

'03 信州大学

解説

(ア) ボルツマン定数

(イ) 6×10^{23}

(ウ) 往復の距離が $2L$ であるから $\frac{2L}{|v_x|}$

(エ) 運動量の変化は力積に等しいから $2m|v_x|$

(オ) 分子は時間 t の間に $\frac{|v_x|}{2L}t$ 回壁に衝突するから、壁の受ける力積 I は

$$2m|v_x| \times \frac{|v_x|}{2L}t = \frac{mv_x^2}{L}t$$

よって、この分子の圧力への寄与 P は

$$P = \frac{I}{L^2t} = \frac{mv_x^2}{L^3} = \frac{mv_x^2}{V}$$

(カ) $E = \frac{1}{2}m\overline{v^2}$

(キ) $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$, $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$

よって、 $\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$

(ク) (オ)(キ)の結果より

$$P = N_A \overline{P} = N_A \frac{\overline{mv_x^2}}{V} = N_A \frac{\overline{mv^2}}{3V}$$

(カ)より

$$P = \frac{2N_A}{3V} \cdot \frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{2N_A E}{3V}$$

(ケ) $P = \frac{RT}{V} = \frac{2N_A E}{3V}$ よって $N_A E = \frac{3}{2}RT$

(コ) $\frac{1}{2}RT$ または $\frac{1}{3}$

(サ) (ク)の結果より $P = \frac{2}{3} \cdot \frac{N_A E}{V} = \frac{2}{3}U$

'03 信州大学

(シ) 光子1個が壁に与える力積の大きさは

$$2|p_x| = 2p_0 \frac{|c_x|}{c}$$

気体分子と同様に考えて、光子が x 方向の壁に時間 t の間に衝突する回数は $\frac{|c_x|}{2L}t$

回なので壁の受ける力積の大きさ I' は

$$2|p_x| \times \frac{|c_x|}{2L}t = \frac{p_0 c_x^2}{cL}t$$

よって、この光子の圧力への寄与 p' は

$$p' = \frac{I'}{L^2 t} = \frac{p_0 c_x^2}{cL^3} = \frac{p_0 c_x^2}{cV}$$

(ス) $c^2 = \overline{c_x^2} + \overline{c_y^2} + \overline{c_z^2}$, $\overline{c_x^2} = \overline{c_y^2} = \overline{c_z^2}$ より

$$\overline{c_x^2} = \frac{1}{3}c^2$$

よって $P = N\overline{p'} = N \times \frac{\overline{p_0 c_x^2}}{cV} = \frac{1}{3} \frac{Np_0 c}{V}$

$p = \frac{1}{3} \frac{NE_0}{V}$ と比較すると $E_0 = p_0 c$

(セ) $E_0 = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = p_0 c$

よって $p_0 \propto \frac{1}{\lambda}$ 答えは、波長

(ソ) プランク定数

講評

光の二重性の問題。光の圧力の問題であるが、光子の場合も気体分子と同様の取り扱いをする。気体の分子運動論がきちんと理解できていれば、比較的容易に解けるだろう。基本的な関係をしっかりと理解しておきたい。