

物 理 (一般問題用紙1)

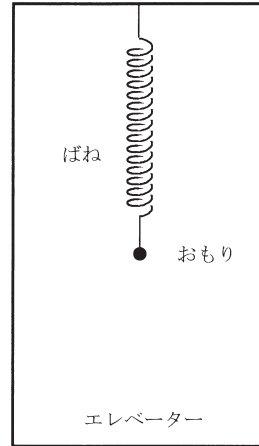
I 右図のように、エレベーター内の天井から軽いばねをつるし、その一端に小さいおもりをつけた。

エレベーターは初め鉛直上向きに速さ v_0 の等速度運動をしていた。そのとき、エレベーターに対するおもりの速さは0であった。この状態を状態①とする。

次に、エレベーターは鉛直上向きに大きさ a ($a > 0$) の加速度でしばらく上昇した。この状態を状態②とする。

そして、エレベーターは加速を終え、等速度での上昇に戻った。この状態を状態③とする。

おもりの質量は m 、ばねは自然長が l_0 、ばね定数が k である。おもりの大きさ、ばねの質量は無視でき、重力加速度の大きさを g 、円周率を π とする。また、ばねは常にフックの法則で表される弾性力をおもりに及ぼすものとする。これについて、次の問いに答えよ。



[i] 状態①について、以下の問い(1)、(2)に答えよ。

- (1)ばねの長さはいくらか。
- (2)ばねに蓄えられている弾性力による位置エネルギーはいくらか。

[ii] 状態②では、エレベーターに対するおもりの運動は単振動となった。エレベーターに固定した y 座標を考え、振動の中心の座標値を $y = 0$ とし、鉛直上向きを y の正の向きとする。状態①から状態②に切り替わる瞬間の時刻を $t = 0$ として、その後のエレベーターに対するおもりの y 方向の単振動について、以下の問い(3)～(6)に答えよ。

- (3) $y = 0$ におけるばねの長さはいくらか。
- (4)単振動の振幅はいくらか。
- (5)時刻 t におけるおもりの位置 y はいくらか。
- (6)エレベーターに対するおもりの速度が初めて正の向きで最大になるときの時刻はいくらか。

[iii] 状態③でのエレベーターに対するおもりの運動は、状態②のときと異なる単振動になるか、静止を続けるかのどちらかになる。状態②から状態③に切り替わる瞬間の時刻を t_1 として、以下の問い(7)～(10)に答えよ。

- (7)状態③でおもりがエレベーターに対して静止するのは、状態②から状態③に切り替わる時刻 t_1 がいくらのときか。 $n = 1, 2, 3, \dots$ として、 n も用いて答えよ。

以下の(8)～(10)では、状態③でおもりがエレベーターに対して静止することなく単振動になるものとして答えよ。

- (8)時刻 t_1 で、おもりの位置が状態②でのエレベーターに対するおもりの単振動の最下点であったとすると、時刻 t_1 以降の時刻 t におけるおもりの位置 y はいくらか。

物 理 (一般問題用紙2)

- (9)時刻 t_1 でのおもりの位置が $y = y_1$ であったとすると、その瞬間のエレベーターに対するおもりの速さはいくらか。 y_1 を用いて表せ。
- (10) (9)で、状態③でのエレベーターに対するおもりの単振動の振幅はいくらか。

物 理 (一般問題用紙 3)

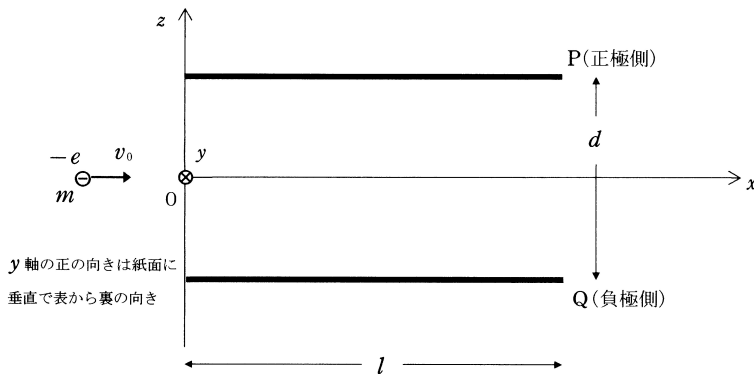
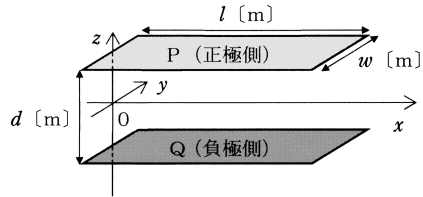
II 右図のように真空中に間隔 d [m] だけ隔てて平行におかれた、同じ形の長方形の極板P、Qがあり、極板間に、Pを正極側、Qを負極側とする V [V] の直流電圧がかけられている。

長方形の2辺の長さは w [m]、 l [m] であり、両極板間の、体積 wld [m³] の直方体の空間には一様な電場（電界）ができており、その直方体の空間からの電場のもれはないものとする。

図のように、極板P、Qの、長さ l [m] の辺に平行に x 軸、長さ w [m] の辺に平行に y 軸、両極板の長さ w [m] の辺の中点を結ぶ線に沿って z 軸をとり、極板間の中点を原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ とする。

