

クラス：1年理I 16, 19, 23, 27, 28, 33, 37

担当教員：松井哲男

制限時間 90 分，参考書・ノート・電卓の持ち込み不可，問題用紙 2 枚，解答用紙 1 冊子，計算用紙 1 枚

問題 I. 以下の概念を、適当な例をあげて簡潔に説明しなさい。

- 1) 状態量と非状態量
- 2) 準静的過程（準静的過程でない例もあげなさい）

問題 II. Joule-Thomson の細孔栓実験では、シリンダーのまん中を細孔栓のついた壁で仕切り、仕切りの左側の容器に入れた圧力 p_1 の気体を、二つのピストンをゆっくり右に動かして、細孔栓をとおして反対側に断熱的に移す（図 1）。細孔栓を通過して仕切りの右側に移動した気体は圧力が常に p_2 で一定となるようにピストンに働く力を調節してある。気体の体積は、この過程の前後で、 V_1 から V_2 に変化したとする。以下の問に答えなさい。

- 1) 熱力学の第 1 法則を使って、この過程の前後で、気体のエンタルピー $H = U + pV$ が保存されることを示しなさい。
- 2) 理想気体ではこの過程で温度変化がないことを示しなさい。
- 3) この過程が非可逆過程であることを示し、始状態と終状態での気体のエントロピーの変化 ΔS を p_1, p_2 を使って表わしなさい。

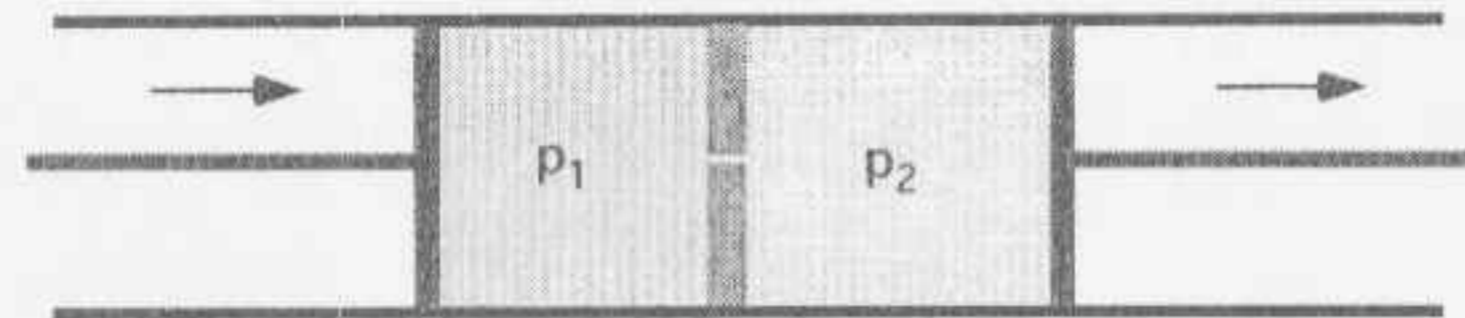


図 1: 問題 II の図

問題 III. 二つの断熱壁でおおわれた容器に 1 気圧、 15°C の水がそれぞれ 1kg ずつ入っている。この二つの容器の間である熱機関をヒートポンプとして使用し、片方の容器の水から熱を徐々に奪って冷却し、もう一方の容器の水を加熱することを考える。以下の問いに答えなさい。但し、どちらの容器の水も圧力は 1 気圧に保たれ、その定圧比熱は 0°C から 100°C まで一定で $1\text{cal/g}\cdot\text{K}$ とし、氷の融解熱は 80cal/g ($1\text{cal} = 4.2\text{J}$) とし、計算しなさい。また、必要であれば、 $\ln(288/273) = 0.053$ 、 $\ln(373/273) = 0.31$ を用いなさい。有効数字は 2 桁まで求めなさい。

- 1) 容器 1 の水の絶対温度が T_1 、容器 2 の水の絶対温度が T_2 のとき、熱機関が 1 回のサイクル運動で容器 1 の水から奪った熱量を ΔQ_1 、外からされた仕事を ΔW 、容器 2 の水に与えた熱量を ΔQ_2 とする。熱力学第 1 法則と第 2 法則が、それぞれ、これらの物理量にどのような関係を与えるか示しなさい。
- 2) 容器 1 の水温がちょうど氷点 0°C まで下がったとき、容器 1 の水の内部エネルギーとエントロピーの変化を求めなさい。増減も明記すること。
- 3) 以下の問題では、この熱機関は可逆機関（カルノー機関）であるとする。容器 1 の水温がちょうど氷点 0°C まで下がったとき、容器 2 の水温を求めなさい。
- 4) このときまでに可逆機関に外界からされた仕事の総量を求めなさい。
- 5) 更にこの装置を稼動したところ、容器 1 の水は少しずつ氷りだし、あるとき容器 2 の水が沸騰し始めた。このとき容器 1 の中の水の量（質量）を求めなさい。

