

状態変化とエネルギー

まとめ

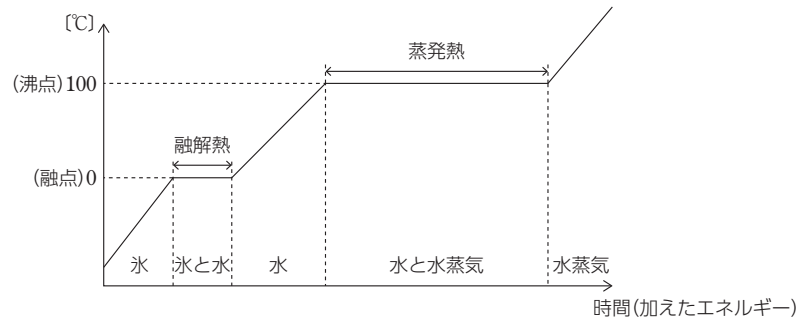
1 物質の三態と状態変化

融解熱(凝固熱)……物質 1 mol が融解(凝固)するときに吸収する(放出する)熱量。

例 水(氷)の融解熱 6.01 kJ/mol

蒸発熱(凝縮熱)……物質 1 mol が蒸発(凝縮)するときに吸収する(放出する)熱量。

例 水の蒸発熱(100℃) 40.7 kJ/mol



熱運動……物質を構成する個々の粒子が、その温度に応じた運動エネルギーで絶えず行っている不規則な運動。温度が高くなると熱運動はより激しくなる。

拡散……物質が熱運動により、自然にゆっくりと空間に広がっていく現象。

2 セルシウス温度と絶対温度

絶対零度(-273℃)……粒子の熱運動が停止する温度。

絶対温度 T……絶対零度を原点とする温度。単位ケルビン[K]。

基礎チェック

- ・ 固体を加熱すると、ある温度で融けて液体になる。この現象を(①)といい、(①)が起こる温度を(②)という。(②)で、固体 1 mol が(①)するときに吸収される熱量を(③)という。
- ・ 液体を冷却すると、ある温度で固体になる。この現象を(④)といい、(④)が起こる温度を(⑤)という。物質 1 mol が(④)するとき、融解熱と等しい(⑥)が放出される。
- ・ 液体から気体になる現象を(⑦)という。また、液体が沸騰する温度を(⑧)という。一方、気体から液体になる現象を(⑨)という。液体 1 mol が蒸発するときに吸収される熱量を(⑩)という。
- ・ 複数の気体を容器内に入れると、これらの気体は容器全体に均一に(⑪)する。(⑪)は、個々の粒子がいろいろな速さでいろいろな向きに運動する(⑫)によって起こる。
- ・ 私たちが日常使っている温度は(⑬)といい、単位には度(記号℃)を用いる。これは 1 気圧のもとで、水の凝固点(0℃)と沸点(100℃)の間を 100 等分して、1℃の温度差を定めた温度である。
- ・ 温度には、上限はないが下限があり、-273℃より低い温度は存在しない。この下限の温度を(⑭)という。この(⑭)を原点にし、セルシウス温度と同じ目盛り間隔で表した温度を(⑮)といい、単位には(⑯) (記号 K)を用いる。
- ・ 絶対温度 T [K] とセルシウス温度 t [℃] の関係は次の通り。

$$T = t + (⑰)$$

- 答
- ① _____
 - ② _____
 - ③ _____
 - ④ _____
 - ⑤ _____
 - ⑥ _____
 - ⑦ _____
 - ⑧ _____
 - ⑨ _____
 - ⑩ _____
 - ⑪ _____
 - ⑫ _____
 - ⑬ _____
 - ⑭ _____
 - ⑮ _____
 - ⑯ _____
 - ⑰ _____

- 答
- ① 融解 ② 融点 ③ 融解熱 ④ 凝固 ⑤ 凝固点 ⑥ 凝固熱 ⑦ 蒸発 ⑧ 沸点 ⑨ 凝縮 ⑩ 蒸発熱 ⑪ 拡散 ⑫ 熱運動
 - ⑬ セルシウス温度 (セ氏温度) ⑭ 絶対零度 ⑮ 絶対温度 ⑯ ケルビン ⑰ 273

