

選択問題 生物・化学・物理

(試験時間 10:00 ~ 11:00)

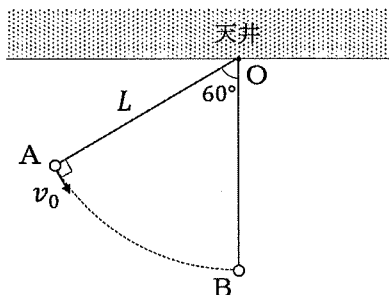
受験についての注意

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 35 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 の黒鉛筆を用いること。シャープペンシルなど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。
- | | |
|---|-------|
| 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、計算機能を持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1-1のように、天井の点Oに固定した長さ L の軽い糸に、質量 m の小球をつけた。このとき、小球は、点Oの真下の点Bにある。糸がたるまないように小球を点Aまで静かに持ち上げ、糸と垂直な方向に速さ v_0 で放った。小球は常に、点O、A、Bを含む平面内にあるとする。重力加速度の大きさを g とする。また、空気の抵抗、小球の大きさ、および、糸の質量は無視できるものとする。

図1-1



【I】 点Aでの糸と鉛直線OBがなす角は 60° であった。

問1 点Bにおける小球の位置エネルギーを0としたとき、小球が点Aにおいて持つ位置エネルギーは 、小球を放した瞬間の運動エネルギーは となる。 と にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、各解答欄にマークしなさい。

アの選択肢

- ① 0 ② $-mgL$ ③ $-\frac{1}{2}mgL$ ④ $-\sqrt{3}mgL$ ⑤ $-\frac{\sqrt{3}}{2}mgL$
 ⑥ mgL ⑦ $\frac{1}{2}mgL$ ⑧ $\sqrt{3}mgL$ ⑨ $\frac{\sqrt{3}}{2}mgL$ ⑩ $\sqrt{2}mgL$

イの選択肢

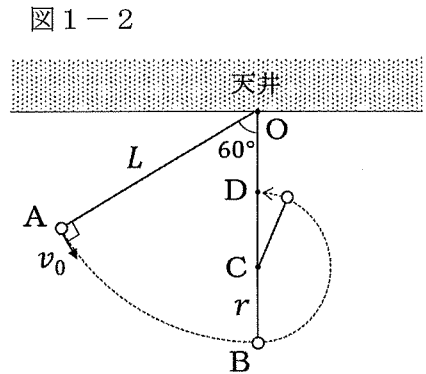
- ① $v_0 + g$ ② mv_0 ③ mg ④ $mg + v_0$ ⑤ $\frac{1}{2}mg$
 ⑥ $\frac{1}{2}mv_0$ ⑦ v_0^2 ⑧ mv_0^2 ⑨ $\frac{1}{2}mv_0^2$ ⑩ $\sqrt{3}mv_0^2$

問2 小球が点Bを通過するときの速さとして、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_0 ② mg ③ $v_0 + mg$ ④ $v_0 + gL$ ⑤ $v_0^2 + mg$ ⑥ $v_0^2 + gL$
 ⑦ $\sqrt{v_0 + mg}$ ⑧ $\sqrt{v_0 + gL}$ ⑨ $\sqrt{v_0^2 + mg}$ ⑩ $\sqrt{v_0^2 + gL}$

(物 理)

【Ⅱ】図1-2のように、小球が最下点Bを通る瞬間、糸は、点Cにある釘くぎに触れ、小球は点Cを中心とする円運動を始めた。その後、糸がたるむことなく、小球は点Cの真上の点Dに達し、点Dを通過した直後に糸はたるんだ。点Bと点Cの距離は r であり、点O、D、C、Bは鉛直線上に位置する。釘と糸の摩擦や釘の太さは無視でき、釘は動かないものとする。



問3 釘に触れる直前に小球にはたらく糸の張力は , 釘に触れた直後に小球にはたらく糸の張力は となる。 と にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、各解答欄にマークしなさい。

エの選択肢

- ① $\frac{mg}{L}$ ① $\frac{2mg}{L}$ ② $2mg$ ③ $\frac{v_0^2}{L}$ ④ $\frac{m(g+v_0)}{L}$ ⑤ $\frac{m(2g+v_0)}{L}$
 ⑥ $\frac{m(2gL+v_0)}{L}$ ⑦ $\frac{m(g+v_0^2)}{L}$ ⑧ $\frac{m(2g+v_0^2)}{L}$ ⑨ $\frac{m(2gL+v_0^2)}{L}$

