令和 8 年度学力検査問題

工学部・後期日程

物　　理

ページ	解答用紙枚数
1 ～ 8	2 枚

解答時間　120 分

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 本冊子のページ数は上記のとおりである。落丁，乱丁，印刷不鮮明の箇所などがある場合は申し出ること。
3. 解答はすべて**別紙解答用紙のそれぞれの指定の解答欄**に記入すること。
4. 解答用紙 2 枚の指定された欄(**計 4 箇所**)に，忘れずに本学の**受験番号**を記入すること。
5. この問題冊子は試験終了後持ち帰ること。

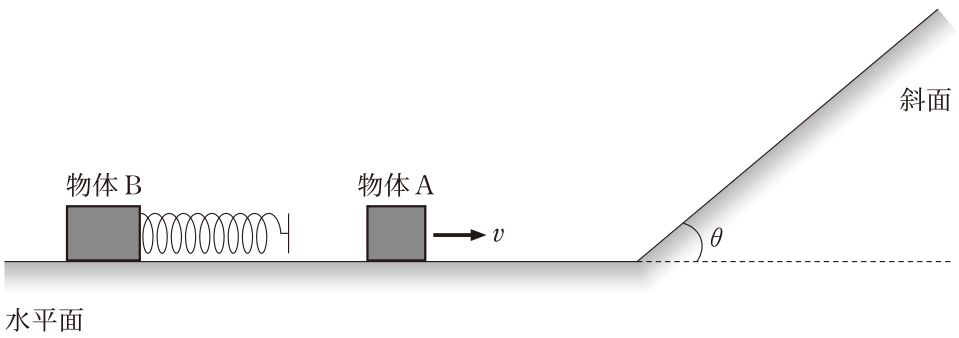
1 図に示すように，水平面と傾斜角 θ〔rad〕($0 < \theta < \pi/2$)の斜面が接続され，水平面上に質量 m〔kg〕の物体 A とばね定数 k〔N/m〕のばねが取り付けられた質量 M($M \geqq m$)〔kg〕の物体 B が置かれている。物体 A に水平右向きに速さ v〔m/s〕を与えるとき，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕として，以下の文章中の $\boxed{\text{(a)}}$ ～ $\boxed{\text{(j)}}$ に適切な数式を記入せよ。ただし，物体 A および B の大きさ，ばねの質量，および空気抵抗は無視できるものとする。また，物体は回転せず，常に面に接しながら移動するものとし，物体が水平面から斜面へ移動するとき，および斜面から水平面へ移動するときに，はね返りはなく，速さは変化しないものとする。さらに，物体がばねと衝突するときに，エネルギーの損失はないものとする。

問 1 水平面がなめらかな面で，斜面があらい面の場合について考える。このあらい面の静止摩擦係数を μ，動摩擦係数を μ' ($\mu > \mu'$)とする。

斜面を上昇するときの物体 A の加速度は，物体 A の移動方向を正とすると $\boxed{\text{(a)}}$ 〔m/s^2〕である。また，物体 A が斜面を上昇し始めてから最大到達点に達するまでの時間は $\boxed{\text{(b)}}$ 〔s〕であり，水平面を基準とした最大到達点の高さは $\boxed{\text{(c)}}$ 〔m〕である。さらに，物体 A が最大到達点で静止し続けるために，静止摩擦係数 μ と傾斜角 θ が満たすべき条件は $\boxed{\text{(d)}}$ である。