練習問題

1 物質の三態

次の文の()に適切な語句を答えよ。

物質は、気体・液体・固体のいずれかの状態で存在する。これを(①)といい、温度や

(②)を変化させると物質の状態は変化する。

分子性物質の固体では、分子間に(③)がはたらいっており、各分子は定位置を中心に

(④)などの熱運動を行っているが、分子間の平均距離は一定である。

固体を加熱すると温度が上昇し、(⑤)に達すると、分子は互いに位置を変えることが可能となる。

この現象を(⑥)という。

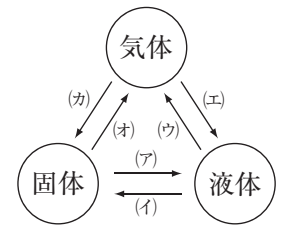
2 状態変化

物質の状態変化について、次の各問いに答えよ。

(1) 右図の(ア)~(カ)の各状態変化の名称を答えよ。

(2) 次の現象は、右図の(ア)~(カ)のどの変化によるものか。記号で答えよ。

- (a) 真冬に屋外の水道管が破裂することがある。
- (b) 暖かい日に洗濯物が良く乾いた。
- (c) タンスの中に入れておいた防虫剤が自然になくなった。
- (d) 硫黄の粉末を加熱すると液体になった。
- (e) 冷水を入れたコップの表面に水滴が付いた。



- 答
- (1) (ア) _____ (イ) _____ (ウ) _____ (エ) _____ (オ) _____ (カ) _____
- (2) (a) _____ (b) _____ (c) _____ (d) _____ (e) _____

3 物質の三態の特徴

次の(1)~(4)は、固体、液体、気体のどの状態のものか。状態名で答えよ。

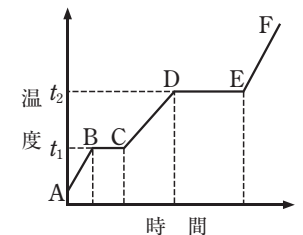
- (1) 物質の熱運動が最も活発である状態
- (2) 分子間力が最も強くはたらいしている状態
- (3) 分子の熱運動は穏やかで、分子は定位置を中心に振動している状態
- (4) 分子間力がほとんどはたらいしていない状態

- 答
- (1) _____ (2) _____ (3) _____ (4) _____

4 状態変化と熱量

右図はある固体の純物質を一定の割合で加熱したときの温度変化を示す。次の各問いに答えよ。

- (1) 温度 t_1 、 t_2 を何というか答えよ。
- (2) CD 間、EF 間での物質の状態を答えよ。
- (3) BC 間、DE 間では加熱しているにもかかわらず温度が上昇しない理由を説明せよ。
- (4) DE 間では BC 間より多くの熱エネルギーが必要である理由を説明せよ。



- 答
- (1) t_1 _____ t_2 _____ (2) CD間 _____ EF間 _____
- (3) _____
- (4) _____

解説動画

例題 1 気体の法則

次の各問いに整数値で答えよ。

- 圧力 1.0×10^5 Pa で 6.0 L の気体を、温度一定で圧力を 2.0×10^4 Pa にすると、体積は何 L になるか求めよ。
- 27 °C で体積 20 L の気体を、圧力一定のもとで温度を 57 °C にすると、体積は何 L になるか求めよ。
- 27 °C、 3.0×10^5 Pa で 5.0 L の気体を、 2.0×10^5 Pa で 10.0 L にするには温度を何 °C にすればよいか求めよ。

解説

(1) 温度一定なので、ボイルの法則 $P_1V_1 = P_2V_2$ を用いる。求める体積を x [L] とすると、
 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 6.0 \text{ L} = 2.0 \times 10^4 \text{ Pa} \times x$
 $x = 30 \text{ L}$

(2) 圧力一定なので、シャルルの法則 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ を用いる。求める体積を x [L] とすると、
 $\frac{20 \text{ L}}{(27 + 273) \text{ K}} = \frac{x}{(57 + 273) \text{ K}}$
 $x = 22 \text{ L}$

