D—1

平成19年度入学者選抜学力検査問題

理　　科

注　意　事　項

1. この冊子は，監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から解答を始めるよう合図があったら，まず最初に解答用紙の上部の所定欄には受験番号，座席番号を，また，下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は，各学部・学科ごとに異なるので，各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算，下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は，記入の有無にかかわらず，持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁，乱丁，または印刷の不備なものがあったら申し出なさい。

物　　理

注　意　1. 志望学部・学科別に，以下に示す番号の問題に解答すること。

志望する学部・学科		解答する問題番号
教育学部	志望者のうち物理を選択する者	2　6　7
理学部	物理学科志望者	1　3　4　7
理学部	地球科学科志望者のうち物理を選択する者	2　5　7　8
医学部	志望者のうち物理を選択する者	3　4　8
工学部	志望者のうち物理を必須とされている者および選択する者	1　3　5　7
園芸学部	志望者のうち物理を選択する者	2　5　8

2. 解答はすべて所定の解答用紙に記入すること。
3. 問題文中に特に指示がない限り，結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

1 図のように水平右向きに x 軸，鉛直上向きに y 軸をとった平面内にレールが固定されている。レールは中心が原点O，半径が a の円周のうち，中心から高さ $h(h>0)$ より上の部分を水平に切り取った形をしている。このレールの最下点Aから小球をある初速でレールにそって右側に運動させたところ，点Bを速さ v で飛び出し，その後再びレールの内側に衝突した。このとき以下の問に答えなさい。ただし，重力加速度の大きさを g とし，レールと小球とのあいだの摩擦や，レールの太さ，空気抵抗は無視できるものとする。また解答はいずれも a, h, v, g のうち必要な記号を用いて表すこと。

