คำตอบและแนะแนวแบบฝึกหัด

บทที่ 1

1. 1/32 , 5/32 , 10/32 , 10/32 , 5/32 , 1/32
2. 2.1 พลังงานไม่เปลี่ยน

   2.2 $P_f/P_i = V_i/V_f$
3. 2.1×10^{23} โมเลกุลต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที
4. 6×10^{-10} วินาที
5. $v_{1av}/v_{2ave} = (m_2/m_1)^{1/2}$
6. $P_{ave} = (2/3)(n_1 + n_2)E_{ave}$
7. 7.1 เป็นอัตราส่วนของพลังงานเฉลี่ยของแต่ละแก๊ส

   7.2 แบบผันกลับไม่ได้

   7.3 ความดันเฉลี่ยของแก๊สทั้งสองเท่ากัน

บทที่ 2

1. 2^5
2. 5/54 ~ 0.092
3. 3.1 $(5/6)^5 \sim 0.4$

   3.2 $1-(5/6)^5 \sim 0.6$

   3.3 $(1/3)(5/6)^4 \sim 0.16$
4. อาศัยสมบัติทั่วไปของค่าเฉลี่ยจะได้

   $$[(v-v_{ave})^2]_{ave} = (v^2-2vv_{ave}+v_{ave}^2)_{ave}$$
   $$= v^2_{ave}-v_{ave}^2$$

   และจาก $(\Delta v)^2_{ave} >= 0$ จะได้ $v^2_{ave} >= v_{ave}^2$
5. 5.1 $\mu_{ave} = (2p-1)\mu_o$, $\mu^2_{ave} = \mu_o^2$
7. 7.3 $M_{ave} = 0$, $(\Delta M)^2_{ave} = 2N_D\mu_o^2$

บทที่ 3

1. 1.1 $P(-3\mu_o)=1/7$, $P(\mu_o) = 6/7$, กรณีอื่น ๆ $P(M)=0$

   1.2 $(3/7)\mu_o$

   1.3 เหมือน 1.1 และ 1.2
2. 1/3
3. 3.1 $N!/[n!(N-n)!]$

   3.2 n'/n

4. $(n'/n)^2$

5. 5.1 $N!/[n!(N-n)!]$

   5.2 $(E-E)/(2\mu_o B)$

   5.4 $(n'/n)^{\Delta n}$

   5.5 $\beta = \ln(n/n')/(2\mu_o B)$

6. 6.1 $(h^2/8m)[(n_x)^2/(L_x)^2](2/L_x)$

   6.2 $F_{ave} = (2/3)(E_{ave}/L)$

7. 7.1 1.9×10^{20}

   7.2 4.5×10^{18}

บทที่ 4

1. จากกฎข้อที่ 1 $de+Pdv = d'q = 0$
   กรณีแก๊สอุดมคติ $de = c_p dT$, $P = RT/v$ และ $R = c_p - c_v$
   แทนค่าในกฎข้อที่ 1 แล้วอินทิเกรต

2. ในการขยายตัวแบบแอเดียแบติกไปสู่สุญญากาศ พลังงานของแก๊สมีค่าคงที่ ดังนั้นอุณหภูมิสุดท้าย T_2 จึงมีค่า

   $$T_2 = T_1 + (2a/3R)(1/v_2 - 1/v_1)$$

   เมื่อ $v_2 > v_1$ โดยมีอุณหภูมิลดลง งานที่ทำเพื่อเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวในแก๊ส นี่คือปรากฏการณ์ของจูล(Joule effect)

3. งานที่กระทำต่อแก๊ส

   $$w = -\int_1^2 Pdv = (P_2 v_2 - P_1 v_1)/(\gamma - 1)$$

   เมื่อ P_1 และ P_2 เป็นความดันเริ่มต้นและสุดท้ายของแก๊สตามลำดับ ค่าตอบนี้อาจหาได้โดยตรงจากพลังงานของแก๊สในกระบวนการที่มี q $=0$ ดังนั้นจากกฎข้อที่ 1

