愛媛大学

物理

問題

2017年度入試

【学部】 教育学部、理学部、医学部、工学部、農学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月25日

【問題解答前の確認事項】

〔注意〕 医は❶・❸のみ，他は❶～❹を解答する。

1 次の文章を読み，以下の設問に答えよ。

図１のような斜面とそれにつながる水平面を考える。斜面の角度は30°であり，斜面と水平面とは，点Ｂでなめらかにつながっている。水平面から高さhにある斜面上の点Ａに物体１を静かに置いたところ，点Ｂの方へ動き出した。物体１は大きさが無視でき，その質量はmである。斜面と物体１との間の動摩擦係数はμ'である。物体１は点Ｂに達したあと，摩擦のない水平面上を運動する。重力加速度の大きさをgとする。

(1) 物体１が斜面上を滑っているとき，物体１にはたらく垂直抗力の大きさと動摩擦力の大きさを求めよ。

(2) (1)で求めたそれぞれの力を次の図中に矢印で示せ。ただし，力の作用点と方向がわかるようにすること。

(3) 物体１が斜面上を滑っているとき，斜面に沿った方向の加速度の大きさを求めよ。

(4) 物体１が点Ａから点Ｂに到達するのに要する時間を求めよ。

(5) 物体１が点Ｂを通過するときの速さv_1を求めよ。

(6) 物体１が斜面を滑り落ちる間に，動摩擦力が物体１にした仕事を求めよ。ただし，μ'を含む式で表すこと。

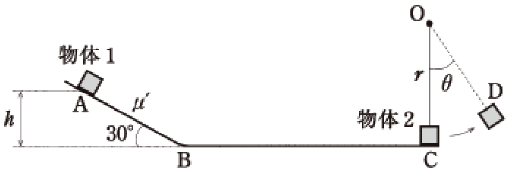
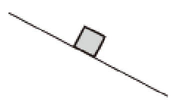


図１

(2) 垂直抗力，動摩擦力



水平面の右端の点Ｃに，高さrの点Ｏから大きさの無視できる質量$2m$の物体２が，長さrの糸で吊り下げられて静止している。ただし，$r>h$とする。糸の質量は無視する。斜面から滑り落ちた物体１は，水平面上を速さv_1で運動したあと，物体２に衝突する。物体１と物体２との間の反発係数（はねかえり係数）をeとする。

(7) 衝突直後の物体１と物体２の速度を求めよ。ただし，図の右向きを正とする。ここで，使ってよい記号はv_1とeとする。

(8) 反発係数eが0.5のとき，物体２が角度θ（∠COD）となる点Ｄを通過したとする。そのときの速さv_2を求めると，次式のようになる。$\boxed{}$の中に適切な数字あるいは式を記入せよ。

$$v_2=\sqrt{\boxed{(ア)}\,v_1{}^2-2gr(\boxed{(イ)})}$$

(9) 物体２が点Ｄを通過するとき，糸にかかる張力を求めよ。ただし，使ってよい記号はv_2，r，m，g，θとする。

2 次の文章を読み，以下の設問に答えよ。

問１　極板間が真空の平行板コンデンサーに電池とスイッチが直列につながれた回路がある。コンデンサーの極板の面積はS，極板間距離はdであり，間隔に比べて極板のサイズは十分に大きく，極板間の電場は一様とみなしてよいものとする。スイッチを閉じて十分時間が経ったとき，コンデンサーの正極板に蓄えられた電荷をQ，真空の誘電率をε_0とすると，極板内の電気力線の本数は［(ア)］である。電場の強さは電気力線の密度（単位面積あたりの電気力線の本数）で与えられるので，極板間の電場の強さは［(イ)］である。

次に，スイッチを開いて，この平行板コンデンサーの極板間にぴったり収まるサイズの誘電体を完全に挿入する。極板上の電荷により，挿入された誘電体では分極（誘電分極）が生じる。分極によって正極板に接している誘電体表面上に誘起される電荷を$-Q'$とおくと，誘電体内部を貫く電気力線の本数は［(ウ)］となる。このとき誘電体内部での電場の強さは［(エ)］であり，この値は誘電体が挿入される前の極板間の電場の強さ(イ)より小さくなっている。それゆえ，極板間に誘電体を入れたときの静電容量は，極板間が真空の場合の静電容量より大きくなる。このときのコンデンサーの静電容量は［(オ)］$\cdot\dfrac{S}{d}$である。ここで，$\varepsilon=$［(オ)］とおけば，εは誘電体の誘電率である。この後にスイッチを閉じると，誘電体内部の電場が挿入前と同じ強さになるまで電荷が運び込まれる。