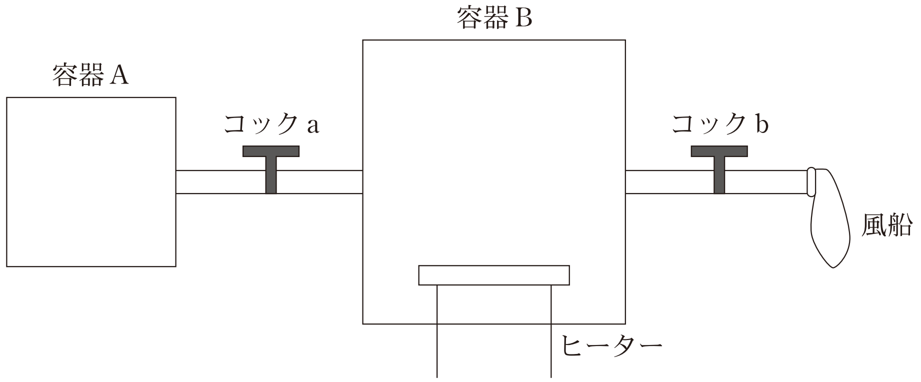
問 2　次に，水平面と斜面が共になめらかな面の場合について考える。

斜面を上昇するときの物体 A の加速度は，物体 A の移動方向を正とすると $\boxed{\text{(e)}}$〔m/s²〕であり，水平面を基準とした最大到達点の高さは $\boxed{\text{(f)}}$〔m〕である。最高到達点に達した後，物体 A は斜面下向きに移動をはじめ，水平面に達したときの速さは $\boxed{\text{(g)}}$〔m/s〕となる。その後，物体 A は水平面を左向きに移動し，物体 B に取り付けられたばねに衝突する。衝突後，ばねが最も縮んだとき，自然長からのばねの縮みは $\boxed{\text{(h)}}$〔m〕である。また，物体 A がばねから離れたとき，物体 A の速さは $\boxed{\text{(i)}}$〔m/s〕であり，物体 A が静止するために満たすべき条件は $\boxed{\text{(j)}}$ である。



図

2



図

図に示すように容器 A と容器 B がコック a のついた細管でつながり，容器 B の内部にはヒーターが備えられている。さらに容器 B と風船がコック b のついた細管でつながっている。

細管の体積は無視でき，ヒーターの加熱部分を除き風船を含むすべての機器について，それぞれの機器の間や，機器と周囲の大気との間に熱のやり取りはないものとする。気体定数を R〔J/(mol・K)〕とし，温度 T〔K〕で 1 mol の単原子分子理想気体と，二原子分子理想気体の内部エネルギーはそれぞれ $\frac{3}{2}RT$〔J〕と $\frac{5}{2}RT$〔J〕で与えられるものとする。また，気体を混合させた際，反応は起こらず内部エネルギーの総和は変化せず，気体は理想気体の状態方程式に従うものとする。

はじめに 2 つのコックは閉じており，容器 A には $2n$〔mol〕の単原子分子理想気体が圧力 $2P_0$〔Pa〕，温度 T_0〔K〕で封入され，容器 B には n〔mol〕の二原子分子理想気体が圧力 P_0〔Pa〕，温度 $2T_0$〔K〕で封入されている。風船は完全に縮んでおり，その体積は 0 とみなせる。

問 1　容器 A と容器 B の気体の体積を求めよ。

問 2　コック a を開き，十分時間がたった後，容器 A と容器 B 内の気体が一様な状態になった。このときの気体の温度と圧力を求めよ。

問 3　次に，コック a を閉じて，ヒーターで加熱すると，容器 B 内の気体の温度が $3\,T_0$〔K〕となった。このときの容器 B 内の気体の内部エネルギーを求めよ。

問 4　次に，コック a を開き，十分時間がたった後，容器 A と容器 B 内の気体が一様な状態になった。このときの温度と圧力を求めよ。

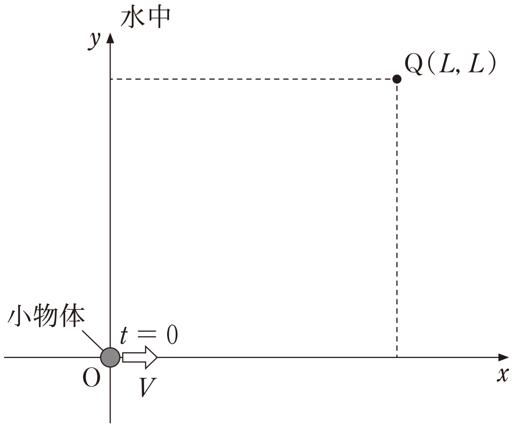
問 5　次に，コック b を開き，十分時間がたった後，容器 A と容器 B ならびに風船内の気体が一様な状態になった。このときの気体の温度ならびに増加した風船の体積を求めよ。ただし，風船は大きく膨らむことができ，風船に張力は作用せず風船はゆっくりと膨らみ風船内の圧力は周囲の圧力 P_0〔Pa〕とつり合うものとする。

