医学部進学予備校

メビオ　解答速報

大阪医科大学（前期）物理

2019年2月11日実施

I

解答

① $\dfrac{GM}{R^2}$ [m/s^2]

② $\dfrac{4\pi^2 xR}{T^2}$ [m/s^2]

③ $\dfrac{GM}{x^2R^2}$ [m/s^2]

④ $\sqrt[3]{\dfrac{gT^2}{4\pi^2 R}}$ [m]

⑤ $\dfrac{1}{9}$ 倍

⑥ 3 倍

解説

① $mg = G\dfrac{mM}{R^2}$ より $g = G\dfrac{M}{R^2}$ [m/s^2]

② 等速円運動の加速度の公式より $a = xR\cdot\omega^2 = xR\cdot\dfrac{4\pi^2}{T^2} = \dfrac{4\pi^2 xR}{T^2}$ [m/s^2]

③ 運動方程式より $ma = G\dfrac{mM}{(xR)^2}$．ゆえに $a = \dfrac{GM}{x^2R^2}$ [m/s^2]

④ ②と③から a を消去すると $xR = \sqrt[3]{GM\dfrac{T^2}{4\pi^2}}$．これに $GM = gR^2$ を代入して x について解くと

$x = \sqrt[3]{\dfrac{gT^2}{4\pi^2 R}}$ [m]

⑤ 静止衛星の公転周期が 1 日であることに注意する．静止衛星の軌道半径を $x_{\mathrm{G}}R$，月の軌道半径を $x_{\mathrm{M}}R$ とする．

④の途中式から $x_{\mathrm{G}}R = \sqrt[3]{GM\dfrac{1^2}{4\pi^2}}$，$x_{\mathrm{M}}R = \sqrt[3]{GM\dfrac{27^2}{4\pi^2}} = 9x_{\mathrm{G}}R$．よって $x_{\mathrm{G}}R = \dfrac{1}{9}x_{\mathrm{M}}R$ だから $\dfrac{1}{9}$ 倍

⑥ 静止衛星の速さを v_{G}，月の速さを v_{M} とする．$v_{\mathrm{G}} = \dfrac{2\pi x_{\mathrm{G}}R}{1} = 2\pi x_{\mathrm{G}}R$,

$v_{\mathrm{M}} = \dfrac{2\pi x_{\mathrm{M}}R}{27} = \dfrac{2\pi\cdot 9x_{\mathrm{G}}R}{27} = \dfrac{2\pi x_{\mathrm{G}}R}{3}$ よって $v_{\mathrm{G}} = 3v_{\mathrm{M}}$ なので，3 倍

＜次頁につづく＞

Ⅱ

解答

(1) $\sqrt{M^2+(x+d)^2}$ [m]

(2) ① $\dfrac{x+d}{M}$ ② $\dfrac{x-d}{M}$ ③ $\dfrac{2d}{M}$

(3) $x_1=\dfrac{M\lambda}{2d}$ [m]

(4) $x_2=1.8\times10^{-3}$ [m]

(5) 移動：上方向　$x_3=5.8\times10^{-4}$ [m]　$x_4=1.8\times10^{-3}$ [m]

解説

(1) 三平方の定理より $\overline{\mathrm{S_1P}}=\sqrt{M^2+(x+d)^2}$ [m]

(2) 与えられた近似を用いると (1) より $\overline{\mathrm{S_1P}}=M\sqrt{1+\left(\dfrac{x+d}{M}\right)^2}\fallingdotseq M\left\{1+\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{x+d}{M}\right)^2\right\}$ より① $\dfrac{x+d}{M}$．同様に $\overline{\mathrm{S_2P}}=\sqrt{M^2+(x-d)^2}$ に対して近似を用いると② $\dfrac{x-d}{M}$． ここから整理すると $\overline{\mathrm{S_1P}}-\overline{\mathrm{S_2P}}\fallingdotseq\dfrac{2d}{M}x$ だから③ $\dfrac{2d}{M}$

(3) O に最も近い明線は経路差が波長と等しいときに表れるから，$\lambda=\dfrac{2dx_1}{M}$ を解くことにより $x_1=\dfrac{M\lambda}{2d}$ [m]

(4) (3) において λ を $\dfrac{\lambda}{n}$ と置き換えればよいので，$\dfrac{\lambda}{n}=\dfrac{2dx_2}{M}$ より $x_2=\dfrac{M\lambda}{2nd}=1.8\times10^{-3}$ [m]

(5) 図形的考察より $x_3=\dfrac{L+M}{L}\cdot1.0\times10^{-4}=5.8\times10^{-4}$ [m] だけ上方向に移動する．また，明線の間隔は板 B を移動させても変化せず，$x_4=x_2=1.8\times10^{-3}$ [m]

