’03　上智大学

解説

(ア)　図1のように，球の中心を点Oとし，ある気体分子と壁との衝突点を点Pとする。気体分子は，弾性衝突をしてはね返る。O→Pの向きを正にとれば，衝突前の分子の速度の法線成分は $v\cos\theta$，衝突後の速度の法線成分は $-v\cos\theta$ となる。このとき，分子が壁から受ける力積は $F\Delta t = mv' - mv$ より

$$-mv\cos\theta - mv\cos\theta = -2mv\cos\theta$$

したがって，分子が壁に与える力積は，作用・反作用の法則より，$2mv\cos\theta$ となる。

答えは，$2\cos\theta \times mv$ より，⑦

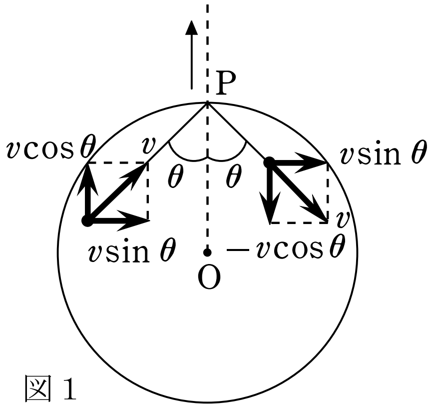

図1

(イ)　図2のように，次の衝突点を点Qとする。

$\angle OPQ = \angle OQP = \theta$ より，$PQ = 2r\cos\theta$

答えは，$2r\cos\theta = 2\cos\theta \times r$ より，⑦

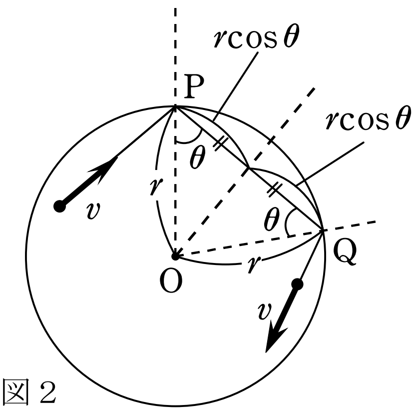

図2

(ウ)　この分子が1秒間に進む距離は $v \times 1 = v$ である。距離 $2r\cos\theta$ だけ進む毎に壁との衝突を繰り返すので，1秒間あたりの衝突回数は $\dfrac{v \times 1}{2r\cos\theta}$ である。したがって，1秒間あたりにこの分子が壁に与える力積は

$$2mv\cos\theta \times \frac{v}{2r\cos\theta} = \frac{mv^2}{r}$$

となる。　答えは，①

(エ)　1個の分子が1秒間あたりに壁に与える力積の平均は，$\dfrac{m<v^2>}{r}$ である。分子の数が N_A であれば，すべての分子が1秒間あたりに壁に与える力積は $N_A \times \dfrac{m<v^2>}{r}$ となる。「力積」は「力×時間」で定義される量なので，「1秒間あたりの力積」とは「力」のことである。したがって，分子全体が壁に及ぼす力は $\dfrac{N_A m<v^2>}{r}$

答えは $\dfrac{N_A m<v^2>}{r} = 1 \times \dfrac{N_A m<v^2>}{r}$ より，①

’03　上智大学

（オ）　圧力は，単位面積あたりにはたらく力の大きさで，$P=\dfrac{F}{S}$ である。球形の容器内壁の表面積は，$S=4\pi r^2$ である。したがって，

$$P=\frac{\dfrac{N_{\mathrm{A}}m<v^2>}{r}}{4\pi r^2}=\frac{N_{\mathrm{A}}m<v^2>}{4\pi r^3}$$

答えは，$\dfrac{N_{\mathrm{A}}m<v^2>}{4\pi r^3}=\dfrac{1}{4\pi}\times\dfrac{N_{\mathrm{A}}m<v^2>}{r^3}$ より，⑱

（カ）　球の体積は，$V=\dfrac{4}{3}\pi r^3$ なので，

$$PV=\frac{N_{\mathrm{A}}m<v^2>}{4\pi r^3}\times\frac{4}{3}\pi r^3=\frac{1}{3}N_{\mathrm{A}}m<v^2>$$

答えは，$\dfrac{1}{3}N_{\mathrm{A}}m<v^2>=\dfrac{1}{3}\times N_{\mathrm{A}}m<v^2>$ より，⑦

（キ）　$PV=\dfrac{1}{3}N_{\mathrm{A}}m<v^2>=kN_{\mathrm{A}}T$ から，

$$\frac{1}{2}m<v^2>=\frac{3}{2}kT$$

答えは，$\dfrac{3}{2}kT=\dfrac{3}{2}\times kT$ より，⑥

講評

気体分子運動論の基礎的な問題．分子運動論に関しての知識は，この問題を答えられるだけは持ってなければならない．立方体の問題だと，教科書レベル．球の問題で出されるのが入試の主流だが，解き方は立方体と変わらない．必ずできるようにしておこう．