

選択問題 生物・化学・物理

(試験時間 10 : 00 ~ 11 : 00)

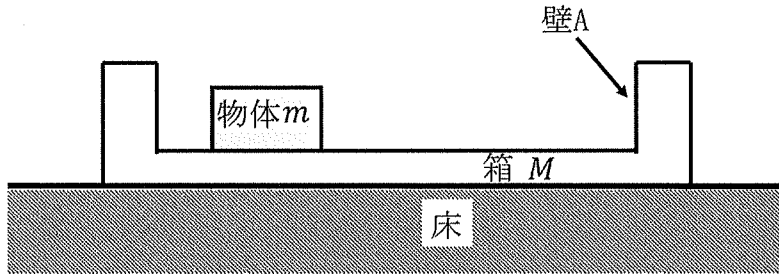
受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
 2. この問題冊子は 34 ページある。
 3. 生物・化学・物理のうち 1 つを選んで解答すること。
 4. 試験中に問題冊子のページの脱落等に気付いた場合は、手をあげて監督者に知らせること。
 5. 解答用紙に受験番号を記入し、マーク欄にマークすること。また、氏名とふりがなを記入すること。
 6. 選択した科目名を解答用紙の選択科目名欄に記入し、記入した科目名を選択科目マーク欄にマークすること。(マークがない場合は採点されない)
 7. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、汚したりしないこと。
 8. 解答用紙への記入には必ず HB の黒鉛筆またはシャープペンシル (HB, 0.5 mm 芯以上) を用いること。他の筆記用具を用いると、正確に読み取れない場合がある。
 9. マーク式の解答にあたっては、解答用紙の該当する箇所を
右に示す例に従ってぬりつぶすこと。
例えば 2 にマークするときは、次のように
①●③とする。
- | 例 | |
|---|-------|
| 良 | 不良 |
| ● | ● ⊗ ● |
10. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消すこと。
×をつけても消したことはない。また消しゴムのくずを完全にに取り除いておくこと。
 11. 解答がマーク式でないものについては、指定の箇所に解答を記入すること。
 12. 解答用紙の指定された場所以外には何も書いてはならない。
 13. 計算には問題冊子の余白あるいは別に配布する計算用紙 (白紙) を使用すること。
 14. 辞書機能、計算機能をもつものを使用してはならない。
 15. 携帯電話の電源は切っておくこと。身につけたり机の上に置いたりしてはならない。
 16. この問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

物 理

1 図1のように、水平な床の上に質量 M の箱を置き、その中の左端付近に質量 m の物体を置く。箱と物体は水平な直線上を左右に運動することができる。速度、加速度は水平右向きを正とする。空気抵抗、物体と箱との間の摩擦、および箱と床との間の摩擦は無視できるものとする。箱と物体は壊れたり変形したりすることはないものとする。

図 1



問1 箱を床に固定して、物体を右向きに滑らせた。物体の速度を v_0 とするとき ($v_0 > 0$)、物体の運動量 (ア) と物体の運動エネルギー (イ) として最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ1つずつ選び、各解答欄にマークしなさい。

- ① 0 ② mv_0 ③ Mv_0 ④ $(M+m)v_0$ ⑤ mv_0^2 ⑥ Mv_0^2
 ⑦ $\frac{1}{2}mv_0^2$ ⑧ $\frac{1}{2}Mv_0^2$ ⑨ $\frac{1}{2}(M+m)v_0^2$

問2 今度は箱を床に対して左右に動けるようにして、箱が床に対して静止している状態で、物体に右向きの撃力 (短い時間の大きな力) を加え、同時に箱に左向きの撃力を加えた。このとき、物体に与えた力積と、箱に与えた力積は、大きさが等しいものとする。その直後、物体は右向きに床に対して速度 v_1 で動いた ($v_1 > 0$)。また、床に対する箱の速度は V_1 であった。 V_1 として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄 (ウ) にマークしなさい。

- ① v_1 ② $-v_1$ ③ $\frac{m}{M}v_1$ ④ $-\frac{m}{M}v_1$ ⑤ $\frac{M}{m}v_1$
 ⑥ $-\frac{M}{m}v_1$ ⑦ $\sqrt{\frac{m}{M}}v_1$ ⑧ $-\sqrt{\frac{m}{M}}v_1$ ⑨ $\sqrt{\frac{M}{m}}v_1$ ⑩ $-\sqrt{\frac{M}{m}}v_1$

(物 理)

問3 問2の状況において、撃力を受けた直後の物体の運動エネルギーと箱の運動エネルギーの和は、問1の場合の物体の運動エネルギー(イ)と等しかった。 v_1 と V_1 を、 v_0 、 m 、 M を用いて表しなさい。解答は次の選択肢からそれぞれ1つずつ選び、 v_1 は解答欄(エ)に、 V_1 は解答欄(オ)に、それぞれマークしなさい。