問 1　点Aにおける小球の初速を求めなさい。

問 2　小球をレールにそって点Bに到達させるためには，点Bでの小球の速さ v は v_c 以上でなければならない。

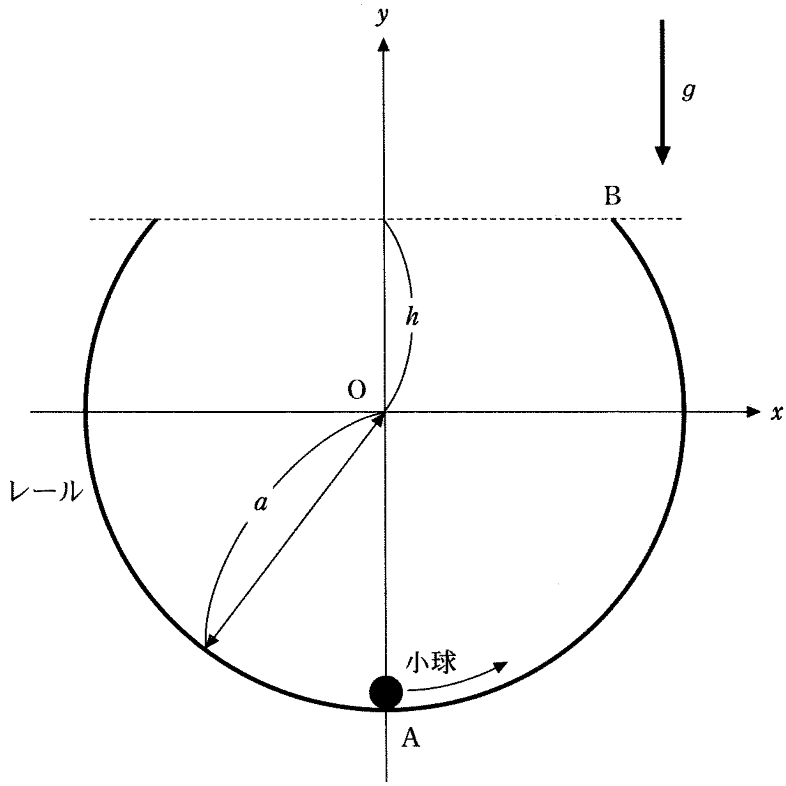
(1)　v_c を求めなさい。

(2)　$v=v_c$ のとき，点Bにおける小球の加速度の x 成分，y 成分を求めなさい。

次に，小球が点Bを速さ v で飛び出してから，初めてレールの内側に衝突するまでの運動を考える。

問 3　この間に小球が達する最高点の y 座標の値を求めなさい。また，点Bを飛び出してから最高点に到達するまでの時間を求めなさい。

問 4　小球が点Bを飛び出した後，再びレールの内側に衝突するためには，点Bでの小球の速さ v はある値以下でなければならない。この値を求めなさい。



図

2 水平なあらい床の上に置かれて静止している質量Mの物体Aがある。この物体Aに力Fを加えて，床の上で右方向に移動させたい。床と物体の間の静止摩擦係数をμ_0，重力加速度の大きさをgとして，以下の問に答えなさい。ただし，物体Aの底面は常に床面に接しており，物体Aの回転は考えないものとする。

問 1　図1のように，物体Aに対して水平右向きに力Fを加える場合を考える。力Fの大きさを0からしだいに大きくしていくと，力Fの大きさがF_0になったところで物体が右に動き始めた。F_0を求めなさい。

次に，図2のように，物体Aに対して水平方向から角度θだけ傾いた斜め右上向きに力Fを加える場合を考える。ここで，$0 < \theta < \frac{\pi}{2}$である。次の問に答えなさい。

問 2　力Fを加えて物体がまだ静止している状態における水平方向と鉛直方向の力のつり合いの式を書きなさい。ただし，床面が物体Aに及ぼす垂直抗力の大きさをN，床面が物体Aに及ぼす摩擦力の大きさをRとする。

問 3　力Fの大きさを0からしだいに大きくしていくと，力Fの大きさがF_1になったところで物体Aが右に動き始めた。F_1を求めなさい。

次に，図3のように，物体Aの上に質量mの物体Bを置き，物体Bに対して水平右向きに力Fを加える場合を考える。物体Aの上はあらい面で，物体Aと物体Bの間の静止摩擦係数はμ_1である。ここで，物体Bの底面は常に物体Aの上面に接しており，物体A，Bの回転は考えないものとする。次の問に答えなさい。

問 4　力Fの大きさを0からしだいに大きくしていくと，力Fの大きさがF_2になったところで物体Aと物体Bが一体のままで右に動き始めた。F_2を求めなさい。

問 5　物体 A と物体 B が一体のままで右に動き始めるためには，μ_1 がある値より大きくなければならない。その値を求めなさい。

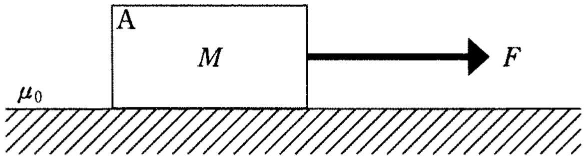


図 1

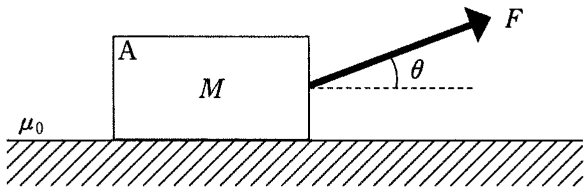


図 2

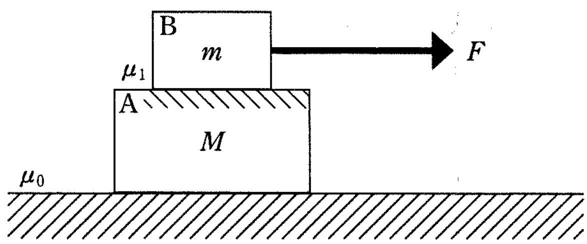


図 3

3 伸び縮みしないひもの一端におもりA，他端におもりBを結び，図のように固定された滑車にぶら下げた。さらに，おもりBと床の間をばねで鉛直方向につないだところ，おもりAはつり下げられた状態で静止した。おもりAとおもりBの質量はそれぞれ m_A と m_B であり，$m_A > m_B$ とする。また，ばねはフックの法則に従い，ばね定数は k である。以下の各問に答えなさい。ここで，g は重力加速度の大きさを表すものとする。また，ひも，ばね，滑車の質量は無視でき，空気抵抗や摩擦抵抗も考えないものとする。