   $$w = e_2 - e_1 = c_v(T_2 - T_1)$$

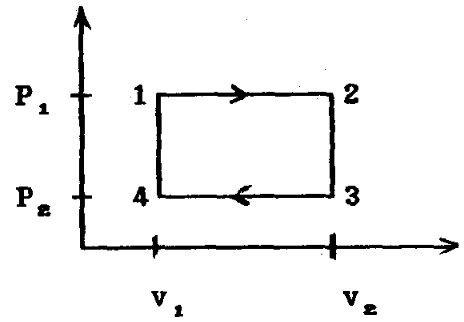
4. จาก

   $$dH = dE + PdV + VdP = d'Q + VdP$$

   จะได้

   $$C_p = [d'Q/\partial T]_p = [\partial H/\partial T]_p$$

5. จากรูป



$$w = -\int_1^2 Pdv - \int_3^4 Pdv = (P_2-P_1)(v_2-v_1)$$

เมื่อครบวัฏจักรจะมี $\Delta e=0$ ดังนั้น $q=-w$

6. $w = -q = R(T_2-T_1)\ln(v_2/v_1)$

7. $\Delta e = q - P\Delta v = 3.75 \times 10^4$ J/mol

บทที่ 5

1. ให้ดูสมการ 4.10 ในหัวข้อ 4.1 จะได้

   $kT = 0.025$ eV

2. 2.1 จาก $\beta = 1/kT = d\ln Z)/dE = 40/\mathrm{eV}$

   จะได้ $d\ln Z) = 40 \times lo\text{-}= = .04$ หรือ 4 %

   2.2 จาก $E = hf = 2.5$ eV

   และ $P(E) = C\,Z(E)e^{-\beta E}$ จะได้

   $Z(E) \propto e^{+\beta E} = e^{40\times 2.5} \sim 5 \times 10^{43}$

3. ค่าตอบข้อนี้ดูจากเรื่อง Paramagnetism

   $P_+ = Ce^{+a} = 3/4$, $P_- = Ce^{-a} \simeq 1/4$

   เมื่อ $a = \mu_0 B/kT$ และ $C = 1/[e^{+a} + Ce^{-a}]$

   จะได้ $T/T_r = 1.1 \times 10^{-12}$

4. $T/T_r = 1.5 \times 10^{-5}$

5. จาก $s + s' >= 0$

   $S' = Q/T' = \Delta E_{ave}/T' = -E_{ave}/T'$

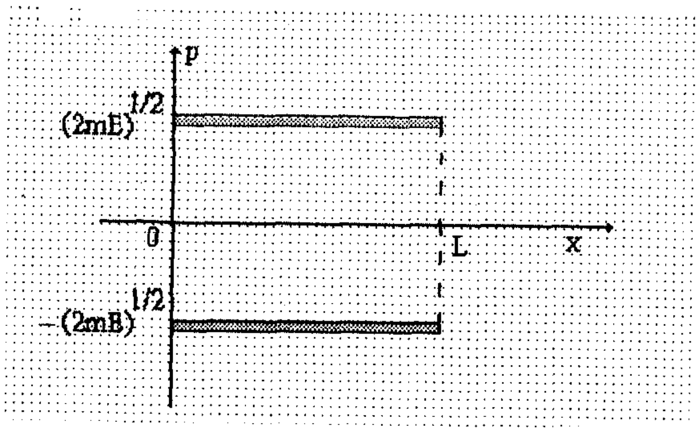
   เมื่อให้ความร้อนที่ไหลออกจากแหล่งความร้อนมีค่าเป็นลบ ดังนั้น

   $S + S' = S - E_{ave}/T' >= 0$

   หรือ $E_{ave}/T' - S <= 0$

บทที่ 6

1. โมเมนตัมจะอยู่ในช่วง dp ซึ่งมีค่าเป็นไปได้เป็น $p=+/-(2mE)^{1/2}$ ดังนั้นย่านของเฟสสเปซที่จะเป็นสถานะที่เป็นไปได้ของอนุภาคนี้จึงอยู่ในพื้นที่ดังในรูปข้างล่างนี้ ถ้าเราแบ่งเฟส สเปซให้เป็นเซลเล็ก ๆ ขนาดเท่า ๆ กันขนาด $ox.op=h_o$ พื้นที่นี้จึงประกอบด้วยเซลจำนวนมากมายซึ่งแทนสถานะที่จะเป็นไปได้ต่าง ๆ ของอนุภาคนี้ และถ้าอนุภาคนี้อยู่ในภาวะสมดุลแล้วโอกาสที่จะพบแต่ละเซลในย่านดังกล่าวนี้มีค่าเท่า ๆ กัน



รูปแสดงย่านของเฟส สเปซที่จะเป็นไปได้ของอนุภาค

2. 2.1 พลังงานของโมเลกุลภายใต้ความโน้มถ่วง

$$E_r=p^2/2m+mgz$$

ดังนั้นจากสมการ(6.39) จะได้

$$P(r,p)d^3rd^3p \propto \exp[-\beta(p^2/2m+mgz)]d^3rd^3p$$

2.2 จาก 2.1 เมื่อไม่คำนึงถึงตำแหน่งจะได้

$$P(v)d^3v \propto \exp(-\beta mv^2/2)d^3v$$

มีค่าเหมือนกรณีไม่มีสนามของความโน้มถ่วง

2.3 จาก 2.1 เมื่อไม่คำนึงถึงความเร็วและตำแหน่งในแนวระนาบอื่น ๆ จะได้

$$P''(z)dz \propto \exp(-\beta mgz)dz$$

3. 3.1 ดูสมการ(6.57) $v_{mp} = (2kT/m)^{1/2}$

3.2 $(1/2)m(v_{mp})^2 = (1/2)2kT/m = kT$

3.3 ใช้ภาคผนวกท้ายเล่มเกี่ยวกับการอินทิเกรตในลักษณะ

$I_n(a) = \int x^n \exp(-ax^2)dx$

โดยมีลิมิตของการอินทิเกรต 0 -----> อนันต์ มาช่วยในการอินทิเกรตจะได้ $v_{ave} = 2v_{mp}/\pi^{1/2}$

3.4 จาก 3.3 $v_{rms} = (3/2)^{1/2}.v_{mp}$

3.5 $(1/2)m(v_{rms})^2 = (3/2)kT$

3.6 $v_{rms}/v_{ave} = (3\pi/8)^{1/2}$

4. อาจใช้หลักความสมมาตรเชิงสถิติและทฤษฎีบทการแบ่งส่วนที่เท่ากันก็สามารถหาค่าตอบได้โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณเชิงตัวเลข

4.1 0

4.2 $(mv_x^2/2)_{ave} = kT/2$ จะได้ $(v_x^2)_{ave} = kT/m$

4.3 0

4.4 0

4.5 $(kT/m)(1+b^2)$

5. จาก $v_s = (5p/3D)^{1/2}$

และจาก $pV = nRT$, $D = M/V$, $m = M/N$ และ $k = R/N_A$ จะได้

$v_s = (5/9)^{1/2}.v_{rms}$ (จาก 3.4)

$v_s = (5/6)^{1/2}.v_{mp}$ (จาก 3.1)

6. ใช้ทฤษฎีบทการแบ่งส่วนที่เท่ากันใช้กับแต่ละพจน์ยกกำลังสองของพลังงานจะได้พลังงานเฉลี่ยของตัวกวัดแกว่ง เป็น

$E_{ave} = kT/2 + kT/2 = kT$
