R}{R_0}$ も増加する．増加した時期がなかった場合には $\dfrac{R}{R_0}$ が大きいほど新しいことを表しているので実際の年代よりも**新しい年代**と測定されてしまう．

解答者注：「その時期に生存していた生物の**年代測定**の結果」の「年代測定」の意味が曖昧だが，続く問題文の「増加した時期がなかったとして計算した年代」を「仮に増加した時期が無かった場合に**測定されるであろう値から**計算した年代」と読み，「宇宙線の増加を考慮しないで計算した年代測定」と解釈した．「増加した時期がなかったとして**実際に測定された値を用いて**計算した年代」と読むと全く逆の答えになる．

(1) 核反応の前後では，電荷の数と核子の数の和 (陽子数 + 中性子数) が保存する．

(2) 半減期が 5730 年なので，$\dfrac{R}{R_0}=\left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{T}{5730}}$．よって，検出限界では $\dfrac{R}{R_0}=\dfrac{1}{1024}=\left(\dfrac{1}{2}\right)^{10}=\left(\dfrac{1}{2}\right)^{\frac{T}{5730}}$．
$\therefore T=5.7\times10^4$ [年]．

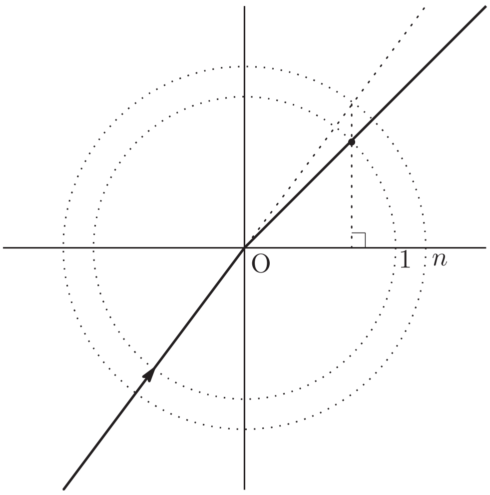
＜次頁につづく＞

Ⅳ

(1) (ア) $\left(\dfrac{V}{R+r}\right)^2 R$ [J/s]

(イ) r [Ω]

(2)



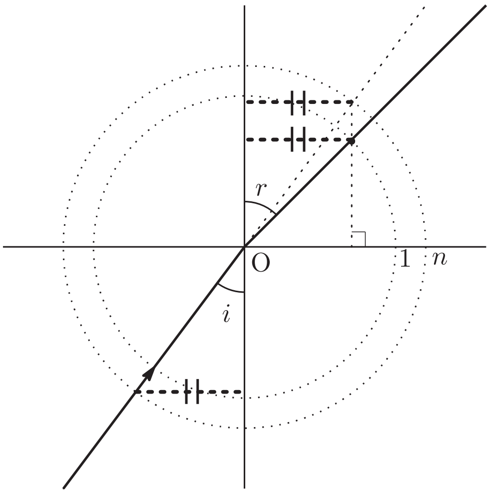
(3) $\dfrac{\varepsilon_{\mathrm{a}}\varepsilon_{\mathrm{b}}S}{\varepsilon_{\mathrm{a}}d-(\varepsilon_{\mathrm{a}}-\varepsilon_{\mathrm{b}})t}$ [F]

解説

(1) (ア) 回路に流れる電流の大きさを I として，$V = RI + rI \iff I = \dfrac{V}{R+r}$. これより $Q = I^2R = \boldsymbol{\left(\dfrac{V}{R+r}\right)^2 R}$ **[J/s]**

(イ) $Q = \left(\dfrac{V}{R+r}\right)^2 R = \dfrac{V^2R}{R^2+2Rr+r^2} = \dfrac{V^2}{R+2r+\frac{r^2}{R}}$. これが最小となるのは，相加相乗平均の関係より $R = \dfrac{r^2}{R}$ つまり $R = \boldsymbol{r}$ **[Ω]** のとき.

(2) 入射角を i，屈折角を r とすると $n\sin i = \sin r$ が成り立つので，下図のようになる.



(3) 誘電体 a, b をコンデンサーとみたときの電気容量をそれぞれ C_{a}，C_{b} とおく. 求める電気容量は，C_{a}，C_{b} の電気容量のコンデンサーを直列合成したものなので，$C = \dfrac{C_{\mathrm{a}}C_{\mathrm{b}}}{C_{\mathrm{a}}+C_{\mathrm{b}}} = \boldsymbol{\dfrac{S\varepsilon_{\mathrm{a}}\varepsilon_{\mathrm{b}}}{t(\varepsilon_{\mathrm{b}}-\varepsilon_{\mathrm{a}})+d\varepsilon_{\mathrm{a}}}}$ **[F]**

＜次頁につづく＞

講評

Ⅰ［力学：鉛直面内の円運動，放物運動］（やや難）
前半の計算は定番の計算だが，後半の放物運動の計算はやや繁雑なので計算ミスをしないように気をつけたい．

Ⅱ［熱力学：単原子理想気体の気体の状態変化］（標準）バネのついた容器における気体の状態変化の問題．問題で問われている式の形にするときにケアレスミスに気をつけたい．

Ⅲ［原子：放射性同位体炭素 ^{14}C による年代測定］（標準）前半の空所補充では基本的な知識が問われている．年代測定の基本的な知識があれば完答できる．

Ⅳ［小問集合：直流回路，屈折，コンデンサー］（標準）(2) の作図にやや手間取った受験生もいたと思うが完答したい．

時間切れで最後まで手をつけられなくならないよう，Ⅰの後半の計算に時間をかけ過ぎたり，Ⅱの計算ミスをしないようにしたい．昨年度後期に比べてやや易化している．目標は 80%