(3) ボイル・シャルルの法則 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ を用いる。求める温度を T [K] とすると、
 $\frac{3.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 5.0 \text{ L}}{(27 + 273) \text{ K}} = \frac{2.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 10.0 \text{ L}}{T}$
 $T = 400 \text{ K}$
 セルシウス温度 $t + 273 =$ 絶対温度 T より、
 $t = (400 - 273) \text{ °C} = 127 \text{ °C}$

答 (1) 30 L (2) 22 L (3) 127 °C

解説動画

例題 2 気体の状態方程式

次の各問いに有効数字 2 桁で答えよ。ただし、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

- 容積 4.15 L のフラスコ内に、27 °C、 1.0×10^5 Pa の二酸化炭素を満たした。フラスコ内の二酸化炭素の物質量は何 mol か求めよ。
- 27 °C、 1.0×10^5 Pa における空気の密度は、1.16 g/L である。空気の平均分子量を求めよ。

解説

(1) 気体の状態方程式 $PV = nRT$ を用いる。二酸化炭素の物質量を n [mol] とする。
 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 4.15 \text{ L} = n \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}$
 $n = 0.166 \approx 0.17 \text{ mol}$

(2) 気体の状態方程式 $PV = \frac{w}{M}RT$ を用いる。空気 1.0 L の質量が 1.16 g である。空気のモル質量を M [g/mol] とすると、
 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times 1.0 \text{ L} = \frac{1.16 \text{ g}}{M} \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}$
 $M = 28.8 \text{ g/mol}$ よって、分子量は 29。

答 (1) 0.17 mol (2) 29

17 ボイルの法則

次の各問いに有効数字 2 桁で答えよ。

- 圧力 4.5×10^4 Pa で 2.0 L の気体を、温度一定で圧力を 3.0×10^4 Pa にすると、体積は何 L になるか求めよ。
- 圧力 1.0×10^5 Pa で 450 mL の気体を、温度一定で 600 mL にするためには、圧力を何 Pa にすればよいか求めよ。

答 (1) _____ (2) _____

18 シャルルの法則

次の各問いに有効数字 2 桁で答えよ。

- 27 °C で体積 150 mL の気体を、圧力一定のもとで 175 mL にするためには、温度を何 °C にすればよいか求めよ。
- 27 °C、 1.0×10^5 Pa で 10 L の気体は、0 °C、 1.0×10^5 Pa で何 L を占めるか求めよ。

答 (1) _____ (2) _____

19 ボイル・シャルルの法則

次の各問いに有効数字 2 桁で答えよ。

- 27 °C、 3.0×10^5 Pa で 10.0 L の気体を、 1.8×10^5 Pa で 20.0 L にするには温度を何 °C にすればよいか。
- 27 °C、 1.5×10^5 Pa で 1.0 L の気体は、227 °C、 2.0×10^5 Pa で何 L を占めるか。
- 87 °C、 1.2×10^5 Pa で 180 mL の気体を容積 100 mL の容器につめると、27 °C での圧力は何 Pa になるか。

答 (1) _____ (2) _____ (3) _____

1 状態変化

物質の状態変化について述べた①～⑤のうち、正しいものを1つ選び番号で答えよ。

- ① 氷が融解するとき、熱が放出される。
- ② 水が入った密閉容器中で、その空間が水蒸気で飽和されているとき、水と水蒸気の間で水分子の移動はまったく起こっていない。
- ③ 食塩水のような水溶液が凝固している間は、温度は一定である。
- ④ 容積一定の容器に水蒸気が飽和している気体を密封して、温度を下げていくと、水蒸気の凝縮が起こる。
- ⑤ 室温、 1.0×10^5 Pa で容積一定の容器に水を入れ、密閉してから加熱すると、容器内の水は 100°C で沸騰する。

答 _____

2 化学結合と沸点

次の(1)～(3)の2つの物質のうち、沸点の高い方を選び分子式で答えよ。また、その理由として最も適するものを(a)～(d)の中から1つ選び記号で答えよ。

(原子量：H=1.0, F=19, Cl=35.5)

- (1) F_2 , Cl_2 (2) HCl , HF (3) F_2 , HCl

[理由]