問 1　静止した状態でのばねの伸びの大きさを求めなさい。

問 2　静止した状態からおもりAを押し下げ静かにはなし，おもりAを鉛直方向に振動させた。このとき，振幅が小さくひもがたるまない範囲ではおもりは単振動した。その角振動数 ω を求めなさい。

問 3　単振動するおもりAの床からの高さ y を $y_0 + d\sin\omega t$ と表すとき，ひもの張力を m_A，m_B，g，y_0，d，ω，t のうち必要なものを使って表しなさい。ここで，y_0 は静止状態におけるおもりAの床からの高さ，d は単振動の振幅，t は時刻を表すものとする。

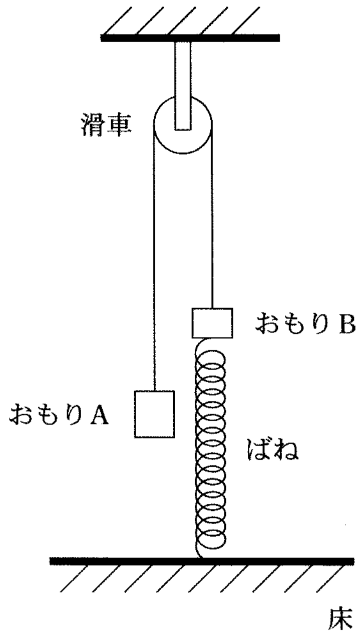
問 4　ひもがたるまずにおもりAが単振動する最大の振幅 d_{max} を m_A，m_B，g，ω のうち必要なものを使って表しなさい。ただし，おもりは床や滑車と衝突しないものとする。

図の静止状態において，おもりAの床からの高さが d_{max} の2倍となるようにひもの長さを調整した。おもりAを床に接するまで真直ぐ静かに押し下げたのち静かにはなすと，おもりAは上昇した。以下の各問に答えなさい。

問 5　おもりAが上昇を始め，初めてひもがたるむ瞬間のおもりAの床からの高さは d_{max} の何倍か求めなさい。また，速さを m_A，m_B，g，ω のうち必要なものを用いて求めなさい。

問 6　ひもがたるみ始めてから，おもりＡが初めて最上点に達するときとおもりＢが初めて最下点に達するときとではどちらが先になるかを答えなさい。

問 7　おもりＡが初めて最上点に達するときの床からの高さは d_{max} の何倍か求めなさい。



図

4 断面積が S，長さが ℓ，全巻き数が N の円筒状のソレノイドコイルが空気中に置かれている。コイルの長さ ℓ は径に比べ十分大きいため，内部には一様な磁場ができていると考えてよい。また，空気の透磁率は μ_0 である。以下の問 1，問 2 (ア)〜(タ)の空欄を与えられた記号を用いた式で埋めなさい。また，(チ)の｛　　　｝内から適切な語句を選択しなさい。

問 1　ソレノイドコイルに電流 I を流したとき，コイルの内部に発生する磁束密度は $\mu_0\left(\dfrac{N}{\ell}\right)I$ で与えられ，コイル 1 巻きを貫く磁束は $\boxed{\text{(ア)}}$ となる。電流が Δt 秒間に ΔI 変化するとき，コイル 1 巻きを貫く磁束の変化量は $\boxed{\text{(イ)}}$ となる。このとき，コイルにはコイルを貫く磁束の時間変化により起電力が生じ，この N 巻きのコイル全体には $\boxed{\text{(ウ)}}$ の起電力が発生する。従って，定義によりこのソレノイドコイルの自己インダクタンスは $\boxed{\text{(エ)}}$ である。

