

物 理

学 部	学 科(コース)	配 点
理工学部	化学・生命理工学科(化学コース)	300 点
	化学・生命理工学科(生命コース), 物理・材料理工学科, システム創成工学科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は, ① から ② までの計 2 問です。
2. ① から ② までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は, (2 の 1) から (2 の 2) の計 2 枚です。解答は, すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 導出過程を記す設問では, 基礎となる法則や根拠となる事項と, 結果(式・数値)との関係を簡潔に説明し, 解答欄に記しなさい。
5. 必ず解答用紙のすべてに, 本学の受験番号を記入しなさい。
6. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
8. 試験終了後, 問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

- 1 次の〔I〕と〔II〕について，説明を読みながら，問い(1)～(5)に答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g [m/s^2] とし，物体の空気抵抗は無視できるものとする。

〔I〕 図1のように，点 O_1 に固定された長さ r [m] の軽い糸1に取り付けた小球1と，点 O_2 に固定された長さ l [m] ($r > l$) の軽い糸2に取り付けた小球2がある。小球1と小球2の質量はともに m [kg] であり，糸1と糸2は伸び縮みしない。点 O_2 の真下の点 C で小球2を静止させたのち，糸がたるまないように小球1を点 O_1 と同じ高さの点 A まで引き上げて静かにはなしたところ，小球1は最下点 B において点 C の小球2と水平方向に弾性衝突した。その後，小球2は点 O_2 の周りを回転し始め，小球2は点 D を通り点 E に達した。なお， $\angle CO_2D = \theta_D$ [rad]， $\angle CO_2E = \theta_E$ [rad] ($\frac{\pi}{2} < \theta_E < \pi$) であり，点 D において糸2はたるんでいないものとする。

- (1) 衝突直前の小球1の速さ v_B [m/s] と，その瞬間の糸1の張力(小球1を引く力)の大きさ T_B [N] を g ， r ， m のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 衝突直後における，糸2の張力の大きさ T_C [N] を g ， r ， m ， l を用いて表せ。
- (3) 小球2の点 D における接線方向の加速度の大きさ a_D [m/s^2] を g ， r ， m ， l ， θ_D のうち必要なものを用いて表せ。
- (4) 小球2が点 E に到達したとき糸2がたるんだ。糸1の長さ r は糸2の長さ l の何倍か。 θ_E を用いて表せ。

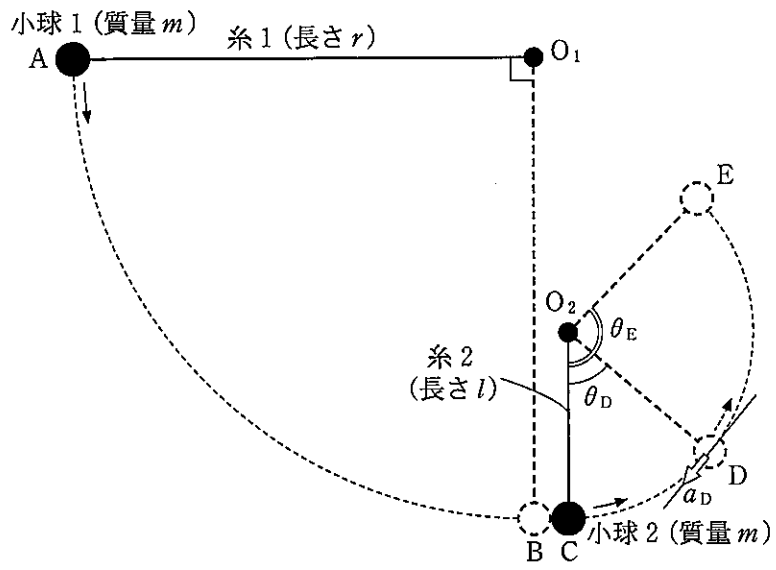


図 1

〔Ⅱ〕 図2のように、図1に示した小球2を材質が異なる小球3と入れ替え、それを剛体とみなせる長さ L (m) ($r > L$) の軽いワイヤーで点 O_3 の回転部品とつないだ。点 O_3 の真下の点 C で小球3を静止させたのち、前問と同様に小球1を点 A まで引き上げて静かにはなしたところ、小球1は最下点 B において点 C の小球3と水平方向に非弾性衝突した。ここで、小球3の質量は M (kg)、小球1と小球3の反発係数(はね返り係数)は e ($0 < e < 1$) である。点 O_3 の回転部品はなめらかに回転し、小球3の運動に伴う摩擦は無視できる。また、小球1と糸1は、小球3に衝突後ただちに取り除かれるものとする。