オの選択肢

- ① $\frac{mg}{r}$ ① $\frac{2mg}{r}$ ② $\frac{mgL}{r}$ ③ $\frac{mg(L+r)}{r}$ ④ $\frac{m\{g(L+r)+v_0\}}{r}$
 ⑤ $\frac{m\{g(L+r)+v_0^2\}}{r}$ ⑥ $\frac{m\{g(L+r)+v_0\}}{2r}$ ⑦ $\frac{m\{g(L+r)+v_0^2\}}{2r}$
 ⑧ $\frac{m\{2g(L+r)+v_0\}}{r}$ ⑨ $\frac{m\{2g(L+r)+v_0^2\}}{r}$

問4 速さ v_0 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(カ)にマークしなさい。

- ① gL ① $5gr$ ② \sqrt{gL} ③ $\sqrt{5gr}$ ④ $\sqrt{g(5r+L)}$ ⑤ $\sqrt{g(5r-L)}$
 ⑥ $\sqrt{g(-5r+L)}$ ⑦ $g(5r+L)$ ⑧ $g(5r-L)$ ⑨ $g(-5r+L)$

(物 理)

問5 小球が最高点Dに達したときに糸がたるまないこと、および、最高点および途中で天井にぶつからないことを考慮すると、 r の範囲について、 L を用いて次のような不等式が成立する。

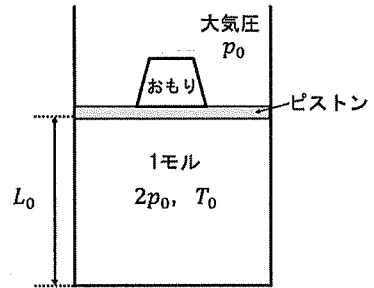
$$\square L \leq r \leq \square L$$

\square の中に、分数または整数を入れて完成し、その不等式を解答用紙の解答欄Aに書きなさい。また、なぜその不等式になるかを説明しなさい。

(物 理)

2 大気中の鉛直に置かれたシリンダー内に、1モルの単原子分子の理想気体が、なめらかに上下できるピストンで閉じ込められている。このピストンの断面積は S で、その質量は無視できるものとする。また、シリンダー内は必要に応じて外部から温度制御が可能であるが、それ以外の熱の出入りは無視できるものとする。またピストンは任意の高さに固定できる。大気圧を p_0 、気体定数を R 、重力加速度の大きさを g とする。

図 2-1



問1 このピストンの上におもりをのせたところ、ピストンは図2-1のように底面から高さ L_0 のところで静止した。このとき、シリンダー内の気体の圧力は $2p_0$ 、絶対温度は T_0 であった。このおもりの質量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。

- ① 0 ② $\frac{p_0 S}{g}$ ③ $\frac{2p_0 S}{g}$ ④ $\frac{4p_0 S}{g}$ ⑤ $\frac{p_0 L_0}{g}$
⑥ $\frac{2p_0 L_0}{g}$ ⑦ $\frac{4p_0 L_0}{g}$ ⑧ $\frac{p_0 L_0^2}{g}$ ⑨ $\frac{2p_0 L_0^2}{g}$ ⑩ $\frac{4p_0 L_0^2}{g}$

問2 図2-1の状態において、 T_0 を p_0 などを用いて表した式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 $2p_0 S L_0 R$ ② $\frac{S L_0 R}{2p_0}$ ③ $\frac{2p_0 R}{S L_0}$ ④ $\frac{R}{2p_0 S L_0}$ ⑤ $\frac{2p_0 S L_0}{R}$
⑥ $\frac{S L_0}{2p_0 R}$ ⑦ $\frac{2p_0}{S L_0 R}$ ⑧ $\frac{1}{2p_0 S L_0 R}$ ⑨ $2p_0 S L_0$ ⑩ $\frac{1}{2p_0 S L_0}$

問3 この気体を加熱したところ、ピストンは底面から高さ $\frac{3}{2}L_0$ となって静止した。このとき、気体の温度 T_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 $\frac{1}{4}T_0$ ② $\frac{1}{2}T_0$ ③ $\frac{3}{4}T_0$ ④ T_0 ⑤ $\frac{5}{4}T_0$
⑥ $\frac{3}{2}T_0$ ⑦ $\frac{7}{4}T_0$ ⑧ $2T_0$ ⑨ $\frac{9}{4}T_0$ ⑩ $\frac{5}{2}T_0$

