

平成30年度

理科問題

(物理・化学・生物・地学)

注意事項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
 - 2 問題冊子は「物理」2～7ページ、「化学」8～19ページ、「生物」20～31ページ、「地学」32～37ページである。解答用紙は、「物理」4枚、「化学」4枚、「生物」4枚、「地学」2枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
 - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
 - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
 - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
 - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
 - 7 理学部の受験者は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - 8 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
 - 9 医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
 - 10 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択解答すること。
 - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
 - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- | | |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

(空 白)

物 理

第 1 問 (35点)

長さ l の軽い糸の一端に質量 m の小球 A をつける。図のように、他端を点 O に固定し、糸がたるまないように、糸と鉛直方向のなす角が 90° になるまで A を引き上げて静かにはなす。A の軌道の最下点 P には、質量 M の小球 B が、同じく長さ l の軽い糸で点 O からつるされて静止していた。A と B は、点 P において水平方向に弾性衝突を行った。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。ただし、 $m \leq M$ とする。

問 1 衝突直後の B の速さ v_0 を、 g 、 l 、 m 、 M のうち必要なものを用いて表せ。

B をつるしている糸を、任意の時刻に切断することができる。切断後、B は重力により地面に落下する。点 P の地面からの高さを h 、点 P から地面に下ろした垂線と地面の交点を点 Q とする。衝突直後に B をつるしている糸を切断し、B が地面に落下する地点と点 Q の距離 d_1 を測定した。

問 2 d_1 を、 v_0 、 g 、 l 、 h のうち必要なものを用いて表せ。

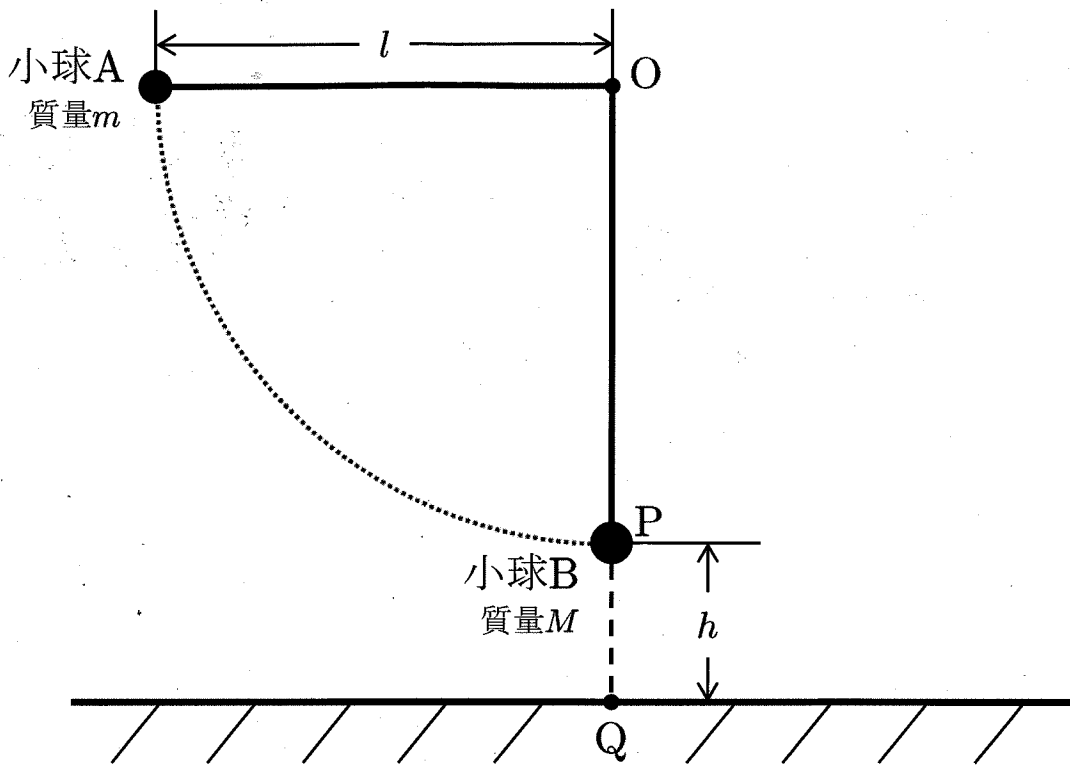
再び小球 B を点 O から長さ l の軽い糸でつるし、点 P で静止させた。小球 A を、糸がたるまないように、糸と鉛直方向のなす角が 90° になるまで引き上げて静かにはなすと、A と B は点 P において水平方向に弾性衝突を行った。今度は B の速度が衝突後初めて 0 になったときに、B をつるしている糸を切断し、B が地面に落下する地点と点 Q の距離 d_2 を測定した。

