

(令 3 前)

# 理 科

	ページ
物 理……………	1～ 6
化 学……………	7～17
生 物……………	18～25
地 学……………	26～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

## 物 理

I 図1のように、ばね定数  $k$ 、自然長  $L$  の軽いばねの端に、質量  $m$  の小さなおもりをつけて円錐振り子をつくり、おもりを水平面内で等速円運動させた。ばねと鉛直線のなす角を  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ )、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問1～5に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。(配点 25 点)

問 1 おもりに対する運動方程式の鉛直成分から、ばねの伸び(自然長からの伸び)を角度  $\theta$  の関数として求めなさい。また、その概形を解答欄のグラフに  $0^\circ < \theta < 60^\circ$  の範囲で描きなさい。

問 2 おもりに対する運動方程式の水平成分から、おもりの等速円運動の角速度を求めなさい。

問 3 おもりの運動エネルギーと、ばねの弾性エネルギーを求めなさい。

問 4 おもりの運動エネルギーよりも、ばねの弾性エネルギーの方が大きくなるための  $\cos \theta$  の範囲を求めなさい。

問 5  $k = 20 \text{ N/m}$ 、 $L = 10 \text{ cm}$  のとき、 $\theta = 30^\circ$  においておもりの運動エネルギーとばねの弾性エネルギーが一致した。このときのおもりの質量を、有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$  とする。

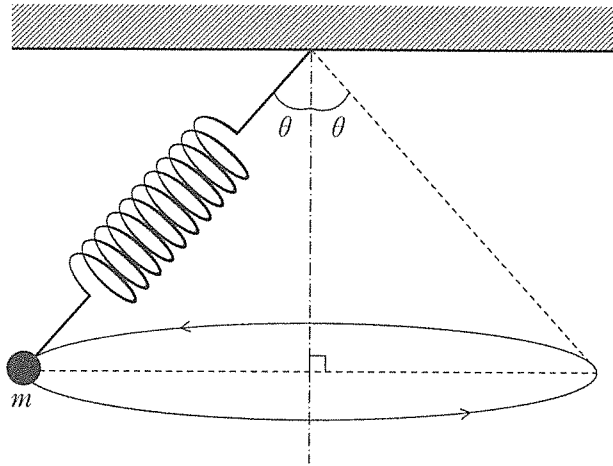


图 1

II 図1のように極板間の距離が $5d$ の平行板コンデンサーにスイッチと電池が接続されている。コンデンサーの極板は長方形であり、右の極板は電池の負極とともに接地されている。コンデンサーの容量は $C$ 、電池の電圧は $V$ である。極板の面積は十分に広く、極板間の距離は十分に小さいものとする。以下の問1～5に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。  
(配点 25 点)

問 1 図1のようにスイッチを閉じた状態で十分に時間を経過させ、コンデンサーを充電した。極板間の電界の強さ、および2枚の極板の外側における電界の強さを求めなさい。

次に、コンデンサーの極板間に導体を挿入する場合を考える。導体の極板と向かい合った面は、極板と同じ形で同じ面積の長方形であり、導体の厚さは $3d$ である。また、導体と両極板との距離は常に $d$ に保たれている。導体は十分に薄く、極板と向かい合っていない面の効果は無視する。

問 2 図2のようにスイッチを閉じた状態で帯電していない導体を完全に挿入し、十分に時間を経過させた。図2で示すように、左の極板上に原点 $O$ をとり、極板に垂直な方向に $x$ 軸をとる。位置 $x$ と電界の強さの関係を解答欄のグラフに描きなさい。また、同様に $x$ と電位の関係についてもグラフに描きなさい。

問 3 図1の状態に戻りコンデンサーを充電した後、図3のようにスイッチを開いてから、帯電していない導体をゆっくりとコンデンサーに入れる。導体が長さ $y$ だけ挿入されているときのコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを求めなさい。また、 $y$ と静電エネルギーの関係を解答欄のグラフに描きなさい。ただし、図3に示すように極板の長さを $y_0$ とする。

問 4 問 3 において導体とコンデンサーの間にはたらく力が引力か斥力かを答えなさい。また、 $y$  が増加するにつれて、その力の大きさは増加するか、減少するか、変化しないか、理由とともに答えなさい。

問 5 図 1 の状態に戻りコンデンサーを充電した後、問 3 と同様に、スイッチを開いてから導体をコンデンサーに入れる。ただし、コンデンサーに入れる前の導体に電荷  $Q_1$  を与えておいた。導体を完全に入れたとき ( $y = y_0$ )、コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーが導体を入れる前より増加するときの  $Q_1$  の条件を求めなさい。

