（平 25 前）　　　　# 理　　　科

	ページ
物　　理	1～ 6
化　　学	7～15
生　　物	16～26
地　　学	27～32

・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，床の上に小球A，B，Cが一直線上に並んでいる。小球A，Cの質量をm，小球Bの質量をMとする。小球AとBはばねでつながれている。最初ばねは自然長になっていて小球A，Bは静止しているものとする。また，小球Aは壁に接している。次の問1～4に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。なお，小球の運動は一直線上で起きるものとし，小球と床の間の摩擦，空気抵抗，小球の回転などは無視できるものとする。また，文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば，それらを表す記号はすべて各自で定義し，解答欄に明示しなさい。（配点25点）

問 1　小球Cが左向きに一定の速さv_0で運動し小球Bに衝突後，右向きに運動方向を変えたとする。このときの衝突直後の小球Bの速さVを求めなさい。はねかえり係数(反発係数)を1とする。

問 2　衝突後，小球Bがいったん静止するまでにどれだけの時間を要するか，求めなさい。また，静止するまでにばねがどれだけ縮むか，Vを用いて求めなさい。ただし，自然長は十分長く，小球AとBが衝突することはないものとする。

問 3　その後，ばねは伸びて自然長に戻る。ばねが縮み始めてから自然長に戻るまでに，壁が小球Aに与える力積の大きさをVを用いて求めなさい。

問 4　ばねが自然長に戻った後，小球Aは壁から離れ，ばねは伸縮をくりかえしながら，小球AとBは全体として右方向に運動する。この運動において，ばねが最も縮んだときを考える。このときのばねの自然長から縮んだ長さ，および小球A，Bの速さをVを用いてそれぞれ求めなさい。ただし，小球BとCが再び衝突することはないものとする。

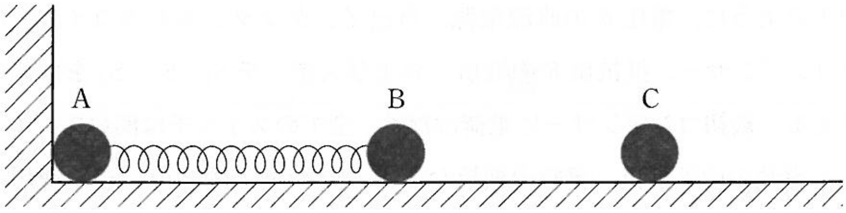

図 1

Ⅱ　図1のように，電圧Eの直流電源，自己インダクタンスLのコイル，電気容量Cのコンデンサー，抵抗値Rの抵抗，およびスイッチS_1，S_2，S_3を接続した回路を考える。最初コンデンサーに電荷はなく，全てのスイッチは開いている。回路において電源の内部抵抗，導線の抵抗などR以外の抵抗は無視できる理想的な場合を考え，問1～3に答えなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば，それらを表す記号はすべて各自で定義し，解答欄に明示しなさい。また，解答を得るに至った道筋も書きなさい。　（配点25点）

問1　最初の状態から，スイッチS_1とS_2を閉じる。スイッチを閉じた直後，および，スイッチを閉じてから十分に時間が経過したときに抵抗に流れる電流をそれぞれ求めなさい。

問2　次にスイッチS_2を開き，S_1を閉じた状態から，時刻$t = 0$でS_3を閉じる。スイッチS_3を閉じた後，抵抗に流れる電流が時間とともにどのように変化するかの概略を，横軸を時間，縦軸を電流として図示しなさい。このとき，S_3を閉じてから十分に時間が経ったときの電流，および，S_3を閉じた直後の電流の時間的な変化の割合についてそれぞれ図中に明記しなさい。また，なぜそのようなグラフになるか理由を説明しなさい。

問3　回路を最初の状態に戻し，スイッチS_2とS_3を閉じた状態でS_1を閉じた。

(1)　スイッチS_1を閉じてから十分時間が経過した時点において，抵抗，コイル，コンデンサーそれぞれに流れる電流を求めなさい。また，コイル，コンデンサーそれぞれに蓄えられているエネルギーを求めなさい。

(2)　スイッチS_1を閉じて十分時間が経過した状態から，S_1を開く。この時刻を$t = 0$としたとき，時刻$t > 0$におけるコンデンサーの両端の電圧は時間と共に変化するが，その電圧の大きさの最大値を求めなさい。

(3)　時刻$t > 0$においてコンデンサーに流れる電流が時間とともにどのように変化するかの概略を図示しなさい。また，なぜそのようなグラフになるか理由を説明しなさい。

