

物 理

I.

(1) 以下の空欄を数値で埋めよ。なお、単位が必要な数値には単位を付けよ。

シリンダーとピストンからなる容器に封じ込められた単原子分子理想気体が温度 $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ 、圧力 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積 $2.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ の状態 A にあった。

最初に、状態 A から体積を一定に保ったまま加熱し、圧力 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の状態 B に変化させた。状態 B の温度は ① である。状態 A から状態 B までの過程で容器内の気体の内部エネルギーの変化量は ② である。

続いて、状態 B から温度を一定に保ったまま減圧し、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の状態 C に変化させた。状態 C の体積は ③ である。状態 B から状態 C までの過程で容器内の気体は 66 J の熱量を吸収した。このとき、容器内の気体が外部にした仕事は ④ である。

さらに、状態 C から圧力を一定に保ったまま冷却し、温度 $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ の状態 D に変化させた。状態 D の体積は ⑤ である。状態 C から状態 D までの過程で容器内の気体が放出した熱量は ⑥ である。

最後に、状態 D から温度を一定に保ったまま加圧し、状態 A に戻した。このとき、容器内の気体は外部から 28 J の仕事をされた。

A→B→C→D→A のサイクルで容器内の気体が吸収した熱量は ⑦ ，放出した熱量は ⑧ であり、外部にした仕事と外部からされた仕事の差に相当する正味の仕事は ⑨ である。したがって、このサイクルの熱機関としての熱効率は ⑩ である。

(2) (1) に示された $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ のサイクルの圧力 p と体積 V の関係を図に描くとともに、正味の仕事を表す領域を斜線で示せ。

《余 白》

Ⅱ. 図1のように, ある鉛直面上のO点に一端が固定された長さ l の糸がある。他の一端に質量 m の球を取り付けてつり下げ, この鉛直面内で運動できるようにした。球の最下点をA点とし, A点を含む水平線から上方への距離を球の高さにとる。糸の質量や太さ, 球の大きさは無視できるものとし, 重力加速度の大きさを g として, 以下の問いに答えよ。

