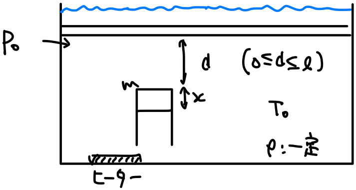
<#10> 熱力学

キーワード　浮力，断熱変化，安定平衡点

---

1 図のように水そうに密度 ρ の液体を満たし，さらにその中にシリンダーを逆さに入れる。水そうをふたで閉じ，その上にも液体をためることで，ふた付近の水圧をコントロールできるようにする。シリンダー内には理想気体が n mol 入っていて，シリンダーの底面が水面から距離 d の深さにあるとき，気体の体積は断面積 S を用いて Sx となっているとする。このとき，液体とシリンダー内の気体の温度は T_0 であった。

シリンダーの水深 d は，$0 \leq d \leq l$ とし，$d=0$ のときはシリンダーの底面が水面にあり $d=l$ のときはシリンダーのふちが水そうの底面にあるとする。ただし，$d=l$ のときにもシリンダー内と水そう間で液体の受け渡しができる。シリンダーは上下方向のみに動き，傾くことはなく，質量は m とする。また ρ は実験の途中常に一定とする。



(1) 水面の圧力をP_0としたとき、シリンダーが浮いていたとする。xをm, ρ, Sを用いて表せ。

(2) 状態方程式と水圧の式から、dとT_0の関係式を導け。

(3) ふたの上の液体を非常にゆっくり増やしていくと、シリンダーはゆっくりと沈んでいった。(浮沈子の原理)

シリンダーが着地した瞬間のP_0はいくらか求めよ。

2 今度は前問のP_0よりもさらに大きいP_1となるようにふたの上の液体の量を調整した。

(1) T_0からゆっくりと温度を上げると、シリンダー内部の気体も液体の温度と同じように上昇し、T_1となった所で、シリンダーが浮かび始めた。このときのT_1の値を求めよ。

次に、一度浮かび始めたら、$d=0$となるまでシリンダーが上昇し続けることを調べたい。

(2) 前問のT_1, xとなったすぐ後、少しだけシリンダーが浮き上がったとき、もとの気体の圧力Pと、xが、$P+\Delta P$, $x+\Delta x$になったとする。

シリンダーが浮かび上がるとき、熱が気体に伝わるよりも速く気体の状態が変化するので、今の状況では気体は断熱変化をすると考えてよい。断熱変化をするときには、シリンダー内の気体の圧力と体積は次の式を満たすとし、

$$(\text{圧力}) \times (\text{体積})^{\gamma} = (\text{一定}) \quad (\gamma > 0)$$

Δxが常に正となることを示せ。

(3) シリンダーの加速度を上向き正に取ると、常に正となることを示せ。