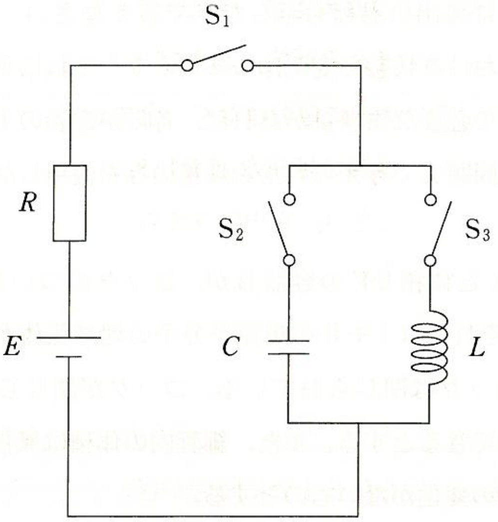

図 1

III　以下の問1～5に導出の過程も示した上で答えなさい。ただし，気体定数をRとする。各過程における状態の変化はゆるやかで，つねに平衡状態が保たれているとする。導出過程で必要な物理量があれば，各自が定義の上で使用してかまわないが，最終的な答は問題文で与えられた物理量のみを使用しなさい。（配点25点）

体積Vの容器Aと体積$2V$の容器Bが，コックのついた細管でつながれている。A，Bには，それぞれ1モルの単原子分子の理想気体が絶対温度Tおよび$2T$で入っており，コックは閉じられている。コックが閉じられているとき，AとBの熱の移動は無視できるとする。また，細管内の体積は無視できるものとし，各容器は熱による体積の変化がないものとする。

問1　コックを閉じたままAの温度を$3T$に上昇させた。このとき気体に入った熱量を求めなさい。また，温度を上昇させた後のAとBの内部エネルギーをそれぞれ求めなさい。

問2　つぎに，外部との熱の出入りを断った状態でコックを開いた。気体の移動が止まったときの内部エネルギーの和，温度および圧力を求めなさい。

つぎに，体積Vの容器に入れられた気体分子の運動を考える。ここで，分子数をNとし，容器は熱による体積の変化がないものとする。

問3　気体分子の運動エネルギーを考えることで，単原子分子の理想気体の圧力pと，気体分子の速度の2乗平均$\overline{v^2}$の間には，$pV = \dfrac{2}{3}N \cdot \dfrac{1}{2}m\overline{v^2}$の関係があることが導かれる。この式を用いて，気体の2乗平均速度が$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{mN_A}}$とあらわされることを示しなさい。ただし，$T$は気体の絶対温度，$m$は気体分子の質量，$N_A$はアボガドロ数を表す。

問 4　前問で示した式は，２原子分子の速度に関してもよい近似を与える。これを用いて，絶対温度 280 K での窒素分子(分子量 28)の２乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ を有効数字２けたで求めなさい。必要であれば $N_A \fallingdotseq 6.0 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$，$3R \fallingdotseq 25\ \mathrm{J/(mol \cdot K)}$ を用いなさい。

問 5　気体分子の速度は連続的な値をとることが知られている。図１には温度 T の気体分子の速さの分布を示している。$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{mN_A}}$ とあらわされることを考慮して，解答欄の図に温度 $3T$ の同じ種類の気体分子の速さの分布の概略を図示しなさい。

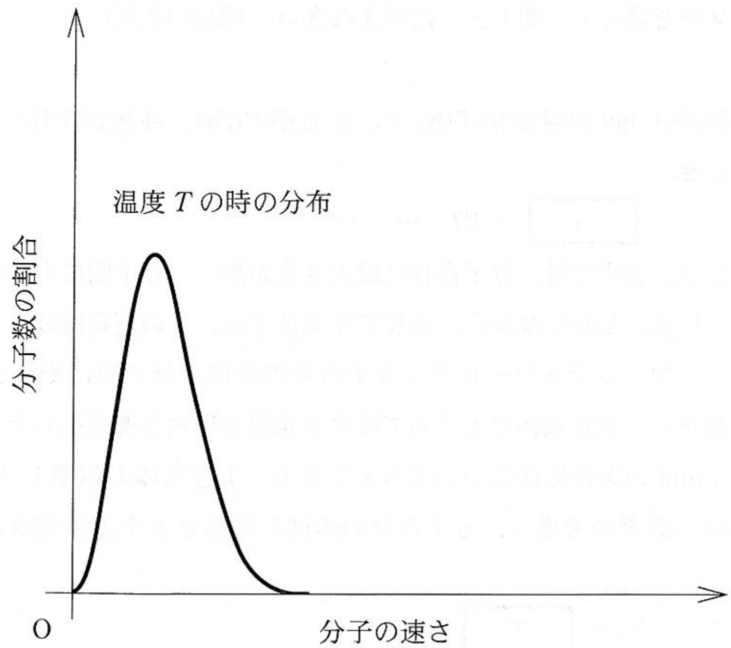

図１