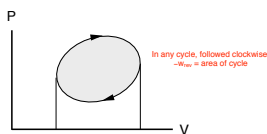


## 演習 1

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、 $\Delta U$ ,  $\Delta p$ ,  $w$ ,  $q$  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。 $\Delta$  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。仕事は体積変化の場合（圧力  $p$ , 体積  $V$ ）、面積変化の場合（表面張力  $\sigma$ , 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  $\Delta U$  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、 $\Delta U$ ,  $q$  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  $\Delta U$  を与えよ.

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