(物 理)

問4 問3の過程を過程Ⅰとする. この過程Ⅰにおいて, 気体が受け取った熱量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 $\frac{1}{4}p_0SL_0$ ② $\frac{1}{2}p_0SL_0$ ③ $\frac{3}{4}p_0SL_0$ ④ p_0SL_0 ⑤ $\frac{5}{4}p_0SL_0$
⑥ $\frac{3}{2}p_0SL_0$ ⑦ $\frac{7}{4}p_0SL_0$ ⑧ $2p_0SL_0$ ⑨ $\frac{9}{4}p_0SL_0$ ⑩ $\frac{5}{2}p_0SL_0$

問5 次にピストンの底面からの高さを $\frac{3}{2}L_0$ に固定して, 気体の温度が T_2 になるまでゆっくりと冷やした. この後, おもりを取り除き, ピストンの固定を外して動けるようにした. するとピストンの底面からの高さは $\frac{3}{2}L_0$ のままであった. このとき, シリンダー内の気体の内部エネルギー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 $\frac{3}{8}RT_0$ ② $\frac{3}{4}RT_0$ ③ $\frac{9}{8}RT_0$ ④ $\frac{3}{2}RT_0$ ⑤ $\frac{15}{8}RT_0$
⑥ $\frac{9}{4}RT_0$ ⑦ $\frac{21}{8}RT_0$ ⑧ $3RT_0$ ⑨ $\frac{27}{8}RT_0$ ⑩ $\frac{15}{4}RT_0$

問6 問5の過程を過程Ⅱとする. 過程Ⅱにおいて, 気体が失った熱量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(カ)にマークしなさい.

- ① 0 ② $\frac{1}{2}R(T_1 - T_2)$ ③ $\frac{1}{2}R(T_2 - T_1)$ ④ $R(T_1 - T_2)$
⑤ $R(T_2 - T_1)$ ⑥ $\frac{3}{2}R(T_1 - T_2)$ ⑦ $\frac{3}{2}R(T_2 - T_1)$
⑧ $\frac{5}{2}R(T_1 - T_2)$ ⑨ $\frac{5}{2}R(T_2 - T_1)$ ⑩ RT_0

問7 さらにピストンの底面からの高さが L_0 になるまで気体の温度を下げた. これを過程Ⅲとする. 過程Ⅲにおいて, シリンダー内の気体が行った仕事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(キ)にマークしなさい.

- ① $\frac{1}{4}p_0SL_0$ ② $\frac{1}{2}p_0SL_0$ ③ $\frac{3}{4}p_0SL_0$ ④ p_0SL_0
⑤ $\frac{5}{4}p_0SL_0$ ⑥ $-\frac{1}{4}p_0SL_0$ ⑦ $-\frac{1}{2}p_0SL_0$ ⑧ $-\frac{3}{4}p_0SL_0$
⑨ $-p_0SL_0$ ⑩ $-\frac{5}{4}p_0SL_0$

(物 理)

問 8 過程Ⅲにおいて、気体が失った熱量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 (ク) にマークしなさい。

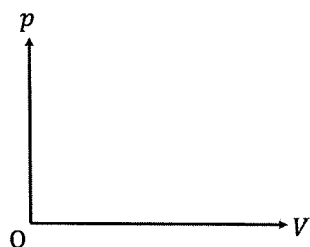
- ① $\frac{1}{4}p_0SL_0$ ② $\frac{1}{2}p_0SL_0$ ③ $\frac{3}{4}p_0SL_0$ ④ p_0SL_0 ⑤ $\frac{5}{4}p_0SL_0$
⑥ $\frac{3}{2}p_0SL_0$ ⑦ $\frac{7}{4}p_0SL_0$ ⑧ $2p_0SL_0$ ⑨ $\frac{9}{4}p_0SL_0$ ⑩ $\frac{5}{2}p_0SL_0$

問 9 過程Ⅲの後に、このピストンを固定して気体を加熱した。この後、ピストンの上に問 1 で用いたおもりをのせて、ピストンが動けるようにしたが、ピストンは同じ位置であり、図 2-1 に示す最初の状態に戻った。これを過程Ⅳとする。シリンダーの中の気体が過程Ⅰから過程Ⅳの全過程においてした仕事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 (ケ) にマークしなさい。