＜次頁につづく＞

Ⅲ

解答

(1) ① $V_x = V_0 \sin\theta$ ② $V_y = V_0\cos\theta - \dfrac{eE}{m}t$

③ $\dfrac{mV_0}{eE}(\cos\theta - \sin\theta)$

④ $x_1 = \dfrac{m{V_0}^2}{eE}\sin\theta(\cos\theta - \sin\theta)$

⑤ $\dfrac{m{V_0}^2}{2eE}(\cos^2\theta - \sin^2\theta)$

(2) ⑥ $\sqrt{2}V_0\sin\theta$ ⑦ $\dfrac{\sqrt{2}mV_0\sin\theta}{eB}$

⑧ $\dfrac{mV_0\sin\theta}{eE}\left\{V_0(\cos\theta - \sin\theta) - \dfrac{E}{B}\right\}$

⑨ $\dfrac{mV_0\sin\theta}{eB}$ ⑩ $\dfrac{E}{B} = V_0(\cos\theta - \sin\theta)$

(3) ⑪ イ　⑫ ハ　⑬ イ　⑭ イ　⑮ イ

解説

(1) ① 初速の x 成分は $V_0\sin\theta$．x 方向は力を受けず等速運動となるので，$V_x = V_0\sin\theta$

② 初速の y 成分は $V_0\cos\theta$．y 方向の運動方程式 $ma_y = -eE$ より，y 方向の加速度は $a_y = -\dfrac{eE}{m}$．したがって，$V_y = V_0\cos\theta - \dfrac{eE}{m}t$

③ 陽子が x 軸上 $(y=0)$ に到達したとき，陽子の速度の向きは x 軸から反時計回りに $\dfrac{\pi}{4}$[rad] であるから，$V_x = V_y$ となるまでの時間 t_1 を求める．よって，$V_0\sin\theta = V_0\cos\theta - \dfrac{eE}{m}t_1$　$\therefore t_1 = \dfrac{mV_0}{eE}(\cos\theta - \sin\theta)$

④ $x_1 = V_x t_1 = \dfrac{m{V_0}^2}{eE}\sin\theta(\cos\theta - \sin\theta)$

⑤ $\overline{\mathrm{OP}} = V_0\cos\theta\cdot t_1 - \dfrac{1}{2}\dfrac{eE}{m}{t_1}^2 = \dfrac{m{V_0}^2}{2eE}(\cos^2\theta - \sin^2\theta)$

(2) ⑥ 陽子が x 軸上 $(y=0)$ に到達したとき，$V_x = V_y = V_0\sin\theta$ となるので，求める速さは $V = \sqrt{2}V_0\sin\theta$

⑦ 求める半径を r とすると，等速円運動の運動方程式より，

$m\dfrac{V^2}{r} = eVB$．よって，

$r = \dfrac{mV}{eB} = \dfrac{\sqrt{2}mV_0\sin\theta}{eB}$

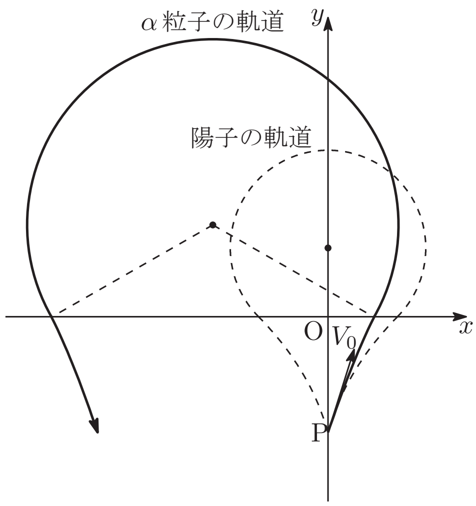
⑧ 円運動の中心の x 座標は，

$x_\mathrm{c} = x_1 - \dfrac{r}{\sqrt{2}} = \dfrac{mV_0\sin\theta}{eE}\left\{V_0(\cos\theta - \sin\theta) - \dfrac{E}{B}\right\}$

⑨ 円運動の中心の y 座標は，　$y_\mathrm{c} = \dfrac{r}{\sqrt{2}} = \dfrac{mV_0\sin\theta}{eB}$

⑩ $x_\mathrm{c} = 0 \Longleftrightarrow V_0(\cos\theta - \sin\theta) - \dfrac{E}{B} = 0$

