1.2. 부피 V=3 litter 용기내 다음 이상기체 분자의 몰수 계산.

(a) $T = 673K,\ P = 2MPa$

이상기체 에너지 방정식, $PV = nRT$, 에서 몰수 n 을 구하는 식은 다음과 같이 얻어진다.

$$n = \frac{PV}{RT}$$

주어진 온도 (T), 압력 (P) 그리고 부피 (V) 에서, 적당한 기체상수 $R = 8.314 \frac{cm^3 \cdot MPa}{mol \cdot K}$ 을 사용하면,

n= P V / R T

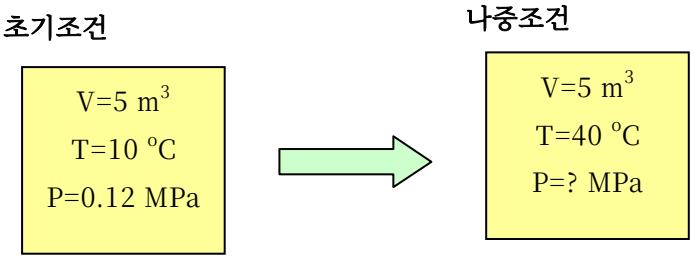
= 2MPa, 3000cm^3, mol·K / 8.314cm^{3}MPa, 673K

=1.07 mol

(b) n=0.505 mol

(c) n=1.20 mol

1.4.



용기안의 몰수를 구하기 위하여, 초기조건에서 이상기체방정식을 이용한다. 기체상수 $R = 8.314 \frac{cm^3 \cdot MPa}{mol \cdot K}$ 을 사용하면,

n= 0.12MPa, 5×10^6 cm3, mol·K / 8.314cm^{3}MPa, (273.15+10)K

=255 mol.

40 °C 로 가열된 용기의 부피와 용기내 몰수는 바뀌지 않고, 압력만 변하므로, 이상기체 방정식에서 압력은 $P = \frac{nRT}{V}$ 이다. 주어진 값을 대입하면,

$$P = \frac{n \quad R \quad T}{\qquad\qquad V}$$

$$= \frac{255\text{mol} \quad 8.314\text{cm}^3\text{MPa} \quad (40+273.15)\text{ K}}{\text{mol·K} \qquad\qquad 5\times10^6\text{ cm}^3}$$

=0.133 MPa.

1.6 질량밀도 계산

(a) 질소

몰수 (n) 는 질량 (w) 을 분자량 (M_w) 으로 나누어서 계산할 수 있다. 즉,

$$n = \frac{w}{M_w} \qquad \text{식(6-1)}$$

이식을 이상기체방정식에 대입하면,

$$PV = \frac{w}{M_w}RT \qquad \text{식(6-2)}$$

구하려고 하는 질량밀도 (=w/V) 는 질량을 부피로 나눈 값이기 때문에, 식(6-2) 를 질량밀도에 대하여 정리하면,

$$\frac{w}{V} = \frac{M_w P}{RT}$$

질소의 분자량은 $(M_w)_{N_2} = 28g/mol$ 이고, P=1bar, T=298K 그리고 기체상수 $R = 83.143\frac{cm^3 \cdot bar}{mol \cdot K}$ 을 사용하면,

$$\frac{w}{V} = \frac{M_w \quad P}{\qquad\quad R \quad T}$$

$$\frac{w}{V} = \frac{28\text{g} \quad 1\text{bar} \quad \text{mol K}}{\text{mol} \qquad\quad 83.143\text{cm}^3\text{bar} \quad 298\text{ K}}$$

따라서 질소에 대한 질량밀도 (w/V) = 1.13×10^{-3} g/cm^3 = 1.13 g/l 이다.

(b) 위에서 설명한 같은 방법으로 산소에 대한 질량밀도를 구하면, 산소의 분자량 $(M_w)_{O_2} = 32g/mol$ 이므로, 질량밀도는 w/V = 1.29×10^{-3} g/cm^3 = 1.29 g/l.

(c) 위에서 설명한 방법으로 공기에 대한 질량밀도를 구한다. 이때, 공기는 질소와 산소의 질량비 0.79:0.21 으로 구성되어 있으므로, 평균분자량은 다음과 같이 구한다.