- ① $\frac{1}{4}p_0SL_0$ ② $\frac{1}{2}p_0SL_0$ ③ $\frac{3}{4}p_0SL_0$ ④ p_0SL_0 ⑤ $\frac{5}{4}p_0SL_0$
⑥ $\frac{3}{2}p_0SL_0$ ⑦ $\frac{7}{4}p_0SL_0$ ⑧ $2p_0SL_0$ ⑨ $\frac{9}{4}p_0SL_0$ ⑩ $\frac{5}{2}p_0SL_0$

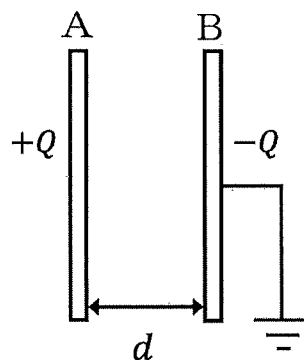
問 10 図 2-2 を解答用紙の解答欄 B に書き写し、過程Ⅰから過程Ⅳにおける気体の圧力 p と体積 V の変化を、各過程の変化の向きと対応する過程が分かるように図示しなさい。またこれら全過程において、シリンダー内の気体が行った仕事に相当する面積の領域を、図中に斜線で示しなさい。

図 2-2



3 図3-1のように、2枚の金属板からなる極板間隔 d の平行コンデンサーが真空中におかれている。極板A、Bに与えられた電荷の量は、それぞれ $+Q$ と $-Q$ で、極板Bは接地されている。電位は0であるとする。これを初期状態と呼ぶことにする。コンデンサーの端の効果は無視できるものとする。真空の誘電率を ε_0 とする。

図3-1



問1 図3-1のコンデンサーの静電容量を C_0 とする。AB間の電位差 V_0 を電荷 Q および C_0 を用いて表すと、 $V_0 = \boxed{\text{ア}}$ である。 $\boxed{\text{ア}}$ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① QC_0 ② $\frac{1}{QC_0}$ ③ $\frac{C_0}{Q}$ ④ $\frac{Q}{C_0}$ ⑤ QC_0^2
 ⑥ $\frac{1}{QC_0^2}$ ⑦ $\frac{C_0^2}{Q}$ ⑧ $\frac{Q}{C_0^2}$ ⑨ $Q^2 C_0^2$ ⑩ $\frac{1}{Q^2 C_0^2}$

問2 図3-1の平行板コンデンサーにおいて極板の面積を S とする。このコンデンサーの静電容量 C_0 を、 S 、 d 、 ε_0 のうち必要なものを用いて表すと、 $C_0 = \boxed{\text{イ}}$ である。 $\boxed{\text{イ}}$ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① 0 ② $\frac{S}{d}$ ③ $\frac{2S}{d}$ ④ $\frac{d}{S}$ ⑤ $\frac{d}{2S}$
 ⑥ $\frac{\varepsilon_0 S}{d}$ ⑦ $\frac{2\varepsilon_0 S}{d}$ ⑧ $\frac{d}{\varepsilon_0 S}$ ⑨ $\frac{d}{2\varepsilon_0 S}$ ⑩ $\frac{d}{3\varepsilon_0 S}$

問3 図3-1の平行板コンデンサーにおいて、極板Aを左側に移動し極板間隔を $2d$ とした。このときのAB間の電位差 V_1 を V_0 を用いて表すと $V_1 = \boxed{\text{ウ}}$ である。 $\boxed{\text{ウ}}$ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① 0 ② V_0 ③ $2V_0$ ④ $3V_0$ ⑤ $4V_0$
 ⑥ $\frac{1}{2}V_0$ ⑦ $\frac{1}{3}V_0$ ⑧ $\frac{1}{4}V_0$ ⑨ $\frac{1}{6}V_0$ ⑩ $\frac{1}{8}V_0$

(物 理)

問4 図3-1に示した初期状態から、厚さ $\frac{d}{3}$ 、表面積

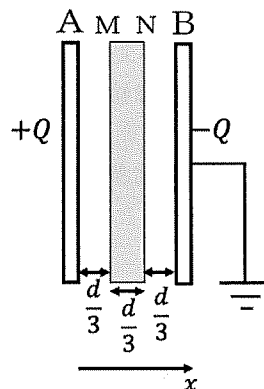
S 、比誘電率 $\epsilon_r = 2$ の誘電体板を、極板間隔 d であるAB間の中央に極板と平行に挿入する(図3-2)。誘電体板のA側の面をM、B側の面をNとする。誘電体板を挿入したときの、AM間の電位差 V_{AM} を V_0 を用いて表すと

