

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2024 年 2 月 2 日 —

物 理
化 学
生 物

この中から 1 科目を選択 して解答しなさい。

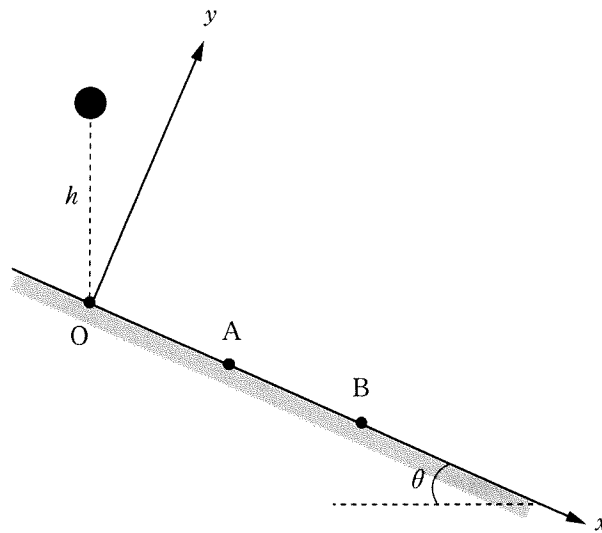
科 目		問題のページ
物	理	2 ~ 7
化	学	9 ~ 15
生	物	17 ~ 33

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

メモ

1

図のように、水平面と角度 θ ($0 < \theta < 90^\circ$) をなす長いなめらかな斜面がある。小球を点 O から高さ h にある点から静かに落とすと、小球は点 O で斜面と衝突してはね返り、放物運動をしてから斜面上の点 A に衝突した。小球は点 A でもはね返り、再び放物運動をしてから斜面上の点 B に衝突した。重力加速度の大きさを g 、小球と斜面との反発係数（はね返り係数）を e ($e < 1$) とする。 x 軸を紙面内で斜面に沿って設定し、 y 軸を紙面内で x 軸に対して垂直に設定する。点 O は x 軸と y 軸の交点とする。全ての運動は図の紙面内で起こり、空気抵抗は無視できるものとする。 e, g, h, θ の中から必要な記号を用いて、次の各問いに答えなさい。



- (1) 点 O に衝突する直前の小球の速さを求めなさい。
- (2) 点 O に衝突した直後の小球の速度の向きが x 軸となす角を α とする。このとき、 $\tan \alpha$ を求めなさい。
- (3) OA 間の距離を求めなさい。
- (4) OA 間を放物運動している小球が斜面から最も離れたときの、斜面と小球の間の距離を求めなさい。
- (5) 小球が AB 間を放物運動する時間は、OA 間を放物運動する時間の何倍であるかを求めなさい。

2

図1のように、鉛直上向きを z 軸とした xyz 直交座標系をとり、 z 軸正の向きで磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場内に間隔 L [m] の2本のレールが y 軸に平行に水平(xy 面内)に置かれている。レールの左端は電圧可変の直流電源とスイッチ S と抵抗値 R [Ω] の抵抗 R で繋がれており、 x 軸と平行に置かれた導体棒と合わせて電気回路が作られている。導体棒とレールの間には摩擦力がはたらき、その静止摩擦係数は $\frac{1}{2}$ であり動摩擦係数は $\frac{1}{4}$ である。導体棒にはたらく重力は鉛直下向きにはたらく、抵抗 R 以外の電気抵抗は無視できる。また、導体棒が運動する際は転がり運動はせずレールに対して垂直を保ったまま滑る。空気抵抗は無視でき、円周率を π とする。次の各問いに答えなさい。

電源の電圧を V_0 ($V_0 > 0$) [V] にしてスイッチ S を閉じた。十分な時間が経過しても、導体棒は静止したままだった。

(1) 導体棒が磁場から受ける力の大きさ [N] を求めなさい。

次に電源の電圧を徐々に大きくしていくと、電圧が V_1 ($V_1 > V_0$) [V] になったとき導体棒が動き始めた。電圧をその値に固定したまま十分な時間が経つと導体棒の速度は一定になった。

(2) 導体棒にはたらく重力の大きさ [N] を求めなさい。

(3) 十分な時間が経った後の導体棒の速さ [m/s] を求めなさい。

図2のように、磁場を yz 面内で y 軸の方に角度 $\frac{\pi}{4}$ [rad] だけ傾けた。導体棒を静止させてからスイッチ S を閉じ、電源の電圧を0から徐々に大きくしていくと電圧がある値になったとき導体棒が動き始めた。電圧をその値に固定したまま十分な時間が経つと導体棒の速度は一定になった。

