物　理

1. 以下の文章中の $\boxed{（ア）}$ ～ $\boxed{（ケ）}$ に適切な式を記入しなさい。

図1および図2のように，傾斜角30°の斜面台（質量 $2m$）が，なめらかで水平な床の上に置かれている。斜面台の上端には，ばね定数 k の軽いばねが取りつけられている。ばねの他端には質量 m の物体が取りつけられている。鉛直下向きの重力加速度の大きさを g とする。斜面台と物体は，紙面に垂直な方向には運動せず，また回転はしないものとする。斜面台の底面が床面から離れることはなく，物体が斜面台から離れることもない。空気抵抗の影響は無視できるものとする。

(1) 図1のように，斜面台が床に固定されている場合を考える。物体と斜面台との間の静止摩擦係数を $\sqrt{3}$，動摩擦係数を $\frac{2}{\sqrt{3}}$ とする。ばねの伸びは自然の長さから測る。物体を斜面下方に動かし静かに手を離したとき，物体が静止したままであるようなばねの伸びの最大値は $\boxed{（ア）}$ である。伸び L を（ア）より大きくして静かに手を離すと，物体は斜面上方に動いた。この上方への運動は単振動の半周期とも見なせる。この間，ばねの伸びが $\boxed{（イ）}$ のときに，物体の速さは最大値 $\boxed{（ウ）}$ に達した。手を離してから，速さが（ウ）に達するまでの時間は $\boxed{（エ）}$ であった。このあと，物体は減速し，速さが0になった。引き続いて物体が動くための条件は，L が $\boxed{（オ）}$ より大きいことである。

(2) 次に，図2のように，斜面台が床に固定されていない場合を考える。ここでは，斜面台と物体との間の摩擦は無視できるとする。物体を斜面下方に動かしてばねを伸ばした状態で，物体と斜面台を手で静止させる。そのあと，静かに手を離すと，物体と斜面台は振動を始めた。斜面台の速度と加速度は，図中に示すように紙面に向かって右向きを正とする。床から見た斜面台の加速度が A であるとき，物体が斜面台から受ける垂直抗力の大きさは $\boxed{（カ）}$ となる。斜面台から見た物体の速度の，斜面に沿って下向きの成分が v であるとき，床から見た斜面台の速度は $\boxed{（キ）}$ となる。床から見ると，このときの物体と斜面台の運動エネルギーの合計は $\boxed{（ク）}$ となる。斜面台が動いていても，ばね定数 k のばねの弾性エネルギーの変化が振動を引き起こすことに注意すると，この振動の周期は $\boxed{（ケ）}$ となる。

