

Chapter 19: The Kinetic Theory of Gases — 연습문제

문제 1 [계산]

부피 $V = 0.050 \text{ m}^3$ 인 용기에 산소 기체 ($M = 0.032 \text{ kg/mol}$)가 온도 $T = 300 \text{ K}$, 압력 $p = 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 로 들어 있다.

- (a) 용기 안의 산소 기체의 몰 수 n 을 구하시오.
 - (b) 산소 분자의 rms 속력 v_{rms} 를 구하시오.
 - (c) 산소 분자 1개의 평균 병진 운동에너지 K_{avg} 를 구하시오.
-

문제 2 [계산]

질소 기체 ($M = 0.028 \text{ kg/mol}$, $d = 3.0 \times 10^{-10} \text{ m}$)가 온도 $T = 400 \text{ K}$, 압력 $p = 1.0 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 에 있다.

- (a) 질소 분자의 평균 자유 경로 λ 를 구하시오.
 - (b) 질소 분자의 평균 속력 v_{avg} 를 구하시오.
 - (c) 질소 분자의 평균 충돌 빈도 $f = v_{\text{avg}}/\lambda$ 를 구하시오.
-

문제 3 [계산]

$n = 2.0 \text{ mol}$ 의 이원자 이상기체 ($\gamma = 7/5$)가 처음에 $T_i = 300 \text{ K}$, $V_i = 0.040 \text{ m}^3$ 에 있다. 이 기체가 단열적으로 $V_f = 0.080 \text{ m}^3$ 까지 팽창한다.

- (a) 팽창 후 최종 온도 T_f 를 구하시오.
 - (b) 기체의 내부 에너지 변화 ΔE_{int} 를 구하시오.
 - (c) 이 단열 팽창에서 기체가 한 일 W 를 구하시오.
-

문제 4 [유도]

이상기체 법칙 $pV = nRT$ 와 압력의 미시적 표현 $p = \frac{nMv_{\text{rms}}^2}{3V}$ 로부터 다음을 유도하시오.

- (a) $v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$
 - (b) 분자 1개의 평균 병진 운동에너지: $K_{\text{avg}} = \frac{3}{2}kT$
 - (c) 위 결과에서 K_{avg} 가 분자의 질량에 의존하지 않는 이유를 물리적으로 설명하시오.
-

문제 5 [유도]

이상기체의 단열 과정에서 다음을 유도하시오.

- (a) 열역학 제1법칙 $dE_{\text{int}} = -pdV$ 와 이상기체 관계식을 사용하여 $TV^{\gamma-1} = \text{const}$ 임을 보이시오.
- (b) $pV = nRT$ 를 이용하여 $pV^\gamma = \text{const}$ 를 유도하시오.

(c) 비열비 γ 가 $1 + 2/f$ 임을 보이시오 (여기서 f 는 자유도 수).

문제 6 [개념+계산]

Maxwell 속력 분포 함수는 $P(v) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT}\right)^{3/2} v^2 e^{-Mv^2/2RT}$ 이다.

- (a) $v_p < v_{avg} < v_{rms}$ 인 이유를 Maxwell 분포의 비대칭성(skewness)과 관련하여 정성적으로 설명하시오.
 - (b) 산소 기체 ($M = 0.032 \text{ kg/mol}$)의 $T = 300 \text{ K}$ 에서 최빈 속력 v_p , 평균 속력 v_{avg} , rms 속력 v_{rms} 를 각각 구하시오.
 - (c) 온도를 $T = 600 \text{ K}$ 으로 올리면 v_{rms} 는 몇 배가 되는가?
-

문제 7 [개념+계산]

$n = 3.0 \text{ mol}$ 의 단원자 이상기체 (He, $C_V = \frac{3}{2}R$)가 $T_i = 400 \text{ K}$ 에서 다음 두 과정을 거친다.

과정 A: 등적 과정 (constant volume)으로 $T_f = 600 \text{ K}$ 까지 가열 **과정 B:** 등압 과정 (constant pressure)으로 $T_f = 600 \text{ K}$ 까지 가열

- (a) 각 과정에서 내부 에너지 변화 ΔE_{int} 를 구하시오. 두 값이 같은 이유를 설명하시오.
- (b) 각 과정에서 기체에 전달된 열 Q 를 구하시오.
- (c) 각 과정에서 기체가 한 일 W 를 구하시오. 과정 B에서 Q 가 더 큰 이유를 물리적으로 설명하시오.