(4) 固定された電圧の値は V_1 の何倍か求めなさい。

(5) 十分な時間が経った後の導体棒の速さ [m/s] を求めなさい。

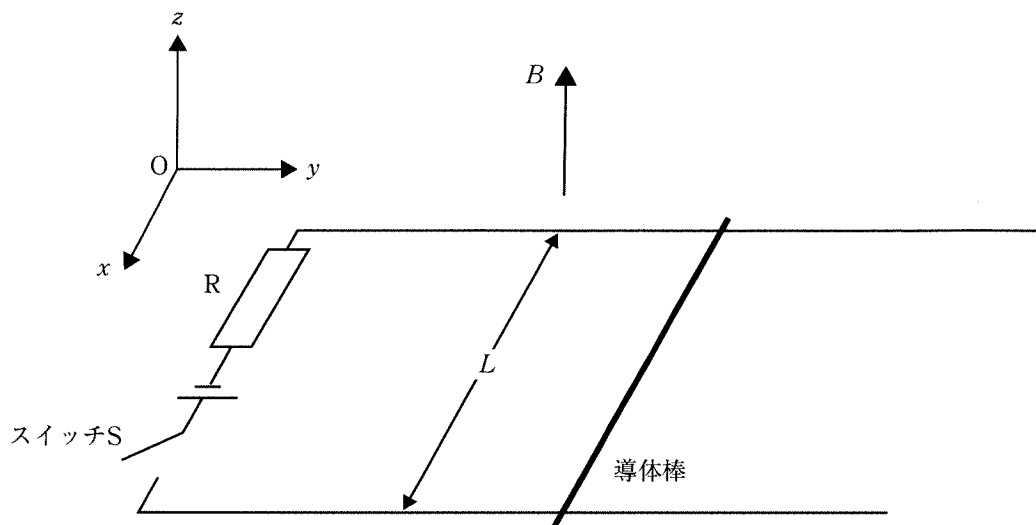


図 1

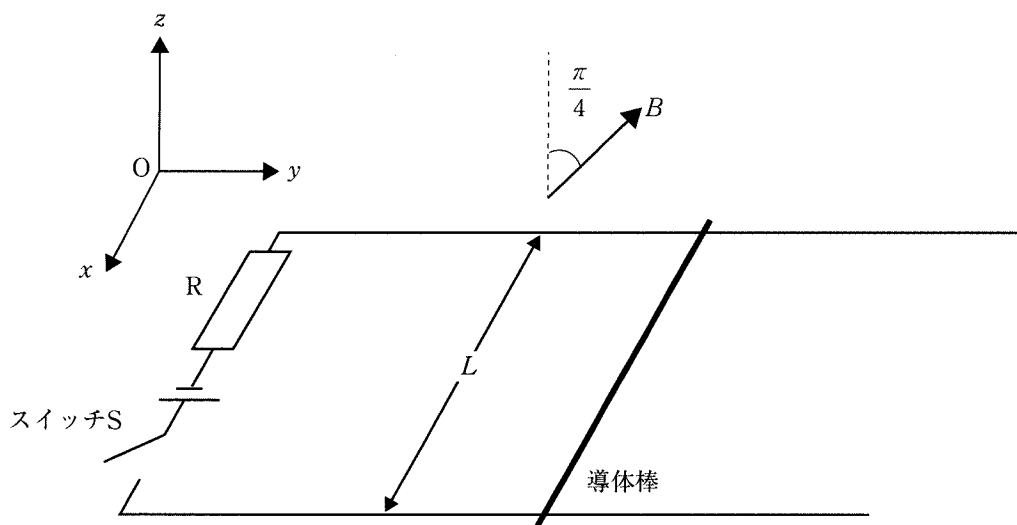


図 2

3

原子核反応には反応後の質量が増加する吸熱反応がある。この反応は、反応前の粒子の運動エネルギーが、ある値を超えないと起こらない。質量 m_1 [kg]、速さ v_1 [m/s] の粒子 1 を、静止している質量 m_2 [kg] の粒子 2 に衝突させ、原子核反応によって質量 m_3 [kg]、速さ v_3 [m/s] の粒子 3 と、質量 m_4 [kg]、速さ v_4 [m/s] の粒子 4 に変換した（ただし、 $m_1 + m_2 < m_3 + m_4$ ）。粒子 3 と粒子 4 の運動方向は粒子 1 と同じであるとする。ここで、原子核反応によって吸収されるエネルギーを W [J]、真空中での光速を c [m/s] とする。原子核の吸熱反応に関する次の各問いについて、それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。