- ① $\sqrt{\frac{M}{m}}v_0$ ② $-\sqrt{\frac{M}{m}}v_0$ ③ $\sqrt{\frac{m}{M+m}}v_0$ ④ $-\sqrt{\frac{m}{M+m}}v_0$
- ⑤ $\sqrt{\frac{M}{M+m}}v_0$ ⑥ $-\sqrt{\frac{M}{M+m}}v_0$ ⑦ $\frac{M}{m}\sqrt{\frac{M}{M+m}}v_0$ ⑧ $-\frac{M}{m}\sqrt{\frac{M}{M+m}}v_0$
- ⑨ $\frac{m}{M}\sqrt{\frac{M}{M+m}}v_0$ ⑩ $-\frac{m}{M}\sqrt{\frac{M}{M+m}}v_0$

問4 問2と問3で述べた状況の後、物体は箱の壁Aと弾性衝突し、物体の床に対する速度は v_2 、箱の床に対する速度は V_2 となった。弾性衝突であることを使って v_2 を v_1 、 V_1 、 V_2 を用いて表した式のうち最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄(カ)にマークしなさい。

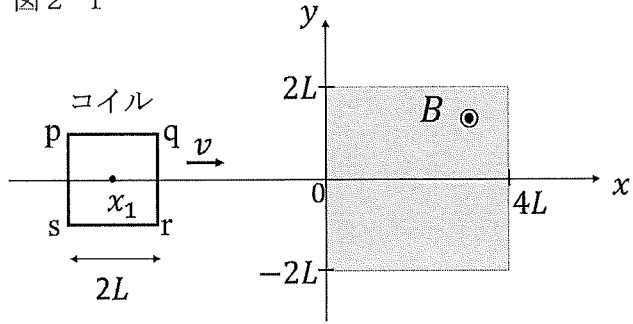
- ① $-V_1 - V_2 - v_1$ ② $-V_1 - V_2 + v_1$ ③ $-V_1 + V_2 - v_1$ ④ $-V_1 + V_2 + v_1$
- ⑤ $V_1 - V_2 - v_1$ ⑥ $V_1 - V_2 + v_1$ ⑦ $V_1 + V_2 - v_1$ ⑧ $V_1 + V_2 + v_1$
- ⑨ $2V_1 + V_2 + v_1$ ⑩ $V_1 + 2V_2 + v_1$

問5 問4の結果と運動量保存則を使い、 v_2 と V_2 のそれぞれを、 v_1 または V_1 を用いて最も簡単な形で表しなさい。また $V_1 = -2 \text{ m/s}$ のときの V_2 の値を答えなさい。答えは解答用紙裏面の解答欄Cに導出過程とその説明を含めて記すこと。

(物 理)

2 図 2-1 のように xy 平面上の $0 \leq x \leq 4L$, $-2L \leq y \leq 2L$ の領域に磁束密度の大きさが B の一様な磁場が xy 平面から垂直上向き (記号 \odot) に貫いている. また, 一辺の長さが $2L$ で抵抗 R の一巻きの正方形 $pqrs$ のコイルがある. コイルの中心

図 2-1



の x 座標を x_1 とする. コイルの一辺 qr が y 軸に平行になるように, コイルの中心を x 軸上に置く (最初は $x_1 < -L$). コイルの中心は常に x 軸上に存在する. このコイルを x 軸の正の向きに一定の速さ v で動かし, コイルの一辺 qr が y 軸と重なったときを時刻 $t = 0$ とする. コイルは回転しないものとし, その質量は無視できるものとする.

問 1 $-L < x_1 < L$ のとき, 時間 Δt の間にコイルを貫く磁束の変化は で表される. また, コイルに生じる誘導起電力の大きさ V_1 は で表される. このとき, コイルに流れる電流の大きさ I_1 は となる. ~ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ 1 つずつ選び, 解答欄にマークしなさい.

ア, イの選択肢

- 0 BLv $\frac{BLv}{2}$ $2BLv$ $4BLv$
 $BL\Delta t$ $BLv\Delta t$ $\frac{BLv\Delta t}{2}$ $2BLv\Delta t$ $4BLv\Delta t$

ウの選択肢

- 0 $\frac{Bv}{2RL}$ $\frac{2Bv}{RL}$ $\frac{BLv}{2R}$ $\frac{2BLv}{R}$
 $\frac{R}{2BLv}$ $\frac{2R}{BLv}$ $\frac{B}{2RLv}$ $\frac{2B}{RLv}$ $\frac{RL}{Bv}$

(物 理)