(1)　上の文章の空欄(ア)〜(オ)に適切な式を入れよ。

(2)　電池の電圧をVとして，ε_0，ε，d，S，Vを用いて以下の量を表せ。

　(a)　再びスイッチを閉じた後に電池がした仕事

　(b)　誘電体挿入前と再びスイッチを閉じた後のコンデンサーの静電エネルギーの差

問２　誘電体試料を挿入したコンデンサーC_xと既知の静電容量のコンデンサーC_0を直列に接続し，それと並列に抵抗R_1とR_2を接続した図１のような回路について考える。コンデンサーC_xは，極板の面積S，極板間距離dの平行板コンデンサーであり，その極板間に誘電率εの誘電体がぴったり収まっている。これらのコンデンサーの静電容量をそれぞれC_x，C_0，抵抗値をそれぞれR_1，R_2とする。なお，C_0はC_xに比べて十分大きい。回路を電源につないで電圧Vを加えたとき，コンデンサーC_xの極板間すなわち誘電体内部に生じている一様な電場の強さをEとする。電圧Vを変化させて，コンデンサーC_0の両端（BG間）の電圧と抵抗R_2の両端（FG間）の電圧を測り，BG間電圧とFG間電圧をそれぞれ縦軸と横軸にとったグラフを描けば，誘電体の誘電率εを求めることができる。

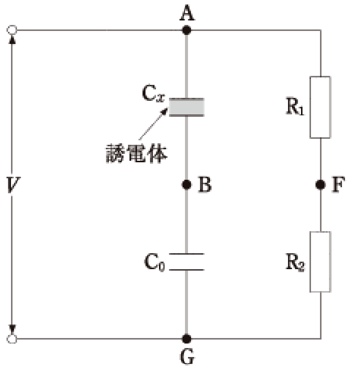


図１

(3)　コンデンサーC_0の両端（BG間）の電圧V_0をε，E，C_0，Sを用いて表せ。

(4)　コンデンサーC_xの両端（AB間）の電圧V_1をC_x，C_0，Vを用いて表せ。

(5)　$\dfrac{C_x}{C_0}=0$と近似できるとして，抵抗R_2の両端（FG間）の電圧V_2をR_1，R_2，d，Eを用いて表せ。

(6)　誘電体の誘電率εをV_0，V_2，R_1，R_2，d，S，C_0を用いて表せ。

3 以下の文章中の $\boxed{(ア)}$ から $\boxed{(ス)}$ に入る適切な数式，数値，または語句を答えよ。

問１　波とは媒質の振動が空間的に離れた場所に伝わる現象である。いま，無限に長い１次元的な媒質が，位置 $x=0$ において，最大変位がA，振動の周期が T の単振動をしている。時刻 $t=0$ でその媒質の変位 y がゼロで，その速度が正の時，媒質の変位は時刻 t の関数として $y=\boxed{(ア)}$ とかける。この変位がxが正の向きに伝わっている場合，波長をλとすれば，位置xにおける媒質の変位は $y=\boxed{(イ)}$ という式で表される。波の伝わる速度は $\boxed{(ウ)}$ である。次に今考えていた波と同じ条件で，進行方向だけが逆向きである波を考えると，$y=\boxed{(エ)}$ となる。さらに上で考えた２つの波を，適切に重ね合わせると，波の進行は止まっているように見える。このような波を $\boxed{(オ)}$ という。

この媒質が長さLの有限区間にあると考えたとき，両端 $(x=0,\ L)$ が固定端の場合，波長λの条件は正の整数nを用いて，$\lambda=\boxed{(カ)}$ となり，上で求めた異なる方向へ進行する２つの波の変位を，適切に重ね合わせることにより，１項にまとめて表すと $y=\boxed{(キ)}$ となる。また，自由端の場合はλの条件は正の整数nを用いて，$\lambda=\boxed{(ク)}$ となり，変位は同様に１項にまとめて表すと $y=\boxed{(ケ)}$ となる。なお，以下の三角関数の加法定理を用いてよい。

$$\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cdot\cos\beta+\cos\alpha\cdot\sin\beta$$