- (1) 反応によって吸収されるエネルギー W [J] を求めなさい。
- (2) 反応によって失われた全運動エネルギーの減少量 [J] を求めなさい。
- (3) 反応後の全運動エネルギー [J] を粒子 3 と粒子 4 の重心速度 $v_G \left(= \frac{m_3 v_3 + m_4 v_4}{m_3 + m_4} \right)$ [m/s] と相対速度 $V (= v_3 - v_4)$ [m/s] を用いて表しなさい。

吸熱反応が起こる条件下で、粒子 1 の速さ v_1 を変化させても、粒子 3 と粒子 4 の質量 m_3 、 m_4 は変わらず、相対速度 V が変化する。以下では、粒子 1 は吸熱反応が起こるのに必要な最小の運動エネルギー K [J] で運動しているものとする。

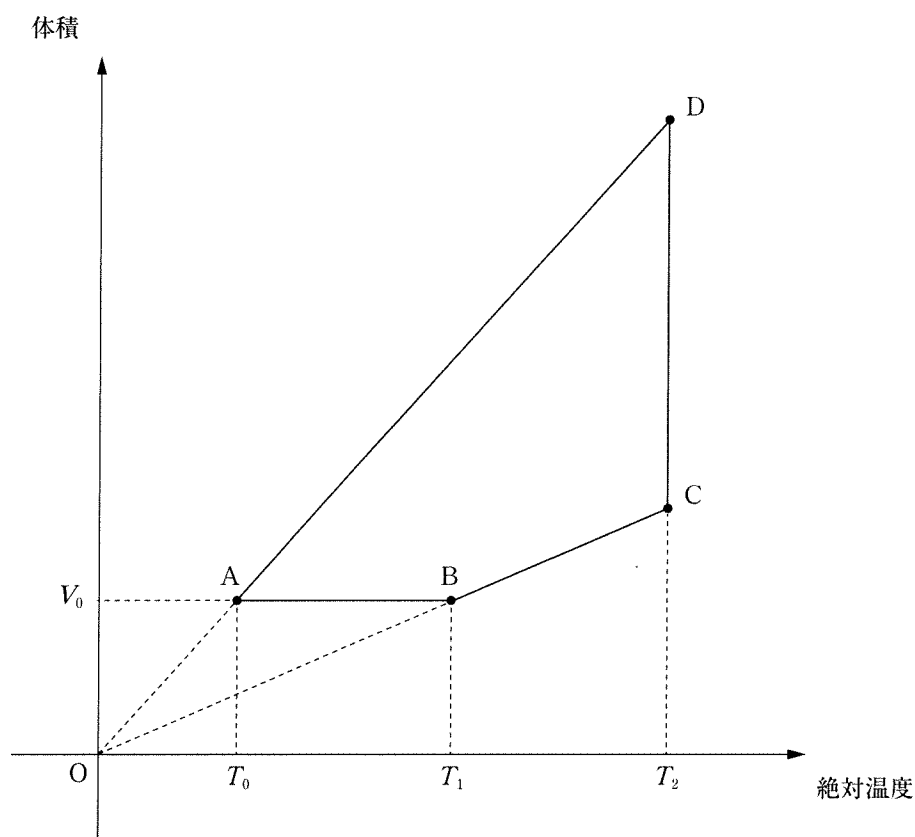
- (4) このときの粒子 3 の速さ v_3 [m/s] を求めなさい。
- (5) 吸熱反応が起こるのに必要な最小の運動エネルギー K [J] を求めなさい。

〔解答群〕

- (1) ア. $m_1 c^2$ イ. $m_1 c^2 + m_2 c^2$ ウ. $m_3 c^2 + m_4 c^2$ エ. $m_3 c^2 + m_4 c^2 - m_1 c^2$
オ. $m_3 c^2 + m_4 c^2 - m_1 c^2 - m_2 c^2$
- (2) ア. W イ. $W - m_1 c^2$ ウ. $W - m_1 c^2 - m_2 c^2$ エ. $W + m_3 c^2 + m_4 c^2$
オ. $W + m_3 c^2 + m_4 c^2 - m_1 c^2$
- (3) ア. $\frac{1}{2}(m_3 + m_4)v_G^2 + \frac{1}{2}\frac{m_3 + m_4}{m_3 m_4}V^2$ イ. $\frac{1}{2}(m_3 + m_4)v_G^2 + \frac{1}{2}\frac{m_3 m_4}{m_3 + m_4}V^2$
ウ. $\frac{1}{2}\frac{m_3 + m_4}{m_3 m_4}v_G^2 + \frac{1}{2}(m_3 + m_4)V^2$ エ. $\frac{1}{2}\frac{m_3 m_4}{m_3 + m_4}v_G^2 + \frac{1}{2}(m_3 + m_4)V^2$ オ. $\frac{1}{2}m_3 v_G^2 + \frac{1}{2}m_4 V^2$
- (4) ア. $\frac{m_4}{m_3 + m_4}v_1$ イ. $\frac{m_3}{m_3 + m_4}v_1$ ウ. $\frac{m_2}{m_3 + m_4}v_1$ エ. $\frac{m_1}{m_3 + m_4}v_1$ オ. $\frac{m_1 + m_2}{m_3 + m_4}v_1$
- (5) ア. $\frac{m_4}{m_3 + m_4}W$ イ. $\frac{m_3}{m_3 + m_4}W$ ウ. $\frac{m_3 + m_4}{m_3 + m_4 - m_1}W$ エ. $\frac{m_3 + m_4}{m_3 + m_4 - m_2}W$ オ. W

