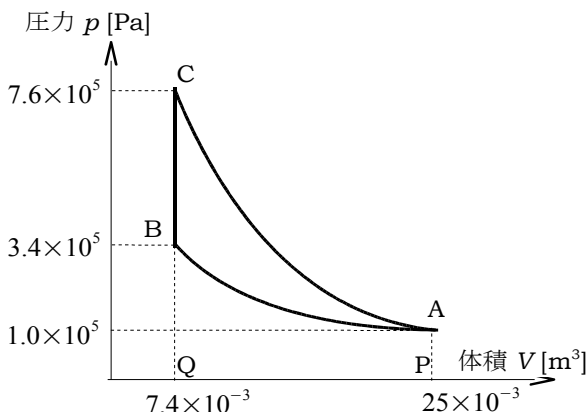


# 入試問題研究 第111回 2004年度 東京都立大学 ③ 気体の変化(改)

右図は1モルの単原子分子からなる気体の状態変化を表したものである。状態は最初Aであつて、図中の実線にそつてAからB、BからC、CからAの3つの段階を経て変化し、最後はもとの状態Aにもどる。各段階における変化は等温変化、断熱変化、定積変化のどれかである。この状態変化について以下の問いに答えなさい。ただし、気体は理想気体であるとし、気体定数を



$R=8.31 \text{ [J/(mol}\cdot\text{K)]}$  とする。また、必要ならば、1モルの単原子分子からなる理想気体につ

いて、内部エネルギー  $U \text{ [J]}$  と温度  $T \text{ [K]}$  の間に  $U=\frac{3}{2}RT$  の関係が成立することを用いてもよい。数値で答える場合は有効数字1桁で答えなさい。

問1 AからB、BからC、CからAの変化が、それぞれ等温変化、断熱変化、定積変化のうちどれであるかを答えなさい。

問2 Aにおける温度は何Kか答えなさい。

問3 Aにおける気体分子の平均的な速さを求めなさい。なお、気体の分子量を40とする。

問4 AからBの変化において、気体の内部エネルギーの変化を求めなさい。

問5 BからCの変化において、気体は外部から受け取る熱量を求めなさい。

問6 曲線ACの下側部分(曲線ACと線分AP、CQ、PQで囲まれる領域)の面積で表される量は何を表すか、説明しなさい。

問7 前問の量の大きさを単位をつけて答えなさい。

## 入試問題研究 第111回 2004年度 東京都立大学 ③ 気体の変化(改) 解答・解説

※ 数値で答える場合は有効数字1桁で答えなさいとあることに注意する。

問1 AからBが「等温変化」、BからCが「定積変化」、CからAが「断熱変化」である。

【解法】状態方程式に圧力、体積を代入して、状態A、B、Cの温度を求めればよい。

これで、AからBが「等温変化」であることがわかる。BからCは体積が変化していないので「定積変化」であるのは簡単だ。よって、CからAが「断熱変化」ということになる。

問2 状態方程式  $PV=nRT$  に状態Aの値を代入して  $(1.0 \times 10^5) \times (25 \times 10^{-3}) = 8.31 \times T_A$ 。

これを解いて  $T_A = 300.84 \dots$  より、状態Aの温度は 300 [K] である。 ※ 有効数字1桁で表示する！

問3 気体の内部エネルギーは気体分子の運動エネルギーの和である。分子の質量を  $m$ 、ア

ボガドロ数を  $N_A$  とすると、 $U = \frac{1}{2} m v^2 \times N_A$  である。また、分子の質量は  $m = \frac{40 \times 10^{-3}}{N_A}$

になる。以上より、 $U = \frac{1}{2} \times \left( \frac{40 \times 10^{-3}}{N_A} \right) v^2 \times N_A = 20 \times 10^{-3} \cdot v^2 \dots \textcircled{1}$  になる。また、内部エネ

ルギーの公式  $U = \frac{3}{2} RT$  より、 $U = \frac{3}{2} \times 8.31 \times 300 = 3740 \dots \textcircled{2}$  である。①、②より

$$v = \sqrt{\frac{3740}{20 \times 10^{-3}}} = \sqrt{18.7 \times 10^4} = 432 \dots \text{である。よって、状態Aにおける気体分子の平均的な}$$

速さは 400 [m/s] である。 ※ 有効数字1桁で表示する！

問4 AからBの変化は等温変化だから温度の変化がない。よって、状態A、Bの内部エネルギーは同じだ。したがって、気体の内部エネルギーの変化はゼロである。

問5 状態方程式に代入して、状態Cの温度を求める。  $(7.6 \times 10^5) \times (7.4 \times 10^{-3}) = 8.31 \times T_C$  だから、 $T_C = 677$  である。BからCの温度変化は  $T_C - T_B = 677 - 301 = 376$  [K] である。

BからCは定積変化だから仕事のやり取りはない。熱力学第一法則より  $Q = \Delta U$  だから

$$Q = \frac{3}{2} \times 8.31 \times 376 = 4686 \text{ より外部から受け取る熱量は } 5 \times 10^3 \text{ [J]。} \quad \text{※ 有効数字1桁で表示する！}$$

問6 曲線ACの下側部分(曲線ACと線分AP、CQ、PQで囲まれる領域)の面積は「CからAの変化で外部にした仕事」になる。

問7 CからAの変化は断熱変化だから、外部からの熱のやり取りはない。熱力学第一法則より、 $0 = \Delta U + W$  が成立するから外部にした仕事は内部エネルギー減少量に等しい。よって、

$$W = \frac{3}{2} \times 8.31 \times (677 - 301) = 4686 \text{ より、外部にした仕事は } 5 \times 10^3 \text{ [J]。} \quad \text{※ 有効数字1桁で表示！}$$