問2 $-L < x_1 < L$ のとき、コイルが磁場から受ける力の向きは で、その大きさは で表される。また、コイルが消費する電力は で表される。コイルを $t = 0$ から $t = \frac{2L}{v}$ まで一定速度で動かすために外力が行なった仕事は となる。 ~ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ1つずつ選び、解答欄にマークしなさい。

エの選択肢

- ① x 軸の正の向き ① x 軸の負の向き ② y 軸の正の向き
③ y 軸の負の向き ④ xy 平面から垂直上向き

オ、カの選択肢

- ① $\frac{BLI_1}{4}$ ① $\frac{BLI_1}{2}$ ② BLI_1 ③ $2BLI_1$ ④ $4BLI_1$
⑤ $\frac{BLvI_1}{4}$ ⑥ $\frac{BLvI_1}{2}$ ⑦ $BLvI_1$ ⑧ $2BLvI_1$ ⑨ $4BLvI_1$

キの選択肢

- ① B^2LI_1 ① BL^2I_1 ② BLI_1^2 ③ $2B^2LI_1$ ④ $2BL^2I_1$
⑤ $2BLI_1^2$ ⑥ $4B^2LI_1$ ⑦ $4BL^2I_1$ ⑧ $4BLI_1^2$ ⑨ $8B^2LI_1$

問3 $L < x_1 < 3L$ のとき、時間 Δt の間にコイルを貫く磁束の変化は となる。また、このとき流れる電流の大きさは となる。, にあてはまる最も適切なものを次の選択肢からそれぞれ1つずつ選び、解答欄にマークしなさい。

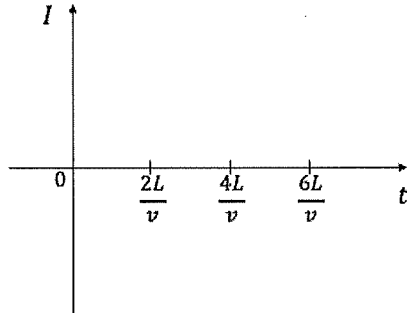
ク、ケの選択肢

- ① 0 ① $\frac{BLv}{R}$ ② $\frac{2BLv}{R}$ ③ $\frac{4BLv}{R}$ ④ $\frac{BLv\Delta t}{2}$
⑤ $BLv\Delta t$ ⑥ $2BLv\Delta t$ ⑦ $4BLv\Delta t$ ⑧ $Lv\Delta t$ ⑨ $2Lv\Delta t$

(物 理)

問 4 図 2-2 を解答用紙裏面の解答欄 D に書き写し，コイルの中心点 x_1 が $-L < x_1 < 5L$ まで移動するときの時間 t とコイルを流れる電流 I の関係を表すグラフの概形を書きなさい。ただし，図 2-1 のコイルにおいて，電流が $p \rightarrow q \rightarrow r \rightarrow s$ の向き のときに， I が正の値とする。

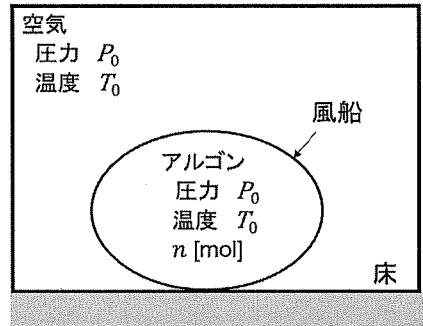
図 2-2



(物 理)

3 風船を浮かせるために、通常は空気よりも軽い気体を風船の中に入れる。しかし、ここでは空気（1 mol あたりの質量 m_A ）よりも重い気体であるアルゴン（1 mol あたりの質量 m_B ）を入れてみた。図3-1に示すように、空気の温度を一定値に保ったまま圧力を変化させることができる部屋がある。気体定数を R 、重力加速度を g とする。質量 M の風船に n [mol]のアルゴンを入れ、床の上に置いた。風船は断熱材でできており、気体を通さず、厚みは無視できる。風船の内部と外部の圧力は等しく、風船の体積は部屋の圧力に応じて変化することができ、割れたりはいしない。また、空気、アルゴンともに理想気体とする。温度は全て絶対温度を表すものとする。

図3-1



【I】 図3-1に示すような初期状態の空気とアルゴンの圧力を P_0 、温度を T_0 とする。

問1 初期状態の部屋の空気1 molの体積として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄（ア）にマークしなさい。さらに、このときの部屋の空気の密度として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄（イ）にマークしなさい。

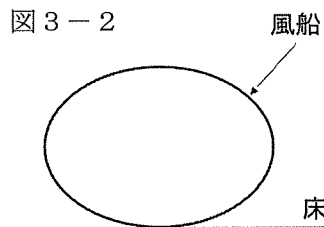
- ① 0 ② $\frac{P_0}{RT_0}$ ③ $\frac{m_A P_0}{RT_0}$ ④ $\frac{m_B P_0}{RT_0}$ ⑤ $\frac{P_0}{nRT_0}$
- ⑥ $\frac{RT_0}{m_A P_0}$ ⑦ $\frac{RT_0}{m_B P_0}$ ⑧ $\frac{RT_0}{P_0}$ ⑨ $\frac{nRT_0}{P_0}$ ⑩ $\frac{m_A RT_0}{P_0}$