4

単原子分子理想気体と見なせる物質質量 1 mol の気体をシリンダー内に閉じ込め、なめらかに動くピストンにより気体の体積が変化できるようにする。図は気体の状態変化を表しており横軸は絶対温度 $[\text{K}]$ 、縦軸は体積 $[\text{m}^3]$ である。気体は状態 A, B, C, D の間を実線の線分に沿って変化し、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ へと 1 サイクル変化する。線分 AB は横軸に平行であり、線分 CD は縦軸に平行である。線分 BC と線分 AD はそれぞれ原点を通る直線の一部である。過程 $C \rightarrow D$ の間に気体がした仕事は正の値の $W [\text{J}]$ とする。気体定数を $R [\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$ とする。次の各問いについて、それぞれの解答群の中から最も適切なものを一つ選び、解答欄の記号にマークしなさい。



- (1) 状態 C の気体の体積を求めなさい。
- (2) 状態 C の気体の圧力を求めなさい。
- (3) 状態 D の気体の圧力を求めなさい。
- (4) 気体が $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の 1 サイクルの変化をしたとき、気体が行った仕事を求め、 W を用いて表しなさい。
- (5) 気体が $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の 1 サイクルの変化をしたとき、これは熱機関とみなせる。熱効率を求め、 W を用いて表しなさい。

[解答群]

$$(1) \quad \text{ア. } \frac{T_1}{T_2} V_0 \quad \text{イ. } \frac{T_2}{T_0} V_0 \quad \text{ウ. } \frac{T_0}{T_1} V_0 \quad \text{エ. } \frac{T_2}{T_1} V_0 \quad \text{オ. } \frac{T_1}{T_0} V_0 \quad \text{カ. } \frac{T_0}{T_2} V_0$$

$$(2) \quad \text{ア. } \frac{RT_0}{V_0} \quad \text{イ. } \frac{RT_2 T_1}{V_0 T_0} \quad \text{ウ. } \frac{RT_1}{V_0} \quad \text{エ. } \frac{RT_0 T_2}{V_0 T_1} \quad \text{オ. } \frac{RT_2}{V_0} \quad \text{カ. } \frac{RT_0 T_1}{V_0 T_2}$$

$$(3) \quad \text{ア. } \frac{RT_0}{V_0} \quad \text{イ. } \frac{RT_2 T_1}{V_0 T_0} \quad \text{ウ. } \frac{RT_1}{V_0} \quad \text{エ. } \frac{RT_0 T_2}{V_0 T_1} \quad \text{オ. } \frac{RT_2}{V_0} \quad \text{カ. } \frac{RT_0 T_1}{V_0 T_2}$$

$$(4) \quad \begin{array}{llll} \text{ア. } W + R(T_0 - T_2) & \text{イ. } W + R(T_1 - T_0) & \text{ウ. } W + R(T_2 - T_1) & \text{エ. } W + R(T_0 - T_1) \\ \text{オ. } W + R(T_1 - T_2) & \text{カ. } W + R(T_2 - T_0) & & \end{array}$$

$$(5) \quad \begin{array}{lll} \text{ア. } \frac{W + R(T_2 - T_0)}{W + \frac{R}{2}(3T_2 - 2T_1 - 5T_0)} & \text{イ. } \frac{W + R(T_0 - T_1)}{W + \frac{R}{2}(5T_2 - 2T_1 - 3T_0)} & \text{ウ. } \frac{W + R(T_1 - T_0)}{W + R(2T_2 - T_1 - T_0)} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{エ. } \frac{W + R(T_1 - T_0)}{W + \frac{R}{2}(5T_2 - 2T_1 - 3T_0)} & \text{オ. } \frac{W + R(T_0 - T_1)}{W + R(2T_2 - T_1 - T_0)} & \text{カ. } \frac{W + R(T_0 - T_2)}{W + R(T_2 - 5T_1 - 2T_0)} \end{array}$$