3 図に示すように，水中に定義された xy 平面において，x 軸上を正方向に速さ V〔m/s〕で等速運動する小物体がある。小物体が原点 O(0，0)に存在する時刻を初期時刻 $t=0$ とする。座標$(L,\ L)$の点 Q があるとする。音源からは，速さ C〔m/s〕，周波数 f_0〔Hz〕の音波が全方位に発せられるものとする。次の文章を読み，文中の $\boxed{(ア)}$ から $\boxed{(サ)}$ にあてはまる適切な数値または数式を解答欄に記入せよ。ただし，小物体の大きさは無視できるほど十分小さく，水中での音波の速さ C は一定であり，小物体の速さ V に比べて十分大きいものとする。座標軸の単位はメートル〔m〕である。

問 1 小物体が音源となり，音波を発生させる。この音波が水中を伝わり，点 Q において観測される場合を考える。小物体は $t=0$ に音波を発生させ，小物体と点 Q の距離が減少している間のある時刻 $t=T$〔s〕まで，音波を発生し続けた後，その発生を停止した。

(1) 小物体が原点にあった時点で，小物体はすでに速さ V で x 軸正方向に等速運動しているため，$t=0$ に発した音波が点 Q で観測される際にはドップラー効果による周波数変化が生じる。$t=0$ のときの小物体が点 Q に向かう方向の速さは $\boxed{(ア)}$〔m/s〕となり，点 Q で観測される音波の周波数は $\boxed{(イ)}$〔Hz〕となる。同様に，$t=T$ のときに小物体が発した音波が点 Q で観測された場合，その周波数は $\boxed{(ウ)}$〔Hz〕となる。

(2) 点 Q において音波が観測されていた時間の長さは $\boxed{(エ)}$〔s〕となる。



図

問 2　点 Q にある音源が，時刻 $t=0$ に音波を発生する場合を考える。この音波は，小物体と点 Q の距離が減少している間に小物体に届き，小物体で反射し，再び点 Q に戻って，時刻 $t=2$ s に観測された。

(1)　まず，点 Q で発生した音波を小物体が観測したときの音波の周波数変化を考える。点 Q からの音波が届いたときの小物体の位置の x 座標は $\boxed{\text{(オ)}}$ 〔m〕となるので，このときの小物体が点 Q に向かう方向の速さ V_Q は $\boxed{\text{(カ)}}$ 〔m/s〕となり，小物体が観測する音波の周波数 f_1〔Hz〕は，V_Q，C，f_0 を用いて $\boxed{\text{(キ)}}$ 〔Hz〕となる。

(2)　次に，小物体から反射した音波を点 Q で観測する場合を考える。点 Q で観測する音波の周波数 f_2〔Hz〕は，V_Q，C，f_1 を用いると $\boxed{\text{(ク)}}$ 〔Hz〕，V_Q，C，f_0 を用いると $\boxed{\text{(ケ)}}$ 〔Hz〕と表される。ここで，$|a|$ が 1 に比べて十分小さいとき，近似式 $(1+a)^n \fallingdotseq 1+na$ が成り立つことを用いると，f_2 と f_0 の差は，f_0 と V_Q の積に比例する形で，$\boxed{\text{(コ)}}$ $\times V_Q f_0$〔Hz〕と表される。

(3)　$f_0=1000$ Hz，$C=1400$ m/s のとき，$f_2=1010$ Hz であった。V_Q は $\boxed{\text{(サ)}}$ 〔m/s〕となる。