問 2　次に，このソレノイドコイルに電流を流したときコイルの長さ方向に働く力について考える。コイルは，図に示すように抵抗値 R の抵抗と内部抵抗のない起電力 V の電池につながれており，全巻き数 N および半径が一定で，長さ方向に一様に伸び縮みできると仮定する。

定常状態においてこのソレノイドコイルに流れる電流 I_0 は $\boxed{\text{(オ)}}$ で与えられる。ここで，力 F を加えて時間 T の間に，$\Delta\ell$ だけコイルを一定の速さでゆっくりと引き伸ばした。その結果，コイル 1 巻きを貫く磁束 Φ は $\boxed{\text{(カ)}}$ となる。コイル長の変化 $\Delta\ell$ がもとのコイル長 ℓ に比べて十分小さいとして，

$$\text{近似式}\quad \frac{1}{\ell+\Delta\ell}=\frac{1}{\ell}-\frac{\Delta\ell}{\ell^2} \qquad (1)$$

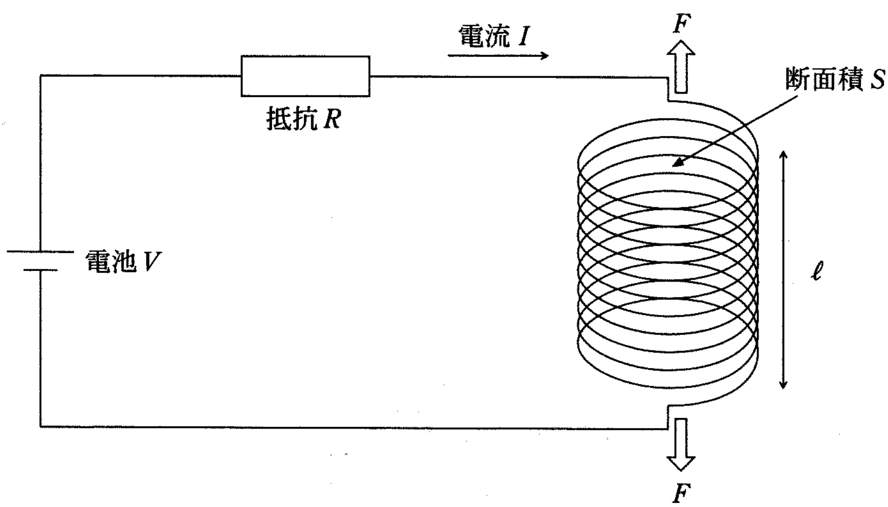
を用いると，磁束の変化量 $\Delta\Phi$ は $\boxed{\text{(キ)}}$ と，$\Delta\ell$ に比例する式で表される。時間 T の間に，磁束が $\Delta\Phi$ だけ変化するので，コイル全体には $\boxed{\text{(ク)}}$ の起電力が発生し，回路に流れる電流は $\Delta I=\boxed{\text{(ケ)}}$ だけ変化する。

この時間 T の間のエネルギーの変化について考える。時間 T の間に電池

がした仕事 P は $\boxed{\quad(コ)\quad}$ である。また，時間 T の間に抵抗で発生したジュール熱 J は $R(I_0 + \Delta I)^2 T$ と表されるが，ΔI が I_0 に比べて十分小さいとして $(\Delta I)^2$ の項を無視すると $J = (RI_0^2 + 2RI_0 \Delta I)T$ と近似できる。さらに，加えた力 F からコイルが受ける仕事 W は $\boxed{\quad(サ)\quad}$ である。引き伸ばす前にコイルに蓄えられているエネルギー U_1 は $\boxed{\quad(シ)\quad}$ である。一方，引き伸ばした後には，コイルを流れる電流は I_0 に戻るので，引き伸ばした後にコイルに蓄えられているエネルギー U_2 は $\boxed{\quad(ス)\quad}$ となる。したがって，U_2 に対して近似式(1)を用いると，エネルギーの変化量 $\Delta U = U_2 - U_1$ は $\boxed{\quad(セ)\quad}$ と $\Delta\ell$ に比例する式で表される。