問２　図１のような長さLの両端が開いた管を用意し，その内部にピストンを取り付け，その逆側の管の口の付近にスピーカーを置いて音波を管の内部に送り込む。スピーカーが発する音の振動数fは自由に変更できるものとし，音速はcとする。また，スピーカーがつけてある側から管に沿って測った距離をxとし，管口補正は無視できるものとする。スピーカーから出す音の振動数を $f=f_1$ と固定し，ピストンを $x=0$ から徐々にxの正の方向に動かしたところ，$x=L_1$ において最初に音が大きく聞こえた。このときのL_1と f_1 の関係は $\boxed{(コ)}$ となる。

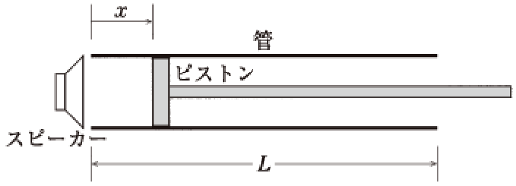


図１

次に，位置 $x=L_1$ でピストンを固定し，スピーカーの振動数を少しづつ上げていった。すると，一度音が小さくなった後に，再び音が大きくなった。このときの音波の振動数 f_2 と f_1 との関係は $\boxed{(サ)}$ である。また，このときL_1はLのちょうどある整数分の１となっていた。この正の整数を m とすると，振動数 $f=f_2$ でピストンを外したときに，音が大きく聞こえ続けるためには，m は $\boxed{(シ)}$ である必要がある。最後に，求めた m の条件のもとで，ピストンを外して，管の中に軽い微粒子を一様にまき，再びスピーカーから振動数 f_2 の音を発したところ，その微粒子がほとんど動かない場所ができた。この場所の数は m を用いて書くと $\boxed{(ス)}$ となる。

4 次の文章を読み，(1)～(8)の設問に文章内の記号を用いて答えよ。

鉛直シリンダー内で滑らかに動くピストンを，重さの無視できるばねでシリンダーの上面と連結する。ばねはピストンおよびシリンダーから自由にはずせるようになっている。シリンダー内のピストンより下方の空間には単原子分子の理想気体を1モル入れ，ヒーターによって加熱できるようにする。以後，この理想気体を単に気体と呼ぶ。ピストンより上方の空間は常に大気圧となっている。ばねの自然長を L_0，ピストンの質量を M，ピストンの断面積を S，大気圧を P_0，気体定数を R，重力加速度を g とする。なお，シリンダーとピストンは断熱材でできている。本設問において，温度は絶対温度とする。

最初，シリンダー内の気体の圧力はピストンの上下空間ともに大気圧に等しく，ピストンはばねの長さ L_1 でつり合っていた。その際，シリンダーの底からピストンの下面までの高さは L_0 であった。このときを状態1とする（図1）。ゆっくりとヒーターで気体を加熱したところ気体は膨張し，ばねの長さが自然長になった。このときを状態2とする（図2）。

(1)　状態1における気体の温度を求めよ。

(2)　使用しているばねのばね定数を求めよ。

(3)　状態2における気体の圧力を求めよ。

(4)　状態2における気体の温度を求めよ。

(5)　状態1から状態2へ変化する間の内部エネルギーの変化を求めよ。

次に，ばねをシリンダーからはずし，ピストンは自由に動ける状態となった。このときを状態3とする（図3）。状態3になった後，ヒーターで気体を加熱し続けるとピストンはゆっくり上昇し，シリンダー下面からの距離が $2L_0$ となった。このときを状態4とする（図4）。

(6)　状態4における気体の温度を求めよ。

(7)　状態3から状態4までに気体がした仕事を求めよ。

(8)　状態3から状態4までに気体に加えられた熱量を求めよ。

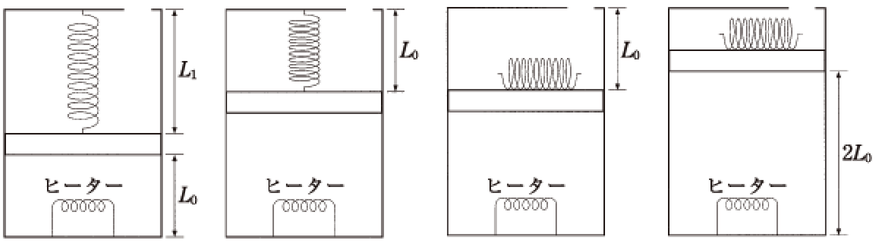


図1　図2　図3　図4