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

解答速報

東海大学医学部　物理

2024年2月2日実施

1

(1)　$\sqrt{2gh}$　(2)　$\dfrac{e}{\tan\theta}$　(3)　$4e(1+e)h\sin\theta$　(4)　$e^2h\cos\theta$　(5)　e 倍

解説

(1)　力学的エネルギー保存則：$mgh=\dfrac{1}{2}mv^2$ より，$v=\boldsymbol{\sqrt{2gh}}$

(2)　速度の x 方向成分は，$v\sin\theta$ のまま変化せず，速度の y 方向成分は衝突後に $ev\cos\theta$ となる。したがって，$\tan\alpha=\boldsymbol{\dfrac{e}{\tan\theta}}$

(3)　$-ev\cos\theta=ev\cos\theta-gt\cos\theta$ からA点に達するまでの時間を求めると，$t=2e\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$.

したがって，$x_{\mathrm{A}}=vt\sin\theta+\dfrac{1}{2}gt^2\sin\theta=\boldsymbol{4e(1+e)h\sin\theta}$

(4)　$\dfrac{t}{2}$ のとき小球は斜面から最も離れるので，$\dfrac{1}{2}g\left(\dfrac{t}{2}\right)^2\cos\theta=\boldsymbol{e^2h\cos\theta}$

(5)　衝突後の速度の y 方向成分の大きさは衝突ごとに e 倍になることより $\boldsymbol{e}$ **倍** とわかる.

＜次頁につづく＞

2

(1) $\dfrac{V_0BL}{R}$〔N〕　(2) $\dfrac{2V_1BL}{R}$〔N〕　(3) $\dfrac{V_1}{2BL}$〔m/s〕　(4) $2\sqrt{2}$倍　(5) $\dfrac{8V_1}{3BL}$〔m/s〕

解説

(1)　導体棒に生じる誘導起電力が 0 なので，導体棒に流れる電流は $-x$ 向きで，大きさ $I_0 = \dfrac{V_0}{R}$．導体棒を流れる電流が磁場から受ける力の大きさ $F_0 = I_0BL = \boldsymbol{\dfrac{V_0BL}{R}}$〔**N**〕

(2)　導体棒にはたらく重力の大きさを W〔N〕，垂直抗力の大きさを N〔N〕とすると，導体棒に作用する力のつりあいは，y 成分，z 成分について，

$$y\text{ 成分}：\frac{1}{2}N = \frac{V_1BL}{R} \qquad z\text{ 成分}：N = W$$

これらから N を消去すると，$W = \boldsymbol{\dfrac{2V_1BL}{R}}$〔**N**〕

(3)　求める速さを v_1〔m/s〕とすると，導体棒に生じる誘導起電力は v_1BL．導体棒を流れる電流が磁場から受ける力 $F_1 = \dfrac{V_1 - v_1BL}{R}BL$ となる．y 成分についての力のつりあい $\dfrac{1}{4}N = \dfrac{V_1 - v_1BL}{R}BL$ を解くと，$v_1 = \boldsymbol{\dfrac{V_1}{2BL}}$〔**m/s**〕

(4)　求める電圧を V_2〔V〕，垂直抗力の大きさを N'〔N〕とする．導体棒が磁場から受ける力の向きが斜め下向きであることに注意すると，導体棒に作用する力のつりあいは，y 成分，z 成分について，

$$y\text{ 成分}：\frac{1}{4}N' = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{V_2}{R}BL \qquad z\text{ 成分}：N' = W + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{V_2}{R}BL$$

これらから N' を消去し，W の値を代入すると，$\dfrac{V_2}{V_1} = \boldsymbol{2\sqrt{2}}$ **倍**

(5)　求める速さを v_2〔m/s〕，垂直抗力の大きさを N''〔N〕とする．導体棒に生じる誘導起電力の大きさが $\dfrac{1}{\sqrt{2}}v_2BL$〔V〕であることに注意する．導体棒に作用する力のつりあいは，y 成分，z 成分について，

$$y\text{ 成分}：\frac{1}{4}N'' = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{V_2 - \frac{1}{\sqrt{2}}v_2BL}{R}BL \qquad z\text{ 成分}：N'' = W + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{V_2 - \frac{1}{\sqrt{2}}v_2BL}{R}BL$$

これらから N'' を消去し，W の値を代入すると，$v_2 = \boldsymbol{\dfrac{8V_1}{3BL}}$〔**m/s**〕

＜次頁につづく＞

3

(1)　オ　　(2)　ア　　(3)　イ　　(4)　エ　　(5)　ウ

解説

(1)　反応前後の静止エネルギーの差が W と等しいので $W = m_3c^2 + m_4c^2 - m_1c^2 - m_2c^2$

よって，選択肢は **オ**

(2)　運動エネルギーの減少分が W に変換される。よって，選択肢は **ア**

(3)　$v_{\mathrm{G}} = \dfrac{m_3v_3 + m_4v_4}{m_3 + m_4}$ と $V = v_3 - v_4$ から v_3 と v_4 を v_{G} と V で表し，次の式に代入すると

$$\frac{1}{2}m_3{v_3}^2 + \frac{1}{2}m_4{v_4}^2 = \frac{1}{2}(m_3 + m_4){v_{\mathrm{G}}}^2 + \frac{1}{2}\frac{m_3m_4}{m_3 + m_4}V^2$$