上記の P, J, W, ΔU の間にはエネルギー保存の関係式 $\boxed{\quad(ソ)\quad}$ が成り立つ。したがって，コイルの長さ方向に加えた力 F の大きさはコイルに関する定数：μ_0, S, N, ℓ と電流 I_0 を用いて $\boxed{\quad(タ)\quad}$ と表され，その方向はコイルの {(チ) 伸びる・縮む} 方向であることがわかる。

なお，この問題において，ソレノイドコイルの変形にともなう弾性エネルギーの変化について考える必要はない。



図

※「面積Sの金属極板２枚」は，2組あります。

5 図１のように面積Sの金属極板２枚を距離dだけ離して平行に置き，内部に誘電率がそれぞれε_1，ε_2の物質１，物質２を入れた。この２つの平行板コンデンサーを直列接続し，電圧Vの電池をつないだ場合を考える。電位は図中の電池の負極を基準とする。以下の問に答えなさい。ただし，問１～問３はS，ε_1，ε_2，d，Vのうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問１　図１における物質１が挿入された平行板コンデンサーの容量C_1を求めなさい。

問２　図１の直列接続した２個の平行板コンデンサー全体の容量C_SがC_1の何倍になるか求めなさい。

問３　図１における点Ｐの電位V_Aを求めなさい。

次に，図２のように下側コンデンサー内の上部の厚さxの部分を物質２から物質１におきかえた。ただし，問４，問５はS，ε_1，ε_2，d，V，xのうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問４　ε_1とε_2の物質が二層構造で入っている平行板コンデンサーの容量C_xおよび２個の平行板コンデンサー全体の容量C_Tを求め，それぞれC_1の何倍になるか示しなさい。

問５　図２における点Ｐの電位V_Bを求めなさい。

問６　電池の電圧Vを１V，dを20 mm，xを10 mmとし，雲母を物質１に選んだ。表の中から物質２を選び，点Ｐの電位を0.6 Vに最も近くしたい。どの物質を選んだら良いか答えなさい。

表　　いろいろな物質の比誘電率

物　質　名	比 誘 電 率
空気(乾燥)	1.00054
パラフィン	2.2
クラフト紙	2.9
ポリ塩化ビニル	3.2～3.6
雲母	7.0
水	約 80
チタン酸バリウム	約 2000～5000

真空の誘電率 $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ F/m とする。

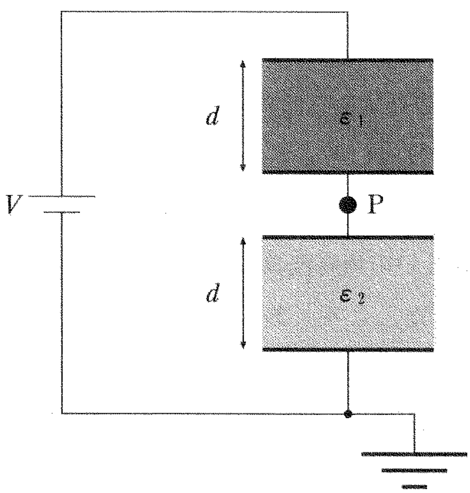


図 1

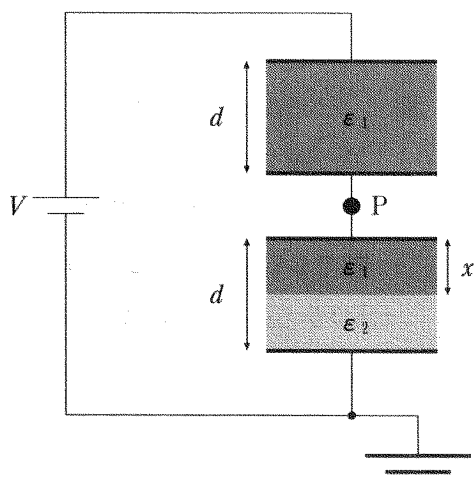


図 2

6 抵抗値Rの抵抗，自己インダクタンスLのコイル，静電容量Cのコンデンサーと，角周波数ωの電圧$V = V_0 \sin \omega t$の交流電源を用いて，交流回路についての特性をいくつか調べた。以下の問に答えなさい。ただし，tは時刻である。