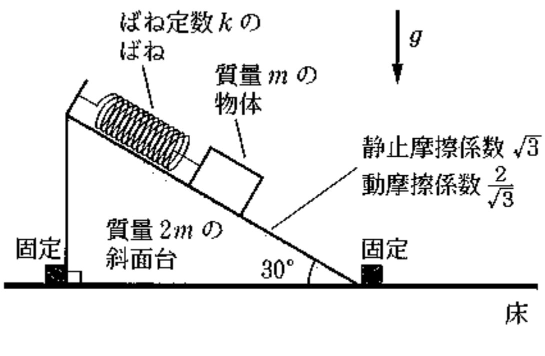


図1

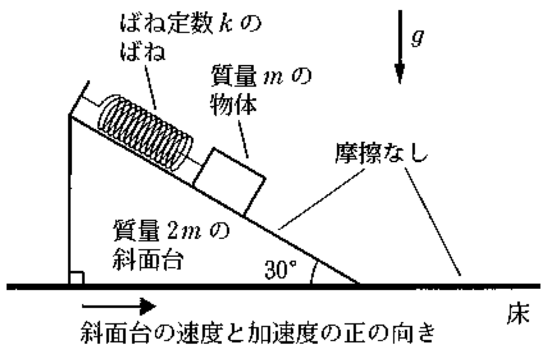


図2

2. 以下の文章中の $\boxed{（ア）}$ 〜 $\boxed{（ケ）}$ に適切な式を記入しなさい。

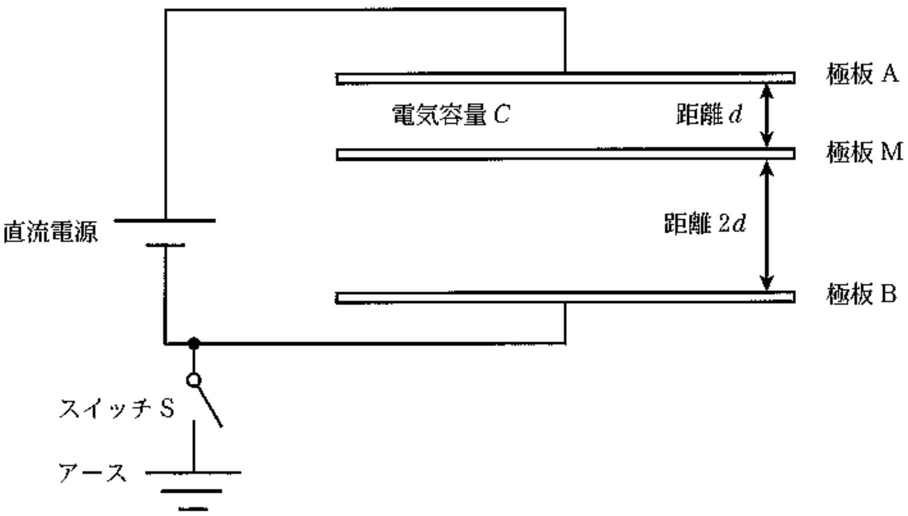
図のように，真空中に互いに平行な3枚の薄い極板A，M，Bから構成されるコンデンサーがある。平行板コンデンサーAMおよびBMの極板間距離をそれぞれdおよび$2d$とする。平行板コンデンサーAMの電気容量をCとする。図のように，AとBは直流電源とつながり，スイッチSを閉じると接地される。電源は電圧が可変な電池であり，内部抵抗はないものとする。また，極板の面積は十分に大きく，導線の電気抵抗は無視できる。以下では，AとBの，Mに向いていない側の表面の電気量は互いに等しいと考えてよい。

(1) 平行板コンデンサーBMの電気容量は $\boxed{（ア）}$ となる。

(2) 極板Mの全電気量が0である場合を考える。スイッチSを閉じ，電源の電圧を調節してBに対するAの電位をVとすると，Mの下側（つまりB側）の表面の電気量は $\boxed{（イ）}$ となる。

(3) 極板Mの全電気量がQである場合を考える。スイッチSを閉じたまま，電源の電圧を0にすると，Mの下側表面の電気量は $\boxed{（ウ）}$ となる。このとき，MとBの間の空間に蓄えられた静電エネルギーは $\boxed{（エ）}$ である。Mが受けている静電気力の合計は上向きを正として $\boxed{（オ）}$ である。ここでスイッチSを開き，そのあと電源の電圧をゆっくり変えて，Bに対するAの電位をVにした。このときのMの下側表面の電気量は $\boxed{（カ）}$ となる。この電圧変化の間，電源がした仕事は $\boxed{（キ）}$ である。

(4) **(3)** の最後の状態から引き続き，AとBに触れないようにしてMをAB間から静かに引き抜き，十分遠方までゆっくり遠ざけた。その結果，Aは極板全体として電気量 $\boxed{（ク）}$ を持つ。電源を通過した電気量を考えると，Mを動かし始めてから遠ざけ終わるまでの間に電源がした仕事は $\boxed{（ケ）}$ である。