$V_{AM} = \boxed{\text{エ}}$ であり、MN間の電位差 V_{MN} を V_0 を用いて表すと、 $V_{MN} = \boxed{\text{オ}}$ である。

$\boxed{\text{エ}}$ および $\boxed{\text{オ}}$ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、各解答欄にマークしなさい。

- ① 0 ② V_0 ③ $2V_0$ ④ $3V_0$ ⑤ $\frac{1}{2}V_0$ ⑥ $\frac{1}{3}V_0$ ⑦ $\frac{1}{4}V_0$ ⑧ $\frac{1}{6}V_0$ ⑨ $\frac{1}{8}V_0$

図3-2



問5 図3-2のコンデンサーの電気容量 C_1 を C_0 で表すと $C_1 = \boxed{\text{カ}}$ である。

$\boxed{\text{カ}}$ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つ選び、解答欄にマークしなさい。

- ① 0 ② C_0 ③ $2C_0$ ④ $\frac{1}{2}C_0$
 ⑤ $\frac{1}{3}C_0$ ⑥ $\frac{5}{6}C_0$ ⑦ $\frac{6}{5}C_0$ ⑧ $\frac{2}{3}C_0$ ⑨ $\frac{3}{2}C_0$

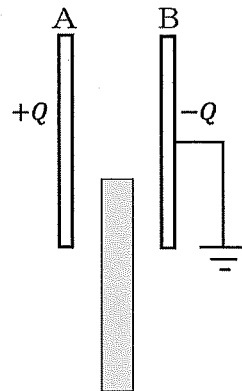
問6 初期状態でコンデンサーに蓄えられていた静電エネルギーを U_0 、図3-2のように誘電体板を挿入したときの静電エネルギーを U_1 とし、 Q と初期状態での電気容量 C_0 で表すと、 $U_0 = \boxed{\text{キ}}$ 、 $U_1 = \boxed{\text{ク}}$ であり、静電エネルギーの変化量は $U_1 - U_0 = \boxed{\text{ケ}}$ である。 $\boxed{\text{キ}}$ 、 $\boxed{\text{ク}}$ 、 $\boxed{\text{ケ}}$ にあてはまる最も適切なものを次の選択肢から1つずつ選び、各解答欄にマークしなさい。

- ① $-\frac{Q^2}{2C_0}$ ② $\frac{Q^2}{2C_0}$ ③ $-\frac{Q^2}{12C_0}$ ④ $\frac{Q^2}{12C_0}$ ⑤ $-\frac{QC_0}{6}$
 ⑥ $\frac{QC_0}{6}$ ⑦ $-\frac{5Q^2}{12C_0}$ ⑧ $\frac{5Q^2}{12C_0}$ ⑨ $-\frac{Q^2C_0}{6}$ ⑩ $\frac{Q^2C_0}{6}$

(物 理)

問7 図3-2で用いた誘電体板が極板の途中まで挿入された図3-3のような状態のとき、誘電体板にどのような力がはたしているかについて、最も適切な記述を次の選択肢から1つ選び、解答欄(コ)にマークしなさい。

図3-3



- ① 誘電体板に力は作用しない。
- ② 誘電体板を極板間の外へ追い出そうとする力がはたしている。
- ③ 誘電体板を極板間の中へ引き込もうとする力がはたしている。
- ④ 該当なし。

問8 図3-2において、原点Oを極板Aの内側面とし、極板と垂直に x 軸をとる。図3-1の初期状態におけるコンデンサー内部の電場(電界)の強さを E_0 とする。

図3-4

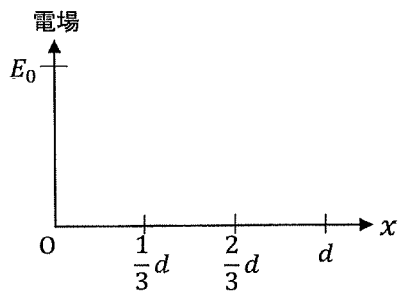


図3-4を解答用紙裏面の解答欄Cに書き写し、 x 軸方向の位置と電場の強さの関係を示すグラフを描きなさい。また、図3-5を解答用紙裏面の解答欄Dに書き写し、 x 軸方向の位置と電位の関係を示すグラフを描きなさい。

図3-5