問 1　抵抗，コイル，コンデンサーそれぞれに，電圧Vを加えた。

(1)　抵抗に流れる電流(瞬時値)および電力(平均値)を，R，V_0，ω，tのうち必要なものを用いて表しなさい。

(2)　コイルに流れる電流(瞬時値)および電力(平均値)を，L，V_0，ω，tのうち必要なものを用いて表しなさい。

(3)　コンデンサーに流れる電流(瞬時値)および電力(平均値)を，C，V_0，ω，tのうち必要なものを用いて表しなさい。

問 2　コイル及びコンデンサーの角周波数に対する基本的な特性を調べるために，図1の回路を構成した。電球A，Bは同じものであり，その明るさは電球で消費する電力に比例し，内部の自己インダクタンスおよび静電容量は無視できるものとする。この回路で，電圧Vの角周波数ωを低周波(ωが小さい)から高周波(ωが大きい)へ変化させたところ，ある角周波数ω_0で電球A，Bの明るさが同じになった。$\omega < \omega_0$のとき，および$\omega > \omega_0$のとき，それぞれについて，明るいのは電球A，Bのどちらか，答えなさい。また，そう考えた理由を述べなさい。

問 3　図2の回路の四角(イ)，(ロ)，(ハ)には，抵抗，コイル，コンデンサーが，重複することなく，それぞれ一つずつ入っている。角周波数ωをω_0より十分小さくしていくと，図2の回路を流れる電流Iが0に近づいていった。(イ)に入っているものは，抵抗，コイル，コンデンサーのうちのどれか，答えなさい。また，そう考えた理由を述べなさい。

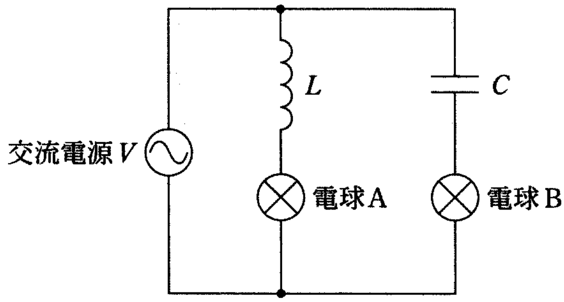


図 1

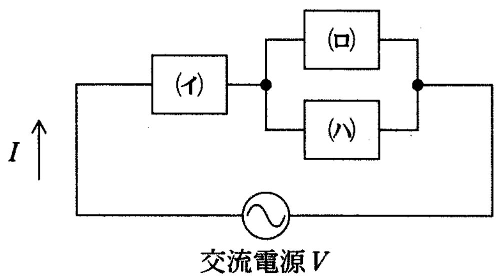


図 2

7 図のように振幅 A，周期 T の連続した正弦波が x 軸方向に進んでいる。振動の変位は y 方向である。時刻 $t = 0$ において正弦波は x 軸正方向に進んでおり，その先端は x 軸上の点 $\mathrm{P}(x = d)$ に到達した。そして，時間がしばらく経過したのちに定常波となった。以下の問に答えなさい。ただし，点 $\mathrm{Q}(x = 4\,d)$ は固定端である。

