21 球形容器中の気体分子運動論

図のような半径 r〔m〕の球形の容器に，1モルの気体分子が入っていて，なめらかな内壁に弾性衝突をくり返している場合を考えよう。この衝突により壁の受ける力が，気体の圧力の原因である。

いま，質量 m〔kg〕，速さ v〔m/s〕の1個の分子が，壁上の点Qに入射角 θ で衝突するとき，容器の中心OからQの向きを正とすると，壁に垂直な方向の速度成分 $\boxed{\quad ① \quad}$〔m/s〕は衝突後 $\boxed{\quad ② \quad}$〔m/s〕に変化するので，分子は壁に対して $\boxed{\quad ③ \quad}$〔N·s〕の力積を与えることになる。分子は壁に衝突後，次に衝突するまでに $\boxed{\quad ④ \quad}$〔m〕の距離を動くから，t〔s〕間に壁に $\boxed{\quad ⑤ \quad}$〔回〕衝突することになり，壁はこの分子1個から t〔s〕間に $\boxed{\quad ⑥ \quad}$〔N·s〕の力積を受けることになる。すなわち，壁はこの分子から平均の力 $\boxed{\quad ⑦ \quad}$〔N〕を受けていることになり，どんな角度で壁面に衝突しても，与える力は同じであることがわかる。したがって，1モル中の N_0 個の分子の v^2 の平均を $\overline{v^2}$ とすると，分子全体から壁が受ける力 F〔N〕は $F=\boxed{\quad ⑧ \quad}$ となる。これより，気体の圧力 P〔N/m^2〕は，$P=\boxed{\quad ⑨ \quad}$ となり，体積を V とすると，$PV=\boxed{\quad ⑩ \quad}$ …(a) の関係式が得られる。一方，1モルの理想気体の状態方程式は，気体定数を R〔J/(mol·K)〕，絶対温度を T〔K〕とすると，$PV=\boxed{\quad ⑪ \quad}$ …(b) であるから，(a)と(b)の式より，気体分子1個の平均運動エネルギーは，$\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}=\boxed{\quad ⑫ \quad}$ となり，$\boxed{\quad ⑬ \quad}$ に比例することがわかる。$\dfrac{R}{N_0}$ は $\boxed{\quad ⑭ \quad}$ とよばれる定数で，k で表す。その値は $k=1.38\times10^{-23}$〔J/K〕である。

(1) 上の文中の空欄にあてはまる式または語句を記入せよ。

(2) この容器中の気体の内部エネルギーが，分子の運動エネルギーの和であるとして，単原子分子理想気体の定積モル比熱(定容モル比熱)を計算せよ。ただし，アボガドロ定数 N_0 を 6.02×10^{23}〔1/mol〕とする。

(3) 0℃，1気圧でヘリウム原子(単原子分子)の2乗平均速度 $\sqrt{\overline{v^2}}$ は1300〔m/s〕である。ヘリウムの原子量を4，酸素の分子量を32として，酸素分子の273〔℃〕，1気圧での2乗平均速度を求めよ。