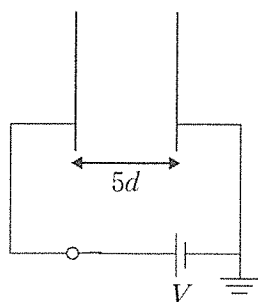


図 1

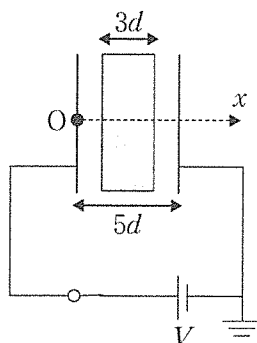


図 2

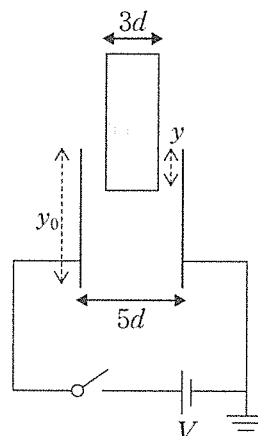


図 3

Ⅲ 図1のように、大気中で鉛直に立てられている円柱形のシリンダーに軽くなめらかに動く断面積  $S$  のピストンがついている。シリンダー内には体積  $V_0$  の単原子分子理想気体が封じこめられている。このときの気体の圧力は大気圧と同じ  $P_0$  であり、絶対温度は外部の温度と同じ  $T_0$  である。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問1～5に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 図1を状態 A とする。気体の温度を  $T_0$  に保ちながら、図2のようにピストンの上に質量  $M$  のおもりをゆっくりとのせた(状態 B)。このときのピストンの高さ  $h_1$  を求めなさい。

問 2 次に、シリンダー内の気体を熱すると図3のようにピストンは上昇し、温度が  $T_1$  になった(状態 C)。このときのピストンの高さ  $h_2$  を求めなさい。

問 3 B → C の過程で気体が外部にした仕事  $W_{BC}$  を求めなさい。また、この過程で気体に与えられた熱量  $Q_{BC}$  を  $W_{BC}$  を用いて表しなさい。

次に、状態 C の気体の体積は  $V_0$  よりも小さいものとして以下を考える。

問 4 状態 C から、気体の温度を  $T_1$  に保ちながら図4のようにシリンダーをゆっくりと傾けると、気体の体積は増えて  $V_0$  になった(状態 D)。シリンダー底面と水平面のなす角度を  $\theta$  として  $\cos \theta$  を求めなさい。容器を傾けてもおもりはピストンに固定されているものとする。

問 5 状態が A → B → C → D と変化する過程を  $P-V$  グラフ(圧力  $P$  と体積  $V$  の関係)として解答欄に描きなさい。このとき、 $h_1 S = \frac{1}{2} V_0$  としなさい。さらに、C → D の過程でシリンダー内の気体が外部にした仕事  $W_{CD}$  を、 $P-V$  グラフに示しなさい。

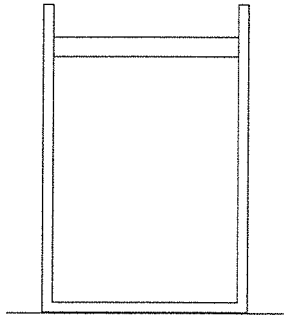


图 1

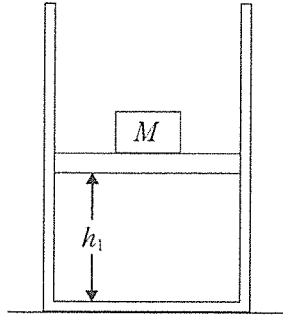


图 2

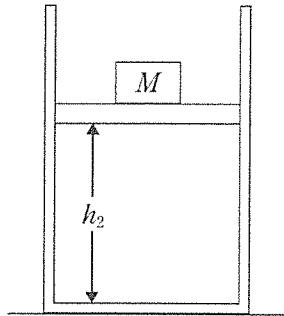


图 3

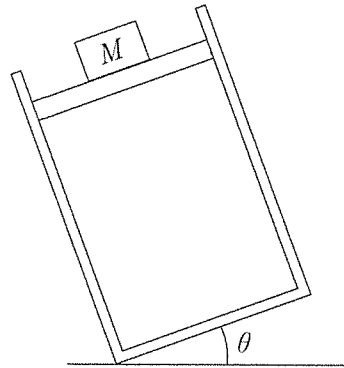


图 4