問 1　この波の波長を求めなさい。

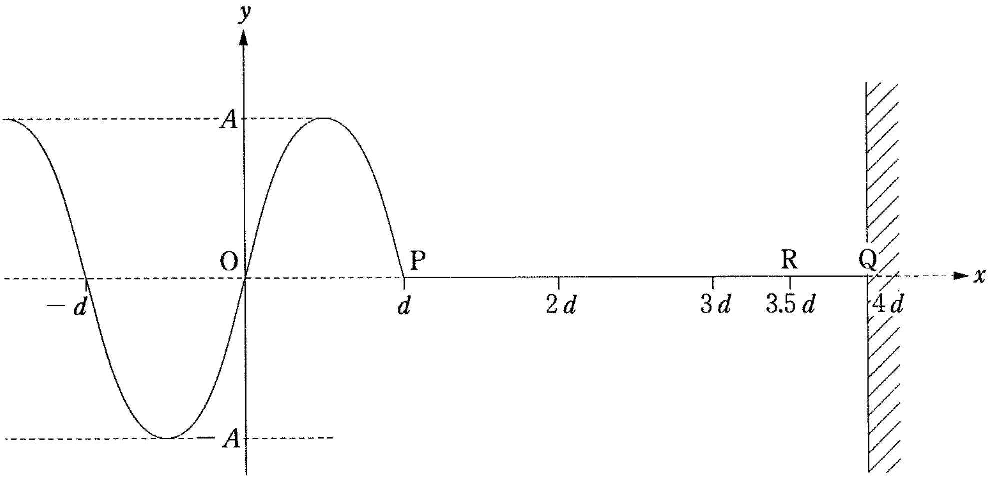
問 2　この波の速さを求めなさい。

問 3　時刻 $t = 2\,T$ における波の波形を，$-1.5\,d \leqq x \leqq 4\,d$ の範囲で解答用紙中のグラフに書き表しなさい。

問 4　点 $\mathrm{R}(x = 3.5\,d)$ における変位は時間と共にどのように変動するか，時刻 $t = 0$ から $t = 3\,T$ の範囲で解答用紙中のグラフに書き表しなさい。

問 5　定常波となった時で，点 Q に最も近い節の位置の x 座標を求めなさい。

問 6　$0 \leqq x \leqq 4\,d$ のすべての位置において変位が 0 となる，はじめての時刻 t_1 を求めなさい。ただし，$t_1 > 0$ とする。



図

◇M6 (827—89)

8 単原子分子の理想気体が容器に閉じこめられている。気体の圧力 p と体積 V を，図のように，状態 S(圧力 p_0，体積 V_0，温度 T_0)から，A，B，C，D の 4 つの状態に変化させた。ここで，S→A は定積変化，S→B は定圧変化，S→C は等温変化，S→D は断熱変化である。また，状態 D の圧力は p_1，体積は V_1 である。以下の問に答えなさい。

問 1　状態 A，B，D の温度 T_A，T_B，T_D それぞれを，T_0，p_0，p_1，V_0，V_1 のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 2　状態 A，B，C，D の温度 T_A，T_B，T_C，T_D を，高い順に並べなさい。

問 3　定圧変化 S→B において，気体が外部にした仕事 W_{SB}，気体の内部エネルギーの増分 ΔU_{SB}，気体に加えた熱量 Q_{SB} を，T_0，p_0，p_1，V_0，V_1 のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 4　断熱変化 S→D において，気体が外部にした仕事 W_{SD} を，T_0，p_0，p_1，V_0，V_1 のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

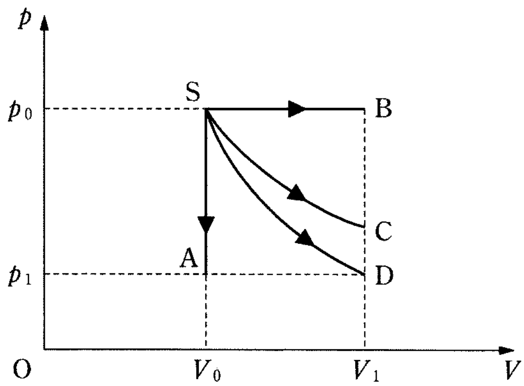
問 5　上で得られた状態 A，B，C それぞれに，さらに定圧変化 A→D，定積変化 B→D，定積変化 C→D を行った。こうして，以下に示す 4 つの過程(ア)〜(エ)すべてで，状態 S を状態 D に変化させたことになる。気体に入った熱量が大きい順に，過程(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)を並べなさい。ただしここで，気体に入った熱量とは，過程をとおして気体に加えられた正負の熱量をすべて合計したものである。

(ア)　S → A → D

(イ)　S → B → D

(ウ)　S → C → D

(エ)　S → D


p
p0
p1
S
B
C
D
A
O
V0
V1
V