

令和4年度個別学力試験問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120分

配 点 各100点

科 目	ページ
物 理	1 ページ～7 ページ
化 学	8 ページ～12 ページ
生 物	13 ページ～19 ページ

問題冊子には上記の3科目の問題が載っていますが、2科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に氏名をはっきり記入しなさい。ただし、表紙には受験番号も必ず記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 下書きは問題冊子の余白部分を使用しなさい。
8. 試験時間中に問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
9. 解答冊子はすべて持ち帰ってはいけません。
10. 問題冊子は持ち帰ってください。

物 理

1. 物理は全部で3問題あります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は1問題に1ページずつ、合計3ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。

- 1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、単位のあるものについては解答欄には単位を付けて解答しなさい。また、解答は最終結果だけでなく、解答に至る過程の説明を必ず記入しなさい。

図1に示すような垂直な壁Lと壁Rに挟まれた平面がある。壁Lには自然長 S [m]、バネ定数 k [N/m]のバネが固定されている。バネに力がかかっていない状態で、バネの反対端に質量 m_1 [kg]の物体 M_1 、バネの直線延長上 M_1 から a [m]の地点Aに質量 m_2 [kg]の物体 M_2 が置かれている。 M_1 、 M_2 は壁Lを起点とする x 軸に沿って動き、壁Lから壁Rに向かう方向を正方向とする。平面の摩擦および M_1 と M_2 の大きさは無視できるものとし、壁Rと物体 M_2 の反発係数は1、 M_1 と M_2 の反発係数は e とする。また、円周率が必要なときには π を用いなさい。

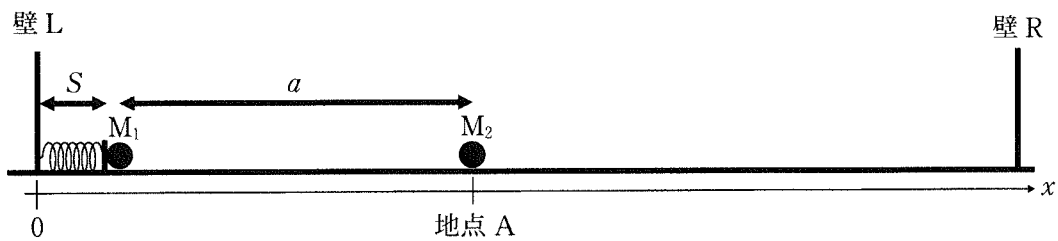


図1

M_1 を手でバネに押し付け、バネ長を自然長から d [m] ($S > d > 0$)縮めた。 M_1 から静かに手を離すと、 M_1 はバネの力で押し出され、バネから離れ速度 v_0 [m/s]で直線上を進んだ。

問1 速度 v_0 を求め、 k 、 m_1 、 d を使って表しなさい。

M_1 は地点Aで M_2 と衝突し、その後 M_1 は速度 v_1 [m/s]、 M_2 は速度 v_2 [m/s]で動き始めた。

問2 M_1 と M_2 の反発係数 e を求め、 v_0 、 v_1 、 v_2 を使って表しなさい。

問3 衝突後、 M_1 がバネの方向に戻る条件を求め、 e 、 m_1 、 m_2 を使って表しなさい。

問4 衝突時に失われる運動エネルギーを求め、 e 、 m_1 、 m_2 、 v_0 を使って表しなさい。

衝突後、 M_1 はバネの方向に戻り、再びバネに接触しバネを押し戻した。

問5 M_1 がバネを押し戻す時にバネが縮む最大の長さを求め、 k 、 m_1 、 v_1 を使って表しなさい。

問 6 M_1 がバネに接触してから、再びバネから離れるまでの時間を求め、 k , m_1 を使って表しなさい。

M_1 が再びバネから離れた瞬間に、 M_2 は壁 R に衝突し跳ね返った。

問 7 地点 A から壁 R までの距離を求め、 a , k , e , m_1 , m_2 , v_0 を使って表しなさい。

その後、 M_1 が再び地点 A を通過し、 M_2 と衝突した。

問 8 M_1 と M_2 が再び衝突するのは M_1 が地点 A を通過してから何秒後か求め、 e , m_1 , m_2 を使って表しなさい。ただし、 $k = \pi^2 \cdot m_1$ とする。

- 2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、単位のあるものについては解答欄には単位を付けて解答しなさい。また、解答は最終結果だけでなく、解答に至る過程の説明を必ず記入しなさい。

図2のように、各辺が x , y , z 軸と平行になるように直方体の導体を置き、導体の横の二面を導線で電圧 V [V] の電池とつなぐ。導体の幅は L [m]、高さは H [m]、奥行きは D [m] である。また、導体の手前の面を面 P、奥の面を面 Q とする。ただし、導体以外の抵抗は無視できるものとする。以下の問いでは、方向を答えるときは x 軸正方向、 y 軸負方向などのように、軸と正負を使って答えなさい。

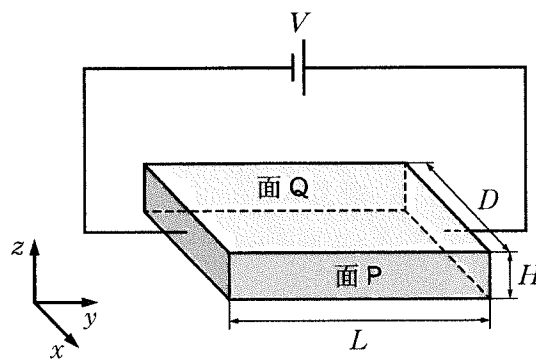


図2

導体の中を流れる電流について、次のようにモデル化して考える。まず、導体は一様で、電気量 $-e$ [C] の自由電子が、数密度 n [個/ m^3] で分布しているとする。導体に電圧がかかると、自由電子は電気力を受けて動き始めるが、熱運動している陽イオンなどから抵抗力を受け、やがて一定の速さで移動するようになる。この抵抗力の大きさは自由電子の移動する速さに比例し、その比例定数は k [N \cdot s/m] で与えられるものとする。

