

入試問題研究 第138回 関西大学 ③-2 気体の変化(一部改作)

次の文章の空欄に適切な数字、語句を入れなさい。 ※ 本物は選択肢が付いている

下の表には3箇所の欠落部分があるが、表には6種類の気体の15°Cにおける分子1個の平均の速さ(2乗平均速度という) $\sqrt{v^2}$ [m/s] の2乗の値と、2種類のモル比熱を単位 [J/(mol・K)] で、分子量の小さい順に並べたものである。

| 分子 | 分子量 | 平均の速さの2乗 | [Y]モル比熱 | [Z]モル比熱 |
|------|-----|-------------------|---------|---------|
| 水素 | 2 | 3.6×10^6 | 28.7 | 20.3 |
| ヘリウム | 4 | 1.7×10^6 | 20.8 | 12.5 |
| ネオン | 20 | 3.6×10^5 | 20.8 | 12.4 |
| 窒素 | 28 | 2.6×10^5 | 29.0 | 20.6 |
| 酸素 | 32 | 2.2×10^5 | 29.4 | 21.2 |
| アルゴン | 40 | [X] | 20.8 | 12.5 |

これら6種類の気体を理想気体とみなすと、表から次のことが読み取れる。

- (A) ヘリウムとネオンに関するデータから類推して、欠落部 [X] には数値 $\boxed{\text{①}}$ $\times 10^5$ が入るものと考えられる。
- (B) 44°C での酸素分子の平均の速さの2乗は $\boxed{\text{②}}$ $\times 10^5$ が入るものと予想される。
- (C) 水素分子の平均の速さの2乗からは、ボルツマン定数の値は $\boxed{\text{③}}$ $\times 10^{-23}$ J/K となる。
- (D) 欠落部分 [Y] には $\boxed{\text{④}}$ が、欠落部分 [Z] には $\boxed{\text{⑤}}$ が入る。
- (E) 6種類の気体は2つに分類されるが、この分類は分子に $\boxed{\text{⑥}}$ のエネルギーなどがあるか、ないかによるものと見られる。
- (F) 2つに分類された気体の両方に共通しているのは、2種類のモル比熱の値から分かるように、 $\boxed{\text{⑦}}$ がほぼ同じ値をとることである。このことは $\boxed{\text{⑧}}$ が一定のもとでの理想気体の $\boxed{\text{⑨}}$ の変化は気体の種類には関係しないことを示していると見てよい。
- (G) 窒素ガスを滑らかに動くピストンのついたシリンダー内に閉じ込めたところ、内部の圧力は 1.0×10^5 Pa であった。
 圧力をそのままの値に保つよう加熱した結果、体積は 0.80×10^{-3} m³ だけ増加した。この場合、窒素に関するデータから、気体に与えた熱量は $\boxed{\text{⑩}}$ $\times 10^2$ J であることが分かる。

入試問題研究 第138回 関西大学 ③-2 気体の変化(一部改作) 解答・解説

※ 気体の分子運動論を良く理解しておれば、この問題が何を言いたいかが見えてくる。

気体の分子運動論を理解していない人は、文章の指示にしたがって類推するしかない。

※ ヘリウム、ネオン、アルゴンのグループと、水素、窒素、酸素のグループの2つのグループに分類できることに気付くこと。これは、「単原子分子」か「2原子分子」のグループ分けである。

2原子分子のときは、回転運動のエネルギーが追加されるのでモル比熱はその分だけ大きくなる。

→ 分子当たり、並進運動のエネルギーが $\frac{3}{2}kT$ 、回転運動のエネルギーが kT が必要!

(A) 「平均の速さの2乗が分子量

の反比例している」と、表の

数値から、読み取れるか?

分子量が M のとき、分子運

動論からは

$$\frac{1}{2} \frac{M}{1000 N_A} v^2 = \frac{3}{2} k T$$

(k はボルツマン定数)!

[X] には 1.7(ヘリウムから)~1.8(ネオンから)・・・① が入るものと考えられる。

| 分子 | 分子量 | 平均の速さの2乗 | [Y]モル比熱 | [Z]モル比熱 |
|------|-----|-------------------|---------|---------|
| 水素 | 2 | 3.6×10^6 | 28.7 | 20.3 |
| ヘリウム | 4 | 1.7×10^6 | 20.8 | 12.5 |
| ネオン | 20 | 3.6×10^5 | 20.8 | 12.4 |
| 窒素 | 28 | 2.6×10^5 | 29.0 | 20.6 |
| 酸素 | 32 | 2.2×10^5 | 29.4 | 21.2 |
| アルゴン | 40 | [X] | 20.8 | 12.5 |

(B) 2原子分子のグループでは、 $\frac{1}{2} \frac{M}{1000 N_A} v^2 = \frac{3}{2} k T$ だから、分子の平均の速さの2乗は

絶対温度に比例するので 2.42×10^5 になる。よって、2.4・・・② が入る。

(C) $\frac{1}{2} \frac{M}{1000 N_A} v^2 = \frac{3}{2} k T$ に代入すると、 $\frac{1}{2} \times \frac{2.0}{1000 \times 6.0 \times 10^{23}} \times 3.6 \times 10^6 = \frac{3}{2} \times k \times 288$ より、

ボルツマン定数の値は 8.3×10^{-23} J/K だから、1.4・・・③ となる。

(D) 小さい方が定積モル比熱であるから、欠落部分 [Y] には「定圧」・・・④が、欠落部分 [Z] には「定積」・・・⑤が入る。

(E) 2つに分類される基準は、分子に「回転運動」・・・⑥のエネルギーなどがあるか、ないかによる。回転エネルギーについて、単原子分子は考慮する必要はないが、2原子分子は回転エネルギーを考慮する必要がある。

(F) 2つに分類された気体に共通しているのは、「定圧モル比熱と定積モル比熱の差」・・・⑦がほぼ同じ値(8.3 J前後)をとることである。このことは「圧力」・・・⑧が一定のもとでの理想気体の「体積」・・・⑨の変化は気体の種類には関係しないことを示している。これは、シャルルの法則が成り立つということと同義である。

(G) 窒素ガスの圧力は 1.0×10^5 Pa をそのままの値に保つよう加熱した結果、体積は 0.80×10^{-3} m³ だけ増加した。公式 $W = p \Delta V$ より、気体がした仕事は 80 J である。同じ温度変化の場合、「定圧変化のときと定積変化のときの熱量の差」が気体がした仕事に相当する。よって $80 = (29.0 - 20.6) \Delta T$ だから、温度変化は $\Delta T = 9.52$ である。定圧変化より $Q = n c_v \Delta T$ だから熱量は 276 J 必要になる。よって、2.8・・・⑩ である。