

物 理

I 図(a)~(c)のように、二つの台車の中で小球のやりとりを行う。以下の問1~4に答えなさい。重力加速度は g とし、問1~3については導出の過程も示しなさい。なお、床面や台車のスロープはなめらかで摩擦は無視でき、空気抵抗も無視できるとする。(配点25点)

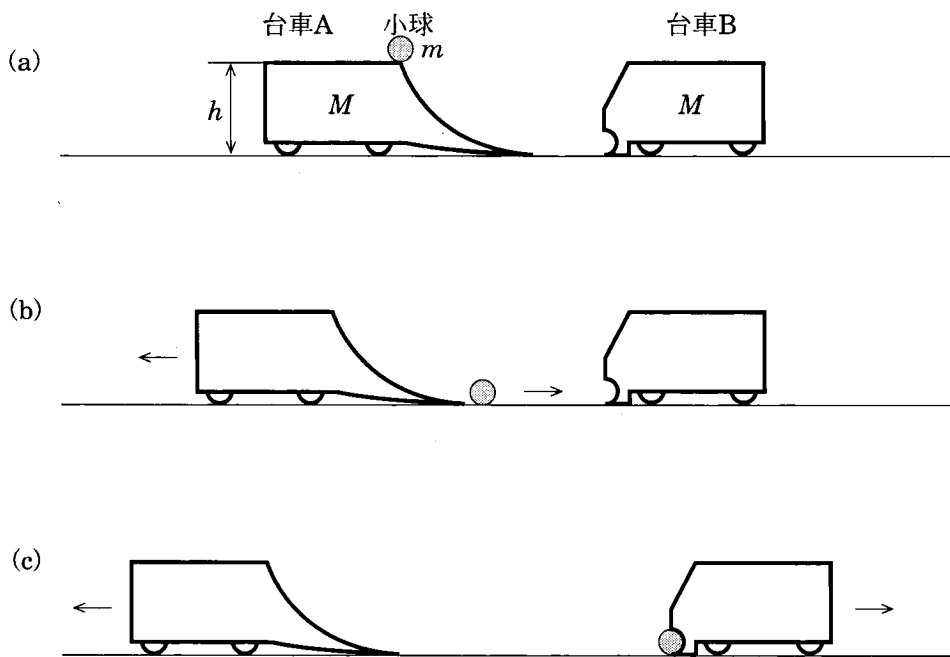
問1 質量 M 、高さ h の台車Aが床面に対して静止している。台車Aのスロープの上端に質量 m の小球を静かに置いたところ(図(a))、小球が台車Aのスロープを滑り落ちるとともに台車Aも動き始めた。小球が台車Aから離れたあと(図(b))の台車Aと小球それぞれの速さを求めなさい。

問2 小球はそのまま進み続け、静止していた質量 M の台車Bに受け止められ、台車Bと小球は一体となって動き始めた(図(c))。この台車Bの速さを求めなさい。

問3 重力加速度 g の値を 9.8 m/s^2 とし、小球の質量 m を 0.50 kg 、台車Aの高さ h を 0.20 m 、台車AおよびBの質量 M を 2.0 kg としたときに、以下の各エネルギーはいくらか、単位を付けて答えなさい。

- (1) スロープを滑り落ちることで小球が失った位置エネルギー
- (2) 小球が台車Aから離れたあとの台車Aの運動エネルギー
- (3) 小球と一体となって動き始めたあとの小球を含む台車Bの運動エネルギー

問4 これら一連の運動の結果、台車Aの運動エネルギーと小球を含む台車Bの運動エネルギーの和は、小球が失った位置エネルギーと一致するかどうか、理由を明らかにした上で答えなさい。



☒

II 1モルの単原子分子理想気体をなめらかに動くピストンのついたシリンダー内に閉じ込め、外部と熱のやりとりをすることにより、気体の圧力 p と体積 V を図のサイクル $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ のように変化させる。以下の問 1～5 について導出の過程を示した上で答えなさい。ただし、気体定数を R とし、気体に入出入りする熱量の符号は気体に熱が入った場合を正とする。また、このサイクルにおける状態の変化はゆるやかで、つねに平衡状態が保たれていると考えてよい。(配点 25 点)