4 以下の文章中の $\boxed{(\mathrm{I})}$ ～ $\boxed{(\mathrm{IV})}$ ， $\boxed{(\mathrm{VI})}$ ， $\boxed{(\mathrm{X})}$ ～ $\boxed{(\mathrm{XIII})}$ に当てはまる適切な数式または数値を答えよ。また， $\boxed{(\mathrm{V})}$ には，欄内の 2 つの選択肢から適切なものを記入せよ。 $\boxed{(\mathrm{VII})}$ ～ $\boxed{(\mathrm{IX})}$ には図 1 の(1)～(8)の中から適切な方向を 1 つ選び，記入せよ。

図 2 に示すように紙面上に x 軸をとり，$x \geqq 0$ の領域において，紙面に垂直に裏から表へ向かう向きに磁束密度 B〔T〕の一様な磁場が印加されている。辺 bc の長さが $2\,l$〔m〕の直角二等辺三角形をした 1 巻きのコイル abc が，磁場と面 abc を垂直に保ち，かつ辺 bc を x 軸に対して垂直に保ちながら一定の速さ v〔m/s〕で移動させるために必要な外力を求めたい。ただし，コイル abc は変形せず，その質量，太さおよび自己インダクタンスは無視でき，抵抗 R〔Ω〕を持つものとする。また，時刻 $t = 0$ にコイルの a 点が $x = 0$ を右向きに通過するとする。

$0 \leqq t < \dfrac{l}{v}$〔s〕において，時刻 t〔s〕におけるコイルを貫く磁束は $\boxed{(\mathrm{I})}$ 〔Wb〕となる。時刻 t から微小時間 Δt〔s〕の間にコイルを貫く磁束は $\boxed{(\mathrm{II})}$ 〔Wb〕だけ変化する。Δt が微小で，$(\Delta t)^2$ の項を無視できると考えると，コイルに生じる誘導起電力は $\boxed{(\mathrm{III})}$ 〔V〕となる。このとき，コイルに流れる電流は $\boxed{(\mathrm{IV})}$ 〔A〕であり，電流が流れる向きは $\boxed{(\mathrm{V})\{\mathrm{a \to b \to c,\ c \to b \to a}\}}$ である。また，コイルの辺 ab と辺 ca が磁場より受ける力の大きさはともに $\boxed{(\mathrm{VI})}$ 〔N〕となり，その方向はそれぞれ図 1 の $\boxed{(\mathrm{VII})}$ ， $\boxed{(\mathrm{VIII})}$ となる。よって，コイルを一定の速さ v で右向きに移動させるためには図 1 の $\boxed{(\mathrm{IX})}$ の方向に大きさ $\boxed{(\mathrm{X})}$ 〔N〕の外力を加える必要がある。

$t \geqq \dfrac{l}{v}$ ではコイルを貫く磁束は常に $\boxed{(\mathrm{XI})}$ 〔Wb〕となるためコイルを流れる電流は $\boxed{(\mathrm{XII})}$ 〔A〕となる。よって，コイルを一定の速さ v で右向きに動かすために必要な外力の大きさは $\boxed{(\mathrm{XIII})}$ 〔N〕となる。

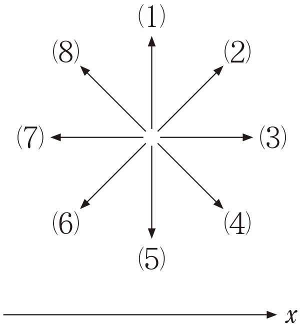


図 1

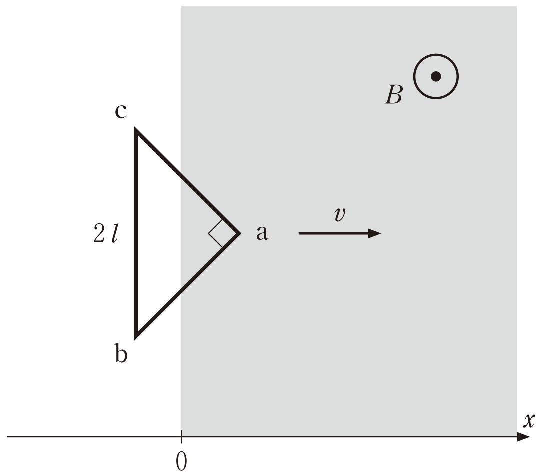


図 2