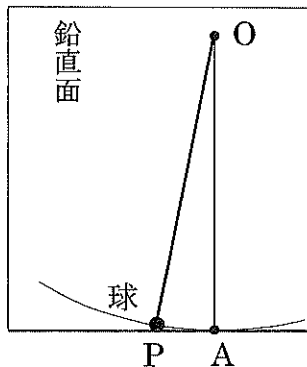


図1

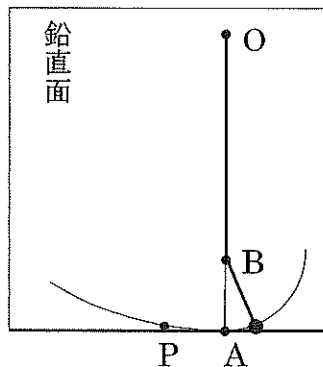


図2

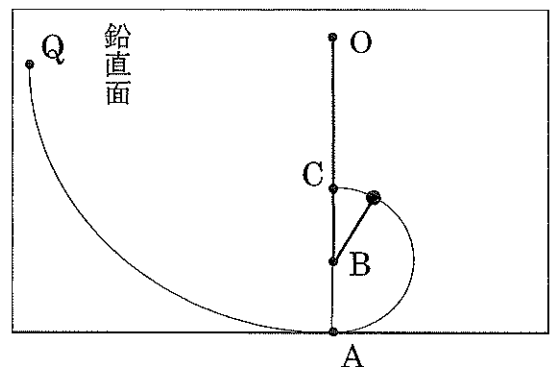


図3

操作1

糸がたるまないようにして球をA点から左にわずかに持ち上げ, P点で静かに放したところ, 球は単振動で近似できる運動を始めた(図1)。

(1) 球がP点から出発して再びP点に戻ってくるまでの時間 t_1 を求めよ。

操作2

次に, A点の真上の高さ $\frac{l}{4}$ のB点に太さが無視できる釘を面に対して垂直に打った。操

作1と同様に球をP点から静かに放したところ, 球はA点の右側においても単振動で近似できる運動をした(図2)。

(2) 球がP点から出発して再びP点に戻ってくるまでの時間 t_2 を求めよ。

操作3

さらに, 糸がたるまないようにして球を高く持ち上げて, 高さ h ($h \leq l$) のQ点から静かに放した。糸がたるむことなく, 球はA点を通じたあと円弧を描く運動をしてA点の真上のC点に到達した(図3)。

(3) C点に達したときの球の速さ v を求めよ。

(4) C点に達するための h の最小値を求めよ。

(5) C 点に達するために, 糸は少なくとも mg の何倍の張力に耐えられる必要があるか。

《余 白》

Ⅲ. 空気中におかれた極板間隔 d_0 、極板面積 S の平行板コンデンサー（図1）に、極板間の電圧が V_0 となるように電荷を与えた。空気の誘電率は ϵ_0 とし、極板は十分に広いため周辺部による電場への影響は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

(1) コンデンサーに蓄えられた電気量 Q_0 と V_0 の関係、および、このときの静電エネルギーの大きさ U_0 と V_0 の関係を記せ。

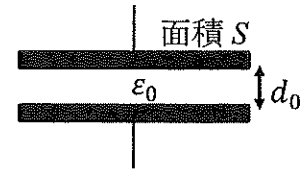


図1

次に、このコンデンサーの極板間隔を d_0 から d_1 に広げた。

(2) 極板間の電圧は V_0 の何倍になるか求めよ。

さらに、このコンデンサーの右半分に誘電率 ϵ の物質を、蓄えられた電気量に影響がないように挿入した（図2）。ただし、 $\epsilon > \epsilon_0$ である。この状態のコンデンサーをコンデンサー1と呼ぶ。

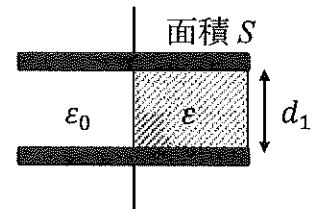


図2

(3) コンデンサー1の電気容量 C_1 を求めよ。

(4) コンデンサー1の静電エネルギーの大きさ U_1 は、 U_0 と同じであった。 d_1 は d_0 の何倍になるか求めよ。

次に、極板間隔 d_0 の間に誘電率 ϵ の物質を満たした、極板面積 S の平行板コンデンサー2を別に用意した。コンデンサー2の極板間の電圧が V_0 となるように電荷を与え、その後、図3に示す配置でコンデンサー1と接続した。なお、図3に示してある+と-の符号は極板に帯電した電荷の正負を表している。

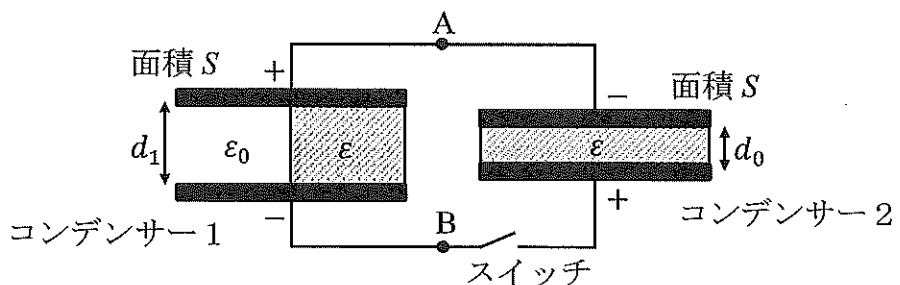


図3

(5) スイッチを閉じた後の、B点を基準としたA点の電位 V_{AB} を、 ϵ_0 と ϵ を用いて表せ。

《余 白》