$$(M_w)_{air} = 0.79\times28g/mol + 0.21\times32g/mol = 28.84g/mol$$

질량밀도는 w/V = 1.16×10^{-3} g/cm^3 = 1.16 g/l

(d) 이산화탄소

$$(M_w)_{CO_2} = 44g/mol$$

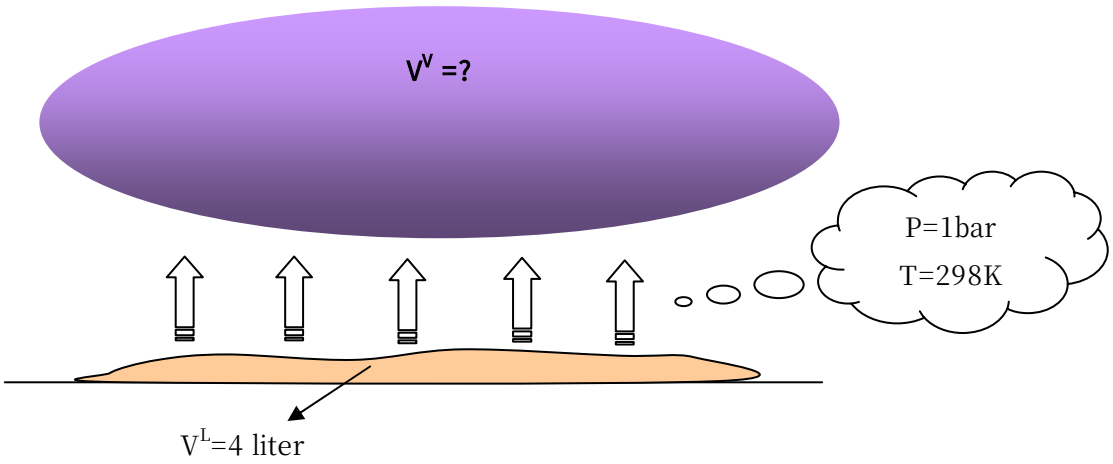
$$\rho = \frac{w}{V} = 1.78\times10^{-3} g/cm^3 = 1.78g/l$$

(d) 아르곤

$$(M_w)_{Ar} = 40g/mol$$

$$\rho = \frac{w}{V} = 1.61\times10^{-3} g/cm^3 = 1.61g/l$$

1.9



주어진 온도와 압력에서 이소옥탄의 액상밀도가 주어져 있으므로, 엎질러진 이소옥탄의 질량을 구할 수 있다. 즉,

$$w = \rho V$$

$$= \frac{0.692\ \text{g}}{\text{cm}^3} \Big| \frac{4000\ \text{cm}^3}{}$$

= 2768 g = 2.768 kg

이소옥탄의 분자량이 $(M_w)_{\text{이소옥탄}} = 114g/mol$ 이므로 엎질러진 이소옥탄의 몰수는

$$n = \frac{w}{M_w} = \frac{2768\ g}{} \Big| \frac{mol}{114\ g}$$

= 24.28mol

따라서, 24.28 mol 의 이소옥탄이 주어진 온도와 압력에서 기체상태로 존재할 때 차지하는 부피를 구하면 된다. 이상기체방정식을 이용하여,

$$V = \frac{nRT}{P}$$

계산하면, V=591 liter.

1.11 기구의 부양력을 구하시오.

기구의 부양질량은 공기와 기구내 사용한 기체의 밀도차에 의해서 생기므로,

$$w_{lifting} = (\rho_{air} - \rho_{gas}) \cdot V_{ballon}$$

공기는 25 ^oC, 1 atm 상태이고, 사용하는 기체는 100 ^oC, 1 atm 가스이므로, 각각의 기체밀도는 문제 1.6 에서 보여주었듯이,

$$\rho = \frac{w}{V} = \frac{M_w P}{RT}$$

공기의 밀도 $\rho_{air} = 1.185 g/l$ 이고, 뜨거운 이산화탄소의 밀도 $\rho_{gas} = 1.046 g/l$ 이다. 기구의 부피 V_{ballon}=1.5×10^6 liter 이므로, 부양질량은

$$w_{lifting} = (1.185 - 1.046) \cdot 1.5 \times 10^6 = 209000 g = 209 kg$$

지구의 중력가속도에 의한 부양력은

$$F_{lifting} = w_{lifting} \cdot g / g_c = 209 kg \cdot g$$

참고로, 이 기구의 부양력을 N 힘단위로 환산하면,

$$F_{lifting} = 209 kg \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} = 20.5 kN$$

1.18. 3kg 의 포화 액체상태의 물이 60 °C 에서 증발한다.

(a) **60 °C 에서** 액상의 물과 기상의 물이 공존하는 포화압은 부록의 수증기표로부터, P^{sat}=0.02 MPa 이다.

(b) 초기 액상의 부피는 포화액체상태로서 부록의 수증기표로부터, V^L=0.001017m^3/kg 이므로

$$V_{total}^{L} = V^{L} \cdot w = 0.001017 \frac{m^3}{kg} \times 3kg = 0.003051m^3 = 3.5l$$

(c) 2kg 의 물이 증발되었으면, 1kg 의 물은 액상으로 남아있으므로, 전체부피는

$$V_{total} = V_{total}^{L} + V_{total}^{V}$$
$$= \frac{0.001017m^3}{kg} \cdot 1kg + \frac{7.667m^3}{kg} \cdot 2kg = 15.34m^3$$

이때, 내부에너지의 변화량은 액상에서 기상으로의 증발에 따른 잠열에 해당한다. 부록의 수증기표에 의하면, $\Delta U^{vap} = 2204.74 \frac{kJ}{kg}$ 이고, 2kg 이 기상으로 바뀌었으므로,

$$\Delta U_{total}^{vap} = 2204.74 \frac{kJ}{kg} \cdot 2kg = 4409.5kJ$$

(d) 3kg 의 물이 모두 증발하였을때, 엔탈피의 변화량 (ΔH_{total}) 과 내부에너지 변화량 (ΔU_{total}) 은 부록의 수증기표로부터 구할수 있다. 부록에서, $\Delta H^{vap} = 2357.65kJ/kg$, $\Delta U^{vap} = 2204.74kJ/kg$ 이다.

$$\Delta H_{total} = \Delta H^{vap}.w = 2357.65 \frac{kJ}{kg} \cdot 3kg = 7073kJ$$
$$\Delta U_{total} = \Delta U^{vap}.w = 2204.74 \frac{kJ}{kg} \cdot 3kg = 6614kJ$$

(e)