問 3 d_2 を、 v_0 、 g 、 l 、 h のうち必要なものを用いて表せ。

次に、 m を $0 < m \leq M$ の範囲で変化させて、 $\frac{d_2}{d_1}$ の測定をくり返した。特に $m = M$ のとき、 $\frac{d_2}{d_1} = 1$ であった。

問 4 h を求めよ。

問 5 $\frac{d_2}{d_1}$ の取り得る値の範囲を求めよ。



物 理

第 2 問 (30点)

図1のように、 z 軸の正の向きに磁束密度 B の一様な磁場がある。質量 m 、電荷 e ($e > 0$) の荷電粒子を、 z 軸の正方向から y 軸の正の向きに角度 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) だけ傾けた方向に速さ v で原点 O から打ち出したところ、荷電粒子はらせん運動をした。重力は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

問 1 次の文章中の ~ に当てはまる文字式を導き、所定の解答欄に書け。

荷電粒子の運動を z 軸方向とそれに垂直な平面内に分解して考えると、荷電粒子は z 軸方向には速さ で等速運動をし、 z 軸に垂直な平面内では半径 $r =$, 周期 $T =$ の等速円運動をする。

磁場に加えて図2のように、 z 軸の負の向きに大きさ E の一様な電場をかけて、荷電粒子を原点 O から図1と同じ速度で打ち出したところ、荷電粒子はしばらくして再び原点に戻ってきた。原点に戻ってくるまでの荷電粒子の運動を z 軸方向とそれに垂直な平面内に分解して考えると、荷電粒子は z 軸に垂直な平面内では円軌道を n 周していた。

問 2 E を、 n , m , e , v , θ , B のうち必要なものを用いて表せ。

今度は図3のように、 z 軸の正の向きに磁束密度 B の一様な磁場と z 軸の負の向きに大きさ E の一様な電場をかけたうえで、さらに x 軸の負の向きに大きさ E' の一様な電場をかけた。荷電粒子を原点 O から図1と同じ速度で打ち出したところ、荷電粒子は yz 平面内でのみ運動した。

問 3 E' を求めよ。

問 4 荷電粒子の軌跡を、 y , z , m , v , θ , e , E , B のうち必要なものを用いて表せ。

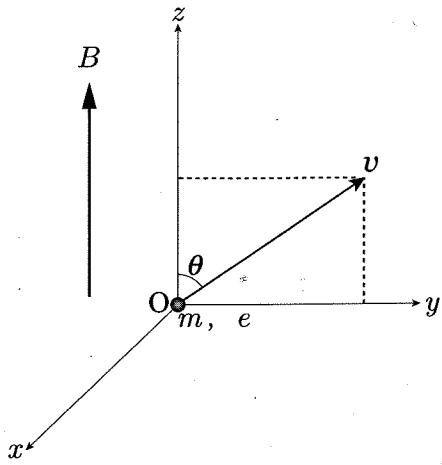


图 1

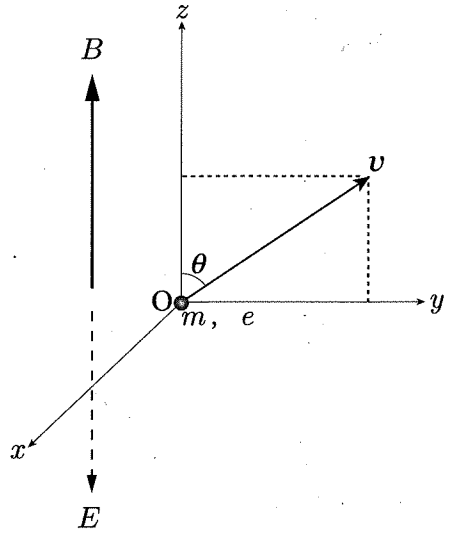


图 2

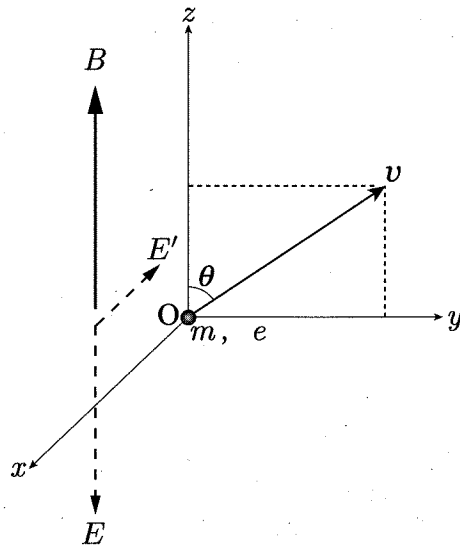


图 3

物 理

第 3 問 (35点)