- 問 1 導体内部の電界の大きさと方向を求めなさい。
- 問 2 一定の速さで移動するようになった自由電子の移動する速さと方向を求めなさい。
- 問 3 導体を流れる電流の大きさと方向を求めなさい。
- 問 4 電子一個が導体の中を流れる間に電界によってされた仕事を求めなさい。

問 5 電子が抵抗力によって失うエネルギーがすべて熱に変わるものとするとき、この導体で t 秒間に発生するジュール熱を求めなさい。

次に、 z 軸正方向を向いた、磁束密度 B [T] の一様な磁界を導体全体にかけた。

問 6 磁界をかけた直後に自由電子に働くローレンツ力の大きさと方向を求めなさい。

ローレンツ力によって自由電子の分布に偏りが生じ、面 P と面 Q は正負に帯電する。じゅうぶんに時間が経過した後、 x 軸方向の電界による力とローレンツ力が釣り合った。

問 7 このときの導体中の電界の x 成分の大きさを求めなさい。

問 8 面 Q の中心を基準としたときの面 P の中心の電位を求めなさい。

- 3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、単位のあるものについては解答欄には単位を付けて解答しなさい。また、解答は最終結果だけでなく、解答に至る過程の説明を必ず記入しなさい。

図3のように、1 mol の単原子分子の理想気体が断面積 $S[\text{m}^2]$ のシリンダー内に、なめらかに水平方向に動くピストンで閉じ込められている。シリンダーには温度調節器が取り付けられてあり、シリンダー内の気体を加熱・冷却できる。この装置を用いて順に(a)~(d)の操作を行った。

- (a) はじめシリンダー内の理想気体の圧力は外気圧 $P_0[\text{N}/\text{m}^2]$ と等しかった。このときシリンダー底面からピストンまでの距離は $L[\text{m}]$ であった。
- (b) 次に、温度調節器のスイッチを入れて、ピストンの位置を変えずに加熱して圧力を2倍にした。
- (c) ここで温度調節器のスイッチを切り、気体をゆっくりと断熱膨張させたところ、ピストンは移動し、外気圧 $P_0[\text{N}/\text{m}^2]$ と等しくなり静止した。
- (d) 最後に、ふたたび温度調節器のスイッチを入れて、気体をゆっくり冷却したところ、ピストンはシリンダー底面からの距離が $L[\text{m}]$ となるところまで、理想気体の圧力を $P_0[\text{N}/\text{m}^2]$ に保ったまま移動した。

なお、(c)の断熱膨張においては、圧力 P と体積 V の間に $PV^{\frac{5}{3}}$ が一定であるという関係がある。また、温度調節器の体積と熱容量は無視できるものとし、シリンダーとピストンは断熱材でできているため、それらを通した熱の出入りは考えなくてよい。数値の計算では、 $2^{\frac{5}{3}} = 3.17$ 、 $2^{\frac{3}{5}} = 1.52$ を用いなさい。

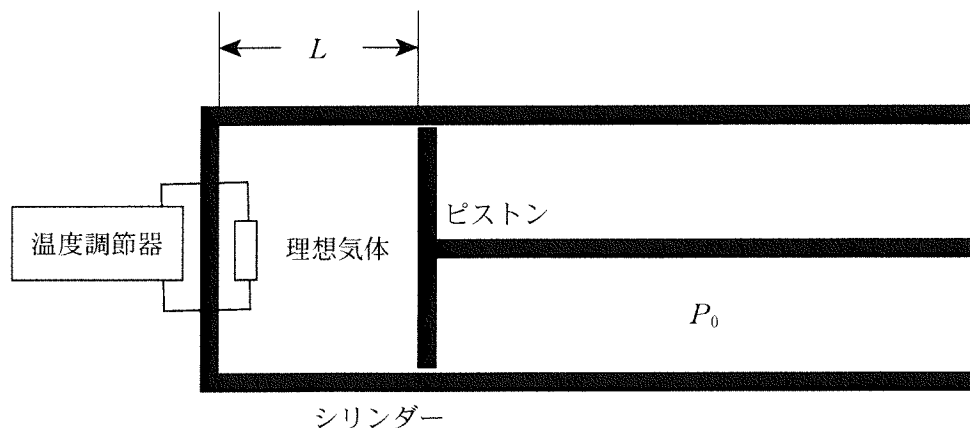


図3

- 問 1 (a)における, 理想気体の内部エネルギーを求めなさい。
- 問 2 (b)の操作の際に, 理想気体に加えられた熱量を求めなさい。
- 問 3 (c)の断熱膨張の後, シリンダー底面からピストンまでの距離はいくらになったか求めなさい。
- 問 4 (c)の断熱膨張による, 理想気体の内部エネルギーの変化を求めなさい。
- 問 5 (d)の冷却操作による, 理想気体の内部エネルギーの変化を求めなさい。
- 問 6 (d)で気体を冷却する間に, 理想気体がした仕事を求めなさい。
- 問 7 (d)の操作によって, 理想気体が奪われた熱量を求めなさい。
- 問 8 (a)~(d)の操作を熱機関の 1 サイクルとしたときの熱効率を求めなさい。