(5) 小球3は点 C での衝突後に回転中心 O_3 の周りを半径 L の円運動をしながら上昇したが、その途中で向きを反転して点 C の方向に戻ってきた。このような動きをする長さ L の条件を r 、 m 、 M 、 e を用いて表せ。解答には導出過程も示せ。

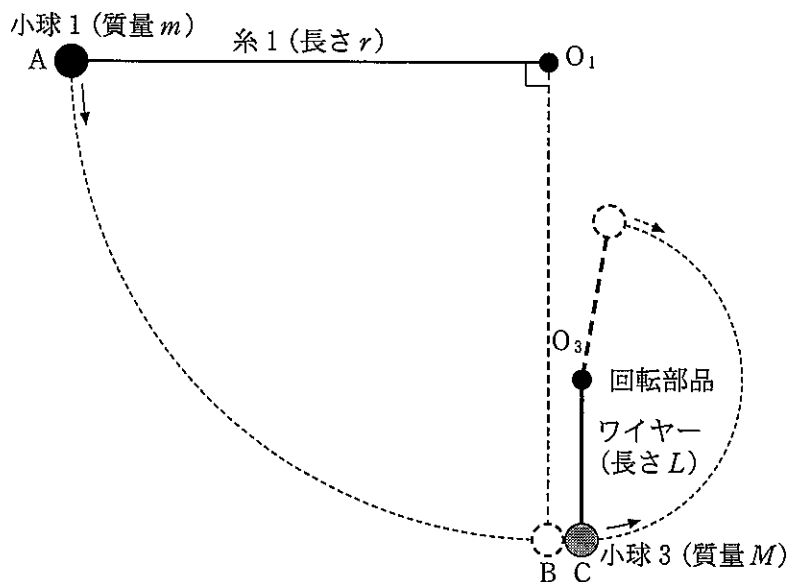


図2

2 次の説明を読みながら、問い(1)~(7)に答えよ。

図3のように、断面積 $S(\text{m}^2)$ のシリンダーに、極板X、Yをもつ平行平板コンデンサーが組み込まれている。このコンデンサーと、断面積が $A(\text{m}^2)$ で巻数 N のコイル、抵抗値 $r(\Omega)$ の抵抗、スイッチにより回路が構成されている。抵抗はコンデンサーの極板間にあり、シリンダー内でヒーターとしての役割をもつ。極板Xはシリンダーの一端に固定されている。他方、極板Yはシリンダー内をなめらかに動くことができ、着脱可能なストッパーで固定もできる。シリンダー内の極板間には 1 mol の単原子分子理想気体が密封されており、その誘電率は $\epsilon(\text{F/m})$ で温度や圧力により変化しないものとする。シリンダーや極板は熱を通さず熱容量は無視でき、抵抗とストッパーの体積は無視できるものとする。また、コイル内には図中の矢印の向きを正として、一様で時間的に変化する磁場(磁界)が存在している。この磁場は微小な時間 $\Delta t(\text{s})$ の間に $\Delta B(\text{T})$ だけ変化しており、その変化率は常に一定で $\frac{\Delta B}{\Delta t} = B_0(\text{T/s})$ ($B_0 > 0$)であるとする。また、コイルの自己インダクタンスおよび抵抗は無視でき、気体定数は $R(\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K}))$ とする。