問2 初期状態の風船内のアルゴンにかかる重力として最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄（ウ）にマークしなさい。

- ① 0 ② $nm_A g$ ③ $nm_B g$ ④ $m_A g$
- ⑤ $m_B g$ ⑥ Mg ⑦ $(nm_A + M)g$
- ⑧ $(nm_B + M)g$ ⑨ $(m_A + M)g$ ⑩ $(m_B + M)g$

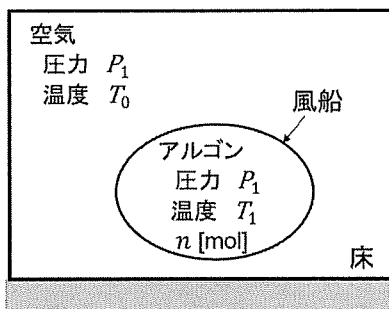
(物 理)

問 3 図 3-2 を解答用紙裏面の解答欄 E に書き写し、初期状態の風船 (中の気体を含む) にかかる力を大きさとともに矢印で示しなさい。また、つり合いの式も記入しなさい。ただし、必要であれば、風船が受ける浮力の大きさを F 、床からの抗力の大きさを N として用いなさい。



【Ⅱ】次に、空気の温度を一定値 T_0 に保ったまま部屋の圧力を高くしていくと、圧力が P_1 になったとき、図 3-3 に示すように風船は床から離れて浮き始めた。このときのアルゴンの温度は T_1 であった。

図 3-3



問 4 このときのアルゴンの体積として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄 (エ) にマークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{P_1}{RT_1}$ ③ $\frac{m_A P_1}{RT_1}$ ④ $\frac{m_B P_1}{RT_1}$ ⑤ $\frac{P_1}{nRT_1}$
- ⑥ $\frac{nRT_0}{P_1}$ ⑦ $\frac{P_1}{RT_0}$ ⑧ $\frac{RT_0}{P_1}$ ⑨ $\frac{nRT_1}{P_1}$ ⑩ $\frac{m_A RT_0}{P_1}$

問 5 このときの風船 (中の気体を含む) にかかる浮力として最も適切なものを次の選択肢から 1 つ選び、解答欄 (オ) にマークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{nm_A T_1 g}{T_0}$ ③ $\frac{nm_B T_1 g}{T_0}$ ④ $\frac{nm_A T_0 g}{T_1}$ ⑤ $\frac{m_A T_1 g}{T_0}$
- ⑥ $\frac{m_B T_1 g}{T_0}$ ⑦ $\frac{T_0 g}{nm_A T_1}$ ⑧ $\frac{T_1 g}{nm_A T_0}$ ⑨ $\frac{T_0 g}{m_A T_1}$ ⑩ $\frac{T_1 g}{m_A T_0}$

(次ページにも問題があります)

(物 理)

問6 このときのアルゴンの温度 T_1 [K]として最も近い数値を次の選択肢から選り、解答欄(カ)にマークしなさい。ただし、 $M = 1.0 \times 10^{-3}$ kg, $m_A = 2.9 \times 10^{-2}$ kg/mol, $m_B = 4.0 \times 10^{-2}$ kg/mol, $n = 1.0$ mol, $T_0 = 2.9 \times 10^2$ Kとする。

- ① 1.5×10 ② 1.5×10^2 ③ 2.0×10 ④ 2.0×10^2
⑤ 4.1×10 ⑥ 4.1×10^2 ⑦ 6.2×10 ⑧ 6.2×10^2
⑨ 8.2×10 ⑩ 8.2×10^2

問7 気体の圧力を上昇させるとき、単原子分子理想気体の断熱変化と等温変化を比較すると、等温変化の場合よりも断熱変化の場合の方が、同じ圧力変化に対する体積変化が小さくなる。図3-4には、理想気体の温度 T_0 での等温変化をあらわす圧力 p と体積 V の関係の概略を示すグラフが示されている。解答用紙裏面の解答欄Fにこの図を書き写し、次に、この気体の温度 T_1 での等温変化の概略を示す曲線を点線で書き入れなさい。なお、温度 T_0 と T_1 の大きさの関係は問6と同様である。さらに、圧力 p_0 、温度 T_0 の状態から圧力 p_1 、温度 T_1 の状態へ変化したときの断熱変化の概略を示す線を実線矢印で記入しなさい。ただし、 $p_1 > p_0$ である。

図3-4