よって，選択肢は **イ**

(4)　吸熱反応が起こるのに必要な最小の運動エネルギー K を粒子 1 がもつ場合，反応後の相対速度 $V = 0$ となる。したがって，反応前後での運動量保存則より $m_1v_1 = (m_3 + m_4)v_3$　　$\therefore v_3 = \dfrac{m_1}{m_3 + m_4}v_1$

よって，選択肢は **エ**

(5)　反応前後のエネルギー保存則に相対速度 $V = 0$ を代入すると

$$K = W + \frac{1}{2}(m_3 + m_4){v_3}^2$$

$$= W + \frac{m_1}{m_3 + m_4}K \qquad \left((4)\text{ と } K = \frac{1}{2}m_1{v_1}^2\text{を用いた}\right)$$

$$\therefore K = \frac{m_3 + m_4}{m_3 + m_4 - m_1}W$$

よって，選択肢は **ウ**

＜次頁につづく＞

4

(1)　エ　(2)　ウ　(3)　ア　(4)　エ　(5)　イ

解説

状態 X の圧力，体積をそれぞれ P_X，V_X とする．

(1)　問題の図より，状態 B，C の体積は絶対温度に比例するので，

$$\frac{V_0}{T_1} = \frac{V_C}{T_2} \qquad \therefore V_C = \frac{T_2}{T_1}V_0$$

よって，選択肢は **エ**

(2)　(1) の結果を用いると，状態 C における状態方程式より，

$$P_C \times \frac{T_2}{T_1}V_0 = RT_2 \qquad \therefore P_C = \frac{RT_1}{V_0}$$

よって，選択肢は **ウ**

(3)　問題の図より，状態 A，D の体積は絶対温度に比例する．状態方程式より，D → A は定圧変化であることがわかる．状態 A における状態方程式より，

$$P_A V_0 = RT_0 \qquad \therefore P_A = \frac{RT_0}{V_0}$$

したがって，

$$P_D = P_A = \frac{RT_0}{V_0}$$

よって，選択肢は **ア**

(4)　過程 A → B の間に気体がした仕事は 0 であるから，求める仕事を W_{cycle} とすると，

$$\begin{aligned} W_{\text{cycle}} &= P_C(V_C - V_B) + W + P_D(V_A - V_D) \\ &= R(T_2 - T_1) + W + R(T_0 - T_2) \\ &= W + R(T_0 - T_1) \end{aligned}$$

よって，選択肢は **エ**

(5)　過程 C → D は等温過程であるから，内部エネルギーの変化はなく，吸収した熱量は気体がした仕事 W に等しい．また，吸熱過程は A → B，B → C，C → D であるから，1 サイクルで実際に気体が得た熱量は，

$$\frac{3}{2}R(T_1 - T_0) + \frac{5}{2}R(T_2 - T_1) + W$$

したがって，熱効率は，

$$\frac{W + R(T_0 - T_1)}{\frac{3}{2}R(T_1 - T_0) + \frac{5}{2}R(T_2 - T_1) + W} = \frac{W + R(T_0 - T_1)}{W + \frac{R}{2}(5T_2 - 2T_1 - 3T_0)}$$

よって，選択肢は **イ**

＜次頁につづく＞

講評

$\boxed{1}$ [力学：斜面への連続衝突]（標準）

斜面への斜め方向の衝突についての標準的な問題。類題を扱ったことがあれば素早く解くことも可能。できれば完答したい問題。

$\boxed{2}$ [電磁気：磁場中の導体棒の運動]（やや難）

レールと導体棒の間に摩擦があるものの前半は標準的な問題。(4)，(5) は導体棒に流れる電流が受ける力が斜め下方向にかかるため，垂直抗力に影響を与えることに気をつける必要があり，やや難しい。

$\boxed{3}$ [原子：原子核反応]（標準）

原子核の吸熱反応に関する問題。(1)〜(4) は標準的だが，(5) はやや難しい。(4) まで正解できれば十分だろう。

$\boxed{4}$ [熱：サイクル（$T-V$ グラフ）]（標準）

気体の状態変化が $T-V$ グラフの形で与えられている問題だが，内容は標準的。(5) の計算がやや重いが，できれば完答したい。

総評

難易度は 2023 年度の 1 日目と同程度。大問 2 の後半と大問 3 の最後は解きにくいが，大問 1 と大問 4 は完答してほしい。
目標得点率は 70 ％