3. 以下の文章中の $\boxed{\text{（ア）}}$ ～ $\boxed{\text{（キ）}}$ に適切な式を記入しなさい。

媒質を伝わる音波について考える。図1のように，静止した媒質があり，はじめは全て状態aにある。時間がたつにつれて，媒質は全体として静止したまま，図2のように下端から状態がaからbに変化していく。2つの状態の間の境界は平面で，一定の速さ V で上方に移動する。以下では，媒質に対して静止している観測者から見た現象を考える。単一の振動数を持った平面波が状態aの媒質を進み，境界面に入射する。波の一部が反射して状態aの媒質に戻り，一部は状態bの媒質に進んだ。境界面が動いているので，状態bの媒質に進んだ波の波長だけでなく，反射波の波長も入射波の波長と等しいとは限らない。状態aおよびbの媒質を伝わる波の速さを，それぞれ A および B とする。なお，反射波が状態aの媒質に戻っていることから，V は A より小さい。$\boxed{\text{（ア）}}$ から $\boxed{\text{（オ）}}$ までの解答は V を含むようにし，$\boxed{\text{（カ）}}$ と $\boxed{\text{（キ）}}$ の解答においては，V を使わないようにしなさい。

図3は，ある時刻における境界面および，境界面上の点Qを通る入射波，反射波，屈折波の射線を示す。点線で示す射線は波面に対して垂直であり，矢印は波の進む向きを表す。入射波，反射波，屈折波の射線が境界面の法線となす角をそれぞれ x，y，z とする。

入射波の進行方向が境界面に垂直であるとする（$x=0$）。この場合，$y=z=0$ になる。単位時間あたりに境界面に入射する波の数と反射する波の数は等しい。ドップラー効果を考えると，反射波の振動数は，入射波の振動数の $\boxed{\text{（ア）}}$ 倍になる。同様に考えると，状態bの媒質に進んだ波の振動数は，入射波の振動数の $\boxed{\text{（イ）}}$ 倍になり，波長は入射波の波長の $\boxed{\text{（ウ）}}$ 倍になる。

今度は，入射波の進行方向が境界面に垂直でないとする（$x \neq 0$）。ドップラー効果を考えると，屈折波の振動数は入射波の振動数の $\boxed{\text{（エ）}}$ 倍になり，屈折波の波長は入射波の波長の $\boxed{\text{（オ）}}$ 倍になる。

図4は，図3と同じ状況を，その時刻の波面がわかるように示したものである。入射角，反射角，屈折角はそれぞれ x，y，z であり，境界面上の2点QおよびLを通る入射波の射線を点線PQおよびKLで示している。ここでは $x \neq 0$ の場合を考える。QEは入射波の波面を表し，ELの長さは入射波の波長に等しいとする。QRおよびQSは反射波および屈折波の射線を表し，FLおよびGLは反射波および屈折波の波面を表している。入射波，反射波，屈折波それぞれの波長のQLの長さに対する比を考えると，波の波長は反射によって $\boxed{\text{（カ）}}$ 倍に変化し，屈折によって $\boxed{\text{（キ）}}$ 倍に変化することがわかる。（オ）と（キ）を使うと，A，B，V が与えられた場合の，入射角と屈折角の関係を知ることができる。

状態a

図1

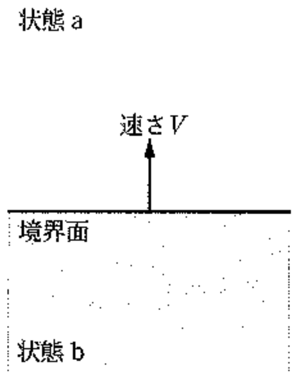


図2

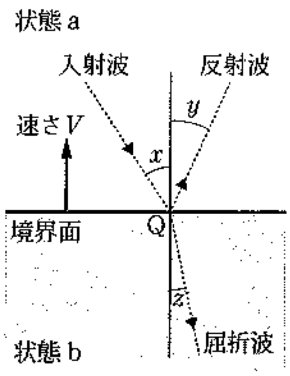


図3

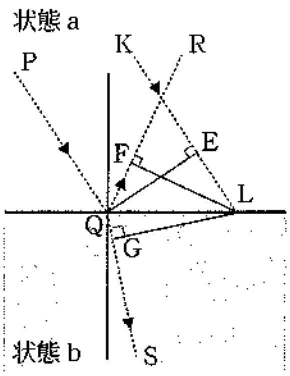


図4