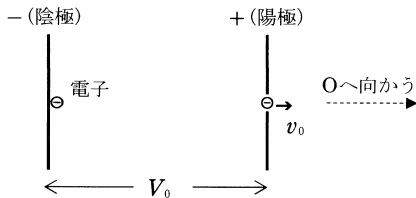
いま、電子が原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ から x 軸の正の向きに速さ v_0 [m/s] で電場に入射したとする。下図は、極板を y 軸の負の向きから見たときの図である。

電子の質量を m [kg]、電気量を $-e$ [C] とし、電子の運動に重力の影響はないものとして、次の問いに答えよ。



[i] 以下の問い(1)に答えよ。

(1) 電子が電場に入射する前については、下図のように平行な極板間にかけられた電圧 V_0 [V] による電場中を、初速度がほとんど0で陰極を出た電子が加速され、陽極を速さ v_0 [m/s] で通過して原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ に向かって進んだものとする。 v_0 を、 m 、 e 、 V_0 で表せ。



なお、これ以降の問いでは電子が電場に入射するときの速さは v_0 [m/s] だけを用い、(1)での V_0 を用いずに答えよ。

物 理 (一般問題用紙4)

[ii] 平行極板P, Q間の電場に速さ v_0 [m/s] で入射した電子は xz 平面内を極板に衝突することなく極板間を通過することができたとする。以下の問い(2)~(5)に答えよ。

(2) 電子が極板間を通過するのにかかった時間はいくらか。

(3) 電子が極板間を通過し終わる, $x = l$ [m] における電子の速さはいくらか。

(4) 電子が極板に衝突することなく極板間を通過できたということから, 極板間に加えた電圧 V [V] が満たしている条件を不等式で表せ。ただし, 電子が $(x, y, z) = (l, 0, \frac{1}{2}d)$ を通過する軌道を進む場合は衝突と見なすものとする。

(5) 電子が $(x, y, z) = (l, 0, \frac{1}{2}d)$ を通過する軌道を進んだとする。 $(x, y, z) = (l, 0, \frac{1}{2}d)$ を通過する直前での電子の速度の①向き, ②大きさ, を答えよ。

なお, ①については, x 軸の正の向きから z 軸の正の向きへの傾きの角を θ としたときの, $\tan \theta$ の値を答えよ。また, ①②ともに v_0, l, d の中から必要なものを用いて表せ。

[iii] 平行極板P, Q間に最初と同じ電圧をかけると同時に一様な磁場(磁界)も加え, 原点 $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ から x 軸の正の向きに速さ v_0 [m/s] で電子を極板間に入射させたところ, 電子が, 極板間で x 軸に沿って直進した。これについて以下の問い(6)~(8)に答えよ。

(6) 極板間に加えた磁場の向きを答えよ。

(7) 極板間に加えた磁場の, 磁束密度の大きさはいくらか。

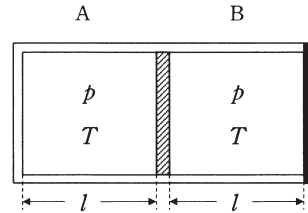
(8) 単位時間当たり n 個の電子が入射しているとすると, x 軸に沿って流れている電流の大きさはいくらか。

物 理 (一般問題用紙5)

III 断面積が S のシリンダーがあり、両端は密閉され、内部は気密な壁によってAとBに仕切られている。B側の端の部分(図の右端の壁)では熱の出入りが可能であるが、それ以外の容器の壁も仕切りの壁も断熱材でできている。

A, Bには同じ種類の理想気体が入っており、最初、図のようにシリンダーを水平に置いた状態で、仕切りの壁は端からの距離が l の中央の位置で静止し、A, B内の気体の、圧力は p 、絶対温度は T 、体積は Sl と等しくなっていた。

仕切りの壁の質量は m で、なめらかに動くものとする。重力加速度の大きさを g 、気体定数を R とし、A, B内の気体の定積モル比熱が aR (a は正の定数) と表されるものとして、次の問いに答えよ。



[i] シリンダー内の気体について、以下の問い(1), (2)に答えよ。

- (1) 気体の定圧モル比熱はいくらか。
- (2) 気体の比熱比はいくらか。

[ii] B側の端の部分の壁からB内の気体に熱を加えながら、シリンダーをゆっくり傾けていく。仕切りの壁が中央の位置のままとなるように加熱を調節し、最終的にB側が下になりシリンダーが鉛直になった状態で傾けるのを止めるのと同時に加熱も止めた。この状態について以下の問い(3), (4)に答えよ。

- (3) B内の気体の絶対温度はいくらか。
- (4) 最初の状態からこの状態になるまでにB内の気体が吸収した熱量はいくらか。

[iii] シリンダーを最初の状態に戻し、B側の端の部分の壁からB内の気体にゆっくり熱を加え、壁が左に

$\frac{1}{3}l$ 移動したとき加熱を止めた。この状態について以下の問い(5)~(8)に答えよ。

- (5) A内の気体の絶対温度はいくらか。

以下の(6)~(8)では、(5)の値を T' とし、また、 $apSl = U$ として、 T, T', U の中から必要なものを用いて表せ。

- (6) B内の気体の絶対温度はいくらか。
- (7) 最初の状態からこの状態になるまでにA内の気体がされた仕事はいくらか。
- (8) 最初の状態からこの状態になるまでにB内の気体が吸収した熱量はいくらか。