$\therefore \dfrac{E}{B} = V_0(\cos\theta - \sin\theta)$



(3) α 粒子が電場中を運動しているときの y 方向の運動方程式より，

$4ma'_y = -2eE$　$\therefore a'_y = -\dfrac{eE}{2m} = \dfrac{1}{2}a_y$

したがって，右上図のような軌道となり，選択肢は以下のようになる．

⑪ イ　⑫ ハ　⑬ イ　⑭ イ　⑮ イ

＜次頁につづく＞

Ⅳ

解答

(1) $16.9 \fallingdotseq 17\,\%$　(2) $3.0 \times 10^3\,[\mathrm{kg/m^3}]$　(3) $257.1 \fallingdotseq 257\,[\mathrm{K}]$

解説

(1) 1 軒の家が消費する電力を P，1 軒の家のみが電気を使用するときの送電線が消費する電力を Q とする．n 軒の家が同時に電気を使用するとき，n 軒の家が消費する電力の和は nP．この時送電線に流れる電流は 1 軒の家のみが電気を使用するときの n 倍になる．よって送電線が消費する電力は n^2Q．(電力損失) $= \dfrac{(\text{送電線が消費する電力})}{(\text{家で消費する電力の和}) + (\text{送電線が消費する電力})}$．題意より 100 軒の家が同時に電気を消費した場合は $\dfrac{100^2Q}{100P + 100^2Q} = 2$．これを解いて $P = 4900Q$．よって，1000 軒の家が同時に電気を使用した場合の電力損失は $\dfrac{1000^2Q}{1000P + 1000^2Q} = 16.9 \fallingdotseq 17\,\%$

(2) 水中におもりを入れない場合と入れる場合の台はかりの目盛の差は，水が球に及ぼす浮力の反作用から生じる．つまり，重力加速度の大きさを $g[\mathrm{m/s^2}]$ とすると (浮力の反作用の大きさ) $= (6.3 - 5.5)g = 0.8g\,[\mathrm{N}] =$ (浮力の大きさ)．さらに，球に働く力のつり合いを考えれば，(球の質量) $= 1.6 + 0.8 = 2.4\,[\mathrm{kg}]$．球の密度を $\rho\,[\mathrm{kg/m^3}]$，体積を $V[\mathrm{m^3}]$ とする．(浮力) $= 1.0 \times 10^3\,[\mathrm{kg/m^3}] \times Vg = 0.8g\,[\mathrm{N}]$，(球の質量) $= \rho V = 2.4\,[\mathrm{kg}]$ より，$\rho = 3.0 \times 10^3\,[\mathrm{kg/m^3}]$．

(3) 気体混合時に容器 A，B 内の気体は外部に仕事をしない．また容器の外と熱の出入りがないので，熱力学の第 1 法則より内部エネルギーの和は変化しない．任意の理想気体について $\varDelta U = nC_{\mathrm{V}}\varDelta T$ だから，混合前の容器 A と容器 B 内の気体の温度をそれぞれ T_{A}，T_{B}，混合後の気体の温度を T，混合前の容器 A と容器 B 内の気体の物質量をそれぞれ，$n_{\mathrm{A}}[\mathrm{mol}]$，$n_{\mathrm{B}}[\mathrm{mol}]$ とすると，$n_{\mathrm{A}}C_{\mathrm{V}}(T - T_{\mathrm{A}}) + n_{\mathrm{B}}C_{\mathrm{V}}(T - T_{\mathrm{B}}) = 0 \cdots$ (i)．また，気体定数を $R[\mathrm{J/(K \cdot mol)}]$ として，理想気体の状態方程式から，$n_{\mathrm{A}} = \dfrac{1000 \times 1.00}{200 \times R}$，$n_{\mathrm{B}} = \dfrac{1000 \times 2.00}{300 \times R}$．(i) 式に n_{A}，n_{B} の値を代入して計算すると，$T = \dfrac{1800}{7} \fallingdotseq 257.1 \fallingdotseq 257\,[\mathrm{K}]$．

＜次頁につづく＞

講評

Ⅰ［力学：万有引力による等速円運動］（標準）後半の静止衛星については知識がないと困惑するだろう．

Ⅱ［波動：光の干渉］（標準）ヤングの実験に関する典型的な問題であるため, 完答できるようにしたい.

Ⅲ［電磁気学：電場，磁場中での電荷の運動］（やや難）(3) で混乱しそうなときは，図を描きながら考えるとよいだろう．

Ⅳ［小問集合］（標準）例年通り電力輸送が出題．他の二問も基本的な問題なので 3 問完答したい．

昨年度より易化，大問 3 の計算および後半の定性的評価が難しい．小問集合の計算問題もある程度慣れていないと時間が足りなくなるだろう．目標は 70%