'02　大阪大学

図1のように，真空中に置かれた液体に，質量 m〔kg〕，底面積 S〔m^2〕の壁の厚さが無視できる円筒形の容器を逆さまにして，中に気体を入れた状態でまっすぐに浮かべた。このとき，容器外の液面から容器の底面までの高さを h_1〔m〕，容器の内と外との液面の高さの差を d〔m〕，気体の温度を T_1〔K〕，気体の圧力を p_1〔Pa〕（＝〔N/m^2〕）とする。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕，気体定数を R〔J/(K･mol)〕，液体の密度を ρ〔kg/m^3〕とする。気体を理想気体とみなし，その重さを無視する。液体の密度，容器の底面積は温度が変化しても変わらず，液体は蒸発しない。以下の問題に答えよ。

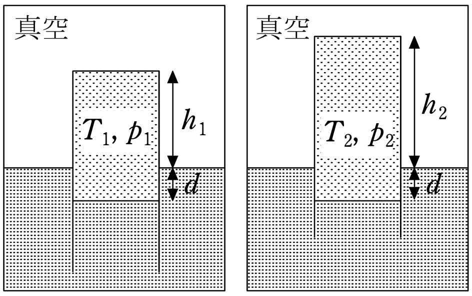

図1　　図2

(1)　図1の状態で，容器内の液面が受ける圧力 p_1 は深さ d の位置での液体の圧力(容器の外の液面から深さ d までの液体にはたらく単位面積あたりの重力)とつりあっている。気体の圧力 p_1 を d を用いて表せ。

次に，気体の温度を T_1〔K〕から T_2〔K〕に上昇させたところ，図2のように，容器内の気体は膨張し容器はまっすぐ上に押し上げられたが，容器の内と外との液面の高さの差は変化なく d のままであった。この状態での気体の圧力を p_2〔Pa〕，容器外の液面から容器の底面までの高さを h_2〔m〕とする。

(2)　容器の内と外との液面の高さの差が変わらなかったのは，この差が容器にはたらく重力と浮力(気体がおしのけた液体の重さ)のつりあいで決まっており，温度に依存しないためである。容器にはたらく重力と浮力のつりあいの式を書け。

(3)　気体の温度が T_1 から T_2 に上昇した過程は何と考えられるか。正しいものを次の中から選べ。(定圧過程，等温過程，定積過程，断熱過程)

(4)　この過程で，容器は上にあがり，位置エネルギーを得た。容器が得た位置エネルギー U〔J〕を h_1，h_2，m を用いて表せ。

(5)　この過程で，気体は膨張することによって仕事を行った。気体の行った仕事 W〔J〕を h_1，h_2 と気体の圧力を用いて表せ。

(6)　この過程で，気体が行った仕事 W と，容器が得た位置エネルギー U の関係を次の中から選べ。($U<W$，$U=W$，$U>W$)

(7)　気体の定圧モル比熱を C_p〔J/(K･mol)〕，定積モル比熱を C_v〔J/(K･mol)〕とし，気体のモル数を n〔mol〕とする。この過程で，気体に加えられた熱量 Q〔J〕を T_1，T_2 を用いて表せ。

(8)　この過程の前後における気体の状態方程式を使い，(5)で求めた W を n，T_1，T_2 を用いて(圧力 p_1，p_2 を使わずに)表せ。

(9)　この過程で，気体に加えられた熱量 Q と，気体が行った仕事 W の関係を次の中から選べ。($Q<W$，$Q>W$)

(10)　Q と W の差はどうなったか，簡潔に記せ。