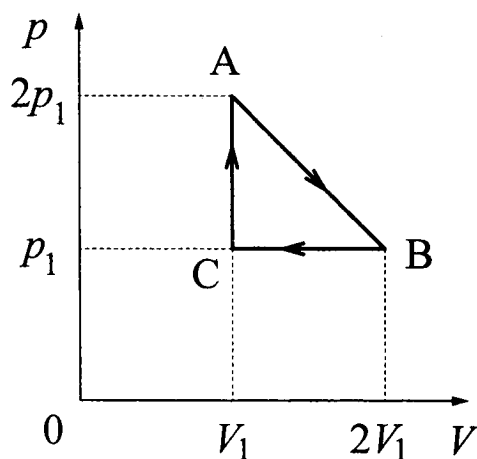
問 1 C における絶対温度を T_1 とするとき、A および B における絶対温度をそれぞれ求めなさい。

問 2 $B \rightarrow C$ および $C \rightarrow A$ の過程において、気体に入出入りする熱量をそれぞれ求めなさい。

問 3 このサイクル ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$) を一巡する間に、気体が行う仕事を求めなさい。

問 4 熱力学の第 1 法則を利用して、 $A \rightarrow B$ の過程で気体に入出入りする熱量を求めなさい。

問 5 このサイクルにおける体積 V と絶対温度 T の関係がどのようなになるか説明し、そのグラフを描きなさい。



Ⅲ 次の文章を読んで、問1～3に答えなさい。(配点25点)

2枚の金属板 P_1 と P_2 を間隔 d で平行に配置する。金属板 P_1 には2つのスリット S_1 、 S_2 があって、その間隔は l である。断面図(図(a))のように、 S_1 から質量 m 、電荷 q の陽イオン(正電荷のイオン)を紙面に沿って金属板に対して 45° の角度で入射し、 S_2 に達した陽イオンを検出器でとらえる。陽イオンは常に一定の運動エネルギーで入射されるものとし、陽イオンに対する重力の影響は無視できる。

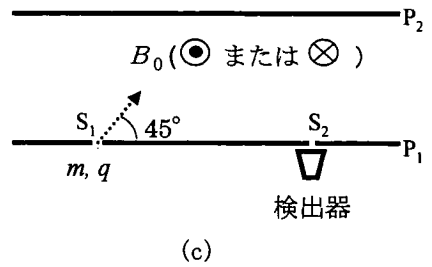
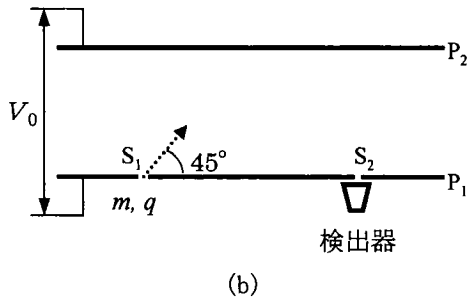
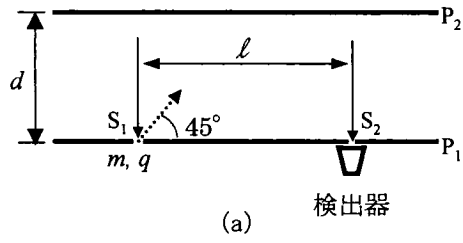
問1 図(b)のように、この金属板 P_1 P_2 間に電位差を与え、その大きさを調節すると、ちょうど電位差が V_0 のときに陽イオンは S_2 に達して検出された。

- (1) このとき、 P_1 に対して P_2 の電位は高いか低い。また、 P_1 P_2 間に生じる一様な電場の強さはいくらか。
- (2) 陽イオンは S_1 から S_2 へどのような軌跡を描いて運動するか、理由を付けて述べなさい。
- (3) 陽イオンが S_2 に達する条件から、入射されたときの陽イオンの運動エネルギーを導出の過程を示した上で求めなさい。
- (4) この実験装置に関して、陽イオンが P_2 にぶつからずに S_2 に達するための条件を、導出の過程を示した上で求めなさい。

問2 金属板 P_1 P_2 間に電位差を与えるかわりに、図(c)のように、紙面に垂直方向に一様磁場を与え、磁束密度の大きさを調節すると、ちょうど磁束密度が B_0 のときに陽イオンは S_2 に達して検出された。

- (1) このとき、一様磁場は紙面に対して上向きか下向きか。
- (2) 陽イオンは S_1 から S_2 へどのような軌跡を描いて運動するか、理由を付けて述べなさい。
- (3) 陽イオンが S_2 に達する条件から、入射されたときの陽イオンの運動エネルギーを導出の過程を示した上で求めなさい。

問 3 電荷 q が e (電気素量) であることがわかっている未知の陽イオンに対して、問 1 と問 2 の実験を行う。その結果を用いて陽イオンの種類を決定する方法を説明しなさい。なお、そのとき注意すべき点があれば、それも記しなさい。



図