問題 IV. ある液体をシリンダーの中に閉じ込め (図 2a) 圧力を p_1 で一定にして熱を徐々に加えたところ、ある温度 T_1 で一部が気化し始めた。更に熱を加えたところ、気体の割合が徐々に増え (図 3b)、気化し始めてから熱量を Q 加えたところで全ての液体が気化し体積が V_1 から V_2 に増加した。次に、ちょうど気化が完了したところで熱を加えるのを止め、圧力を少し増加させたところ、気体の一部が再び液化した (図 2c)。以下の問いに答えなさい。

- 1) 液体が気化し始めてから気化が完了するまでの内部エネルギー、エンタルピー、Helmholtz 自由エネルギー、そして Gibbs 自由エネルギーのそれぞれの変化量、 ΔU 、 ΔH 、 ΔF 、 ΔG を求めなさい。
- 2) 図 2c で、圧力の増加を Δp としたとき、気体・液体の温度変化 $\Delta T = T_2 - T_1$ を求めなさい。

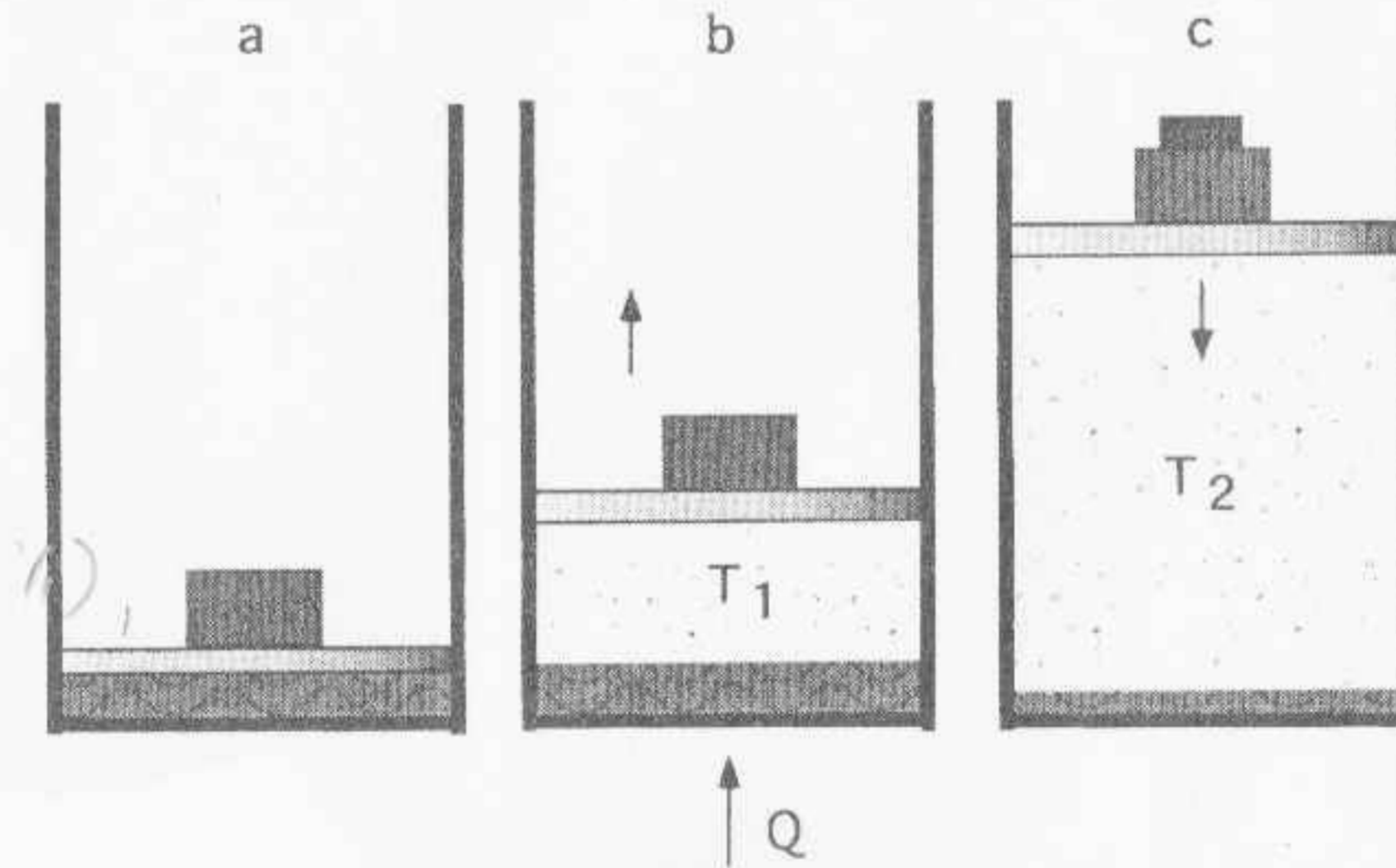


図 2: 問題 IV の図

V. 講義で最も面白いと思ったこと、或いは、自分で勉強して熱力学について一番興味を持ったことについて自由に書きなさい。[最高で 20 点加算] その他、講義に関する意見があったら書いて下さい。ただし、これは試験の点数には影響しません。