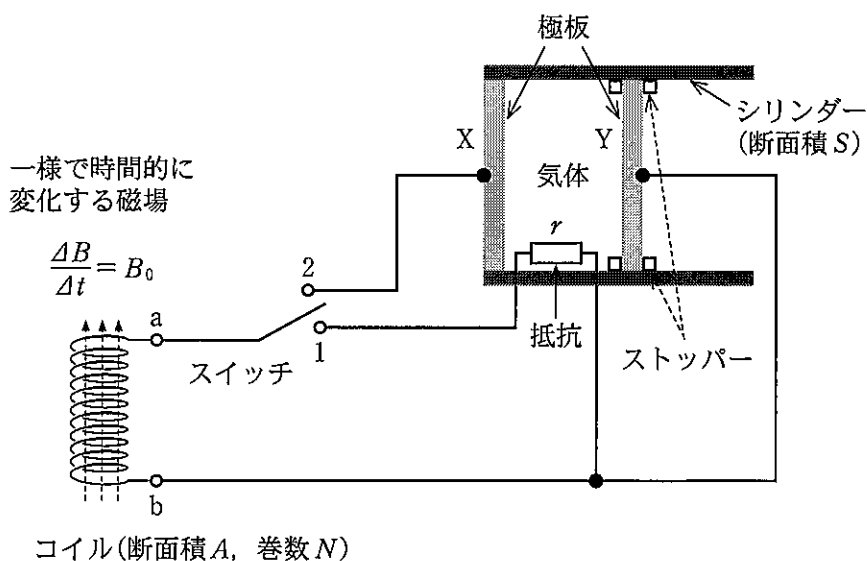


図3

最初に、ストッパーはなくスイッチは切っており、コンデンサーは帯電していないとする。このときの極板間の気体の圧力は P_0 [Pa]、温度は T_0 [K] で、極板間の距離は L_0 [m] であった (状態 A)。

(1) コイル ab 間に生じる誘導起電力の大きさ v [V] を、 A 、 N 、 B_0 を用いて表せ。

(2) 気体の内部エネルギー U [J] と距離 L_0 を、それぞれ P_0 、 T_0 、 R 、 S のうち必要なものを用いて表せ。

次に、状態 A で極板 Y をストッパーで固定した。スイッチを 1 側に t [s] 間入れ、その後スイッチを切り、十分に時間が経過した。このときの気体の圧力は P_1 [Pa] で、温度は $T_0 + \Delta T$ [K] であった (状態 B)。

(3) ΔT を v 、 r 、 t 、 R を用いて表せ。また、 P_1 を L_0 、 P_0 、 R 、 S 、 ΔT を用いて表せ。

続いて、状態 B でストッパーをはずすと、極板 Y はゆっくりと移動し、十分に時間が経過した後に停止した。このときの気体の圧力は P_0 、温度は T_1 [K]、極板間の距離は L_1 [m] であった (状態 C)。

(4) 状態 B と状態 C における気体の温度および極板間距離の大小関係を、解答欄に「>」または「<」の不等号でそれぞれ記入せよ。

次に、状態 C で極板 Y をストッパーで固定した。その後、スイッチを 2 側に入れて十分に時間が経過してからスイッチを切った (状態 D)。

(5) コンデンサーに蓄えられた電気量 q [C] を S 、 ϵ 、 v 、 L_1 を用いて表せ。また、極板 X は正・負どちらに帯電しているか答えよ。ただし、極板の端での電場 (電界) の乱れは無視できるものとする。

続いて、極板 Y のストッパーをはずしたところ、極板が移動してある位置で停止した(状態 E)。

次に、スイッチを 1 側に t (s)間入れた。その後スイッチを切り、十分に時間が経過した。この間、極板 Y は力のつり合いを保ちながらゆっくりと移動し、極板間の距離は状態 E に対して ΔL (m)だけ増加した(状態 F)。

(6) 状態 E から状態 F に変化する間に極板間の気体に与えられる熱量を Q (J)、気体がされた仕事を W (J)とする。気体の内部エネルギーの変化量 ΔU (J)を Q , W を用いて表せ。また, Q , W をそれぞれ P_0 , S , ϵ , r , v , q , t , ΔL のうち必要なものを用いて表せ。

(7) ΔL を P_0 , S , ϵ , r , v , q , t を用いて表せ。