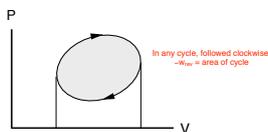


演習 1

1. 状態 A から状態 B への変化を様々な方法（経路）で行った。系に周囲からなされた仕事 w は経路に依存するか？ Yes
2. 状態 A から状態 B への変化を様々な方法（経路）で行った。ただし、すべて断熱条件にした。このとき、 w は経路に依存するか？ No
3. 講義の説明に基づいて、熱 q を定義せよ。 $q = w_{\text{断熱}} - w$.
4. 缶ビールを冷蔵庫から取り出し、室温にした。この変化について考える。缶内部を系としたとき、 ΔU , Δp , w , q の符号（正か負か）を記せ。ただし、 p は系の圧力、 V は系の体積。 Δ は変化後の量から、変化前の量を引いた熱力学量の「差」を意味する。 $\Delta V = 0$ かそうでないかを自分で判断し、その場合について考えよ。
If $\Delta V = 0$, $w = 0$. $q = \Delta U > 0$ and $\Delta p > 0$.
If $\Delta V > 0$, $w < 0$. $q > 0$, $\Delta U > 0$, $\Delta p > 0$.
5. 系になされる仕事は様々な種類のものがある。仕事が体積変化の場合（圧力 p , 体積 V ）、面積変化の場合（表面張力 σ , 面積 A ）、長さの変化の場合（張力 f , 長さ L ）の具体例を挙げ、それぞれについて無限小仕事 dw を示せ。
体積変化：体積 V の容器に入った気体。 $dw = -pdV$.
面積変化：水と空気の界面。 $dw = \sigma dA$.
長さ変化：長さ L のゴムひも。 $dw = f dL$.
6. 輪ゴムを断熱的に自然な長さから x だけ伸ばしたときの ΔU を計算せよ。ただし、張力 $f = kx$ とする。 $\Delta U = w = \int_0^x f(x) dx = \frac{1}{2} kx^2$.
7. エンタルピー H の定義を記せ。 $H = U + pV$.
8. 系になされる仕事の微分量が $dw = -pdV$ であり、かつ圧力が一定の場合、 $dH = dq$, $\Delta H = q$ であることを示せ。
 $dH = dU + d(pV) = dU + pdV = dq + dw + pdV = dq$.
 $\Delta H = \Delta U + \Delta(pV) = q + w + p\Delta V = q$.
9. 下の図のような経路上のある点から出発し、矢印の方向に一周して元の点に戻るサイクルを考える。このとき、曲線で囲まれた面積と系になされた仕事 w との関係は $w = -\text{面積}$ となる。これを示せ。



一周回ると $\int p(V)dV$ は囲まれた面積となる。仕事 $w = -\int p dV$.

10. 上問の変化について、 ΔU , q はどうなるか.

$$\Delta U = 0. \quad q = -w \text{ より, } q = \text{面積.}$$

11. n mol の分子からなる理想気体が体積 V_1 から V_2 に等温膨張するときの仕事を計算せよ. また, この時の ΔU を与えよ.

$$w = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = -nRT \int_{V_1}^{V_2} (1/V) dV = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$
$$\Delta U = 0.$$