絶対温度が T_H , T_L ($T_H > T_L$) の 2 つの熱源と理想気体を用いた熱機関のサイクルを考える。なめらかに動くピストンをもつシリンダーに 1 mol の理想気体を閉じ込めて、気体の体積 V と圧力 p を図 1 のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ とゆっくり変化させた。 $A \rightarrow B$ は絶対温度 T_H の熱源との接触による等温膨張、 $B \rightarrow C$ は断熱膨張、 $C \rightarrow D$ は絶対温度 T_L の熱源との接触による等温圧縮、 $D \rightarrow A$ は断熱圧縮である。理想気体の断熱変化において、 pV^γ は一定に保たれる。ここで、定数 γ ($\gamma > 1$) は定圧モル比熱と定積モル比熱の比である。 A , B , C , D における気体の体積をそれぞれ V_A , V_B , V_C , V_D と表す。気体定数を R として、以下の問いに答えよ。

問 1 次の表の空欄に入る適切な語を「正」「負」「ゼロ」の中から選んで答えよ。

過程	気体の吸収する熱量	気体が外部にする仕事
A→B		
B→C		
C→D		
D→A		

問 2 $\frac{V_C}{V_B}$ および $\frac{V_D}{V_A}$ を、 T_H , T_L , γ を用いて表せ。また、 $\frac{V_A V_C}{V_B V_D}$ の値を求めよ。

問 3 $A \rightarrow B$ の過程で気体が熱源とやりとりする熱量の大きさは、図 2 の斜線部の面積を計算して求められる。その理由を説明せよ。

問 4 図 2 の斜線部の面積を図 3 のように台形の面積で近似する。過程 $A \rightarrow B$ において気体が熱源とやりとりする熱量の大きさ Q_H を、 V_A , V_B , T_H , R を用いて表せ。

問 5 問 4 と同じ近似方法を用いて、過程 $C \rightarrow D$ において気体が熱源とやりとりする熱量の大きさ Q_L を、 V_C , V_D , T_L , R で表せ。

問6 問4と問5の近似で得られた結果を用いて、この熱機関の熱効率 e を、 T_H および T_L で表せ。

問7 A, B, C, Dにおける気体の圧力をそれぞれ p_A, p_B, p_C, p_D と表す。図1の曲線AB上の各点に対し、体積を $\frac{V_D}{V_A}$ 倍し、さらに圧力を $\frac{p_D}{p_A}$ 倍して得られる曲線をA'B'とする。このとき点A'は点Dに一致し、点B'は点Cに一致し、さらに曲線A'B'は曲線DCに一致することを示せ。また、このことを用いると、熱効率 e を近似に頼らずに求めることができる。その値を求めよ。

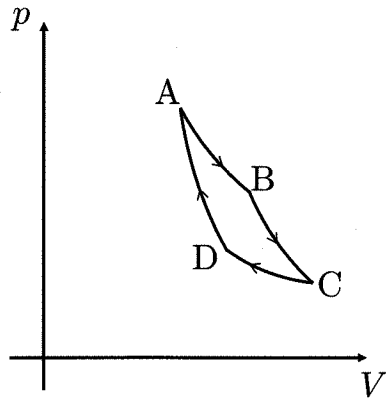


図1

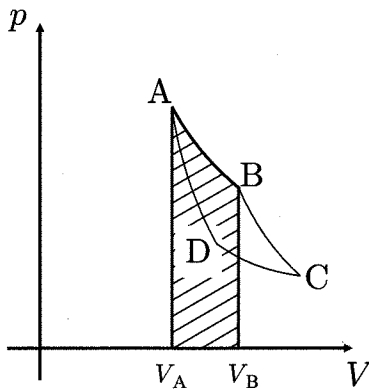


図2

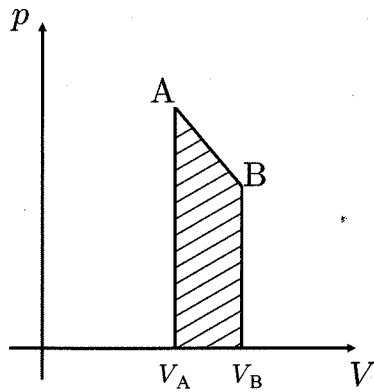


図3