- (a) イオン結合がはたらくから。
- (b) 分子量が大きいので、ファンデルワールス力が大きいから。
- (c) 極性分子であり、ファンデルワールス力が大きいから。
- (d) 水素結合がはたらくから。

答 (1) _____ 理由 _____ (2) _____ 理由 _____ (3) _____ 理由 _____

3 固体の溶解度

水に対する塩化カリウムの溶解度は、 10°C で 31、 60°C で 46 である。 60°C での塩化カリウムの飽和水溶液 200 g を 10°C に冷却すると、析出する塩化カリウムは何 g か。整数値で答えよ。

答 _____

4 気体の分子量測定

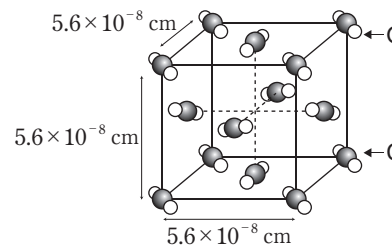
図のように、ある気体をガスボンベからとり出して水上置換で捕集した。 27°C 、大気圧 1.03×10^5 Pa のもとで、メスシリンダーに 600 mL の気体を捕集したところ、ガスボンベの質量が 0.70 g 減少していた。この気体の分子量を整数値で求めよ。ただし、 27°C の水の飽和蒸気圧は 3.0×10^3 Pa、気体定数は 8.3×10^3 Pa·L/(K·mol) とする。



答 _____

5 分子結晶

ドライアイスの結晶では、 CO_2 分子は面心立方格子と同じ位置に配置されている。分子量を $\text{CO}_2=44$ 、アボガドロ定数を 6.0×10^{23} /mol とし、次の各問いに答えよ。



- (1) 単位格子中に含まれる二酸化炭素分子の数はいくつか。
- (2) CO_2 の結晶の密度は何 g/cm^3 か。有効数字 2 桁で求めよ。ただし $5.6^3=176$ とする。

答 (1) _____ (2) _____

1 状態変化とエネルギー

p.4~5

練習問題

- 1 ①物質の三態 ②圧力 ③分子間力
④振動 ⑤融点 ⑥融解

解説

物質の状態は温度と圧力で決まる。固体では分子間に分子間力がはたらくため分子間距離が一定に保たれており、各分子は振動している。

- 2 (1)ア融解 (イ)凝固 (ウ)蒸発 (エ)凝縮
(オ)昇華 (カ)凝華
(2)ア(イ) (b)ウ (c)オ (d)ア (e)エ

解説

- (1)状態変化の名称は暗記しておくこと。
(2)ア)真冬に水が凝固すると氷となり、体積が増加するため水道管が破裂することがある。
(b)洗濯物に含まれる水が蒸発することで、洗濯物が乾く。
(c)固体の防虫剤が昇華し気体に変化するため、自然となくなる。
(d)固体の硫黄を加熱すると融解し、液体に変化する。
(e)空気中の水蒸気が冷やされて凝縮するため、冷水を入れたコップの表面に水滴が付着する。

- 3 (1)気体 (2)固体 (3)固体 (4)気体

解説

- (1)4)気体は熱運動が最も活発であり、分子間力はほとんどはたらいしていない。また、ほかの状態に比べ体積がとて大きく、密度が著しく小さい。
(2)3)固体は熱運動が最も穏やかであり、分子は振動している。また、分子間力が最も強くはたらいしている。

- 4 (1) t_1 融点 t_2 沸点
(2)CD間 液体 EF間 気体
(3)加えられた熱量がすべて状態変化に使われるため。
(4)融解では分子間力の一部を切断すればよいが、蒸発では分子間力のすべてを切断する必要があるため。

解説

- (1)2)物質は以下のような状態で存在する。
AB間 すべて固体
BC間 固体が徐々に液体に状態変化
⇒ t_1 融点
CD間 すべて液体
DE間 液体が徐々に気体に状態変化
⇒ t_2 沸点
EF間 すべて気体
(3)状態変化では分子間にはたらいしている分子間力を切断する必要がある、BC間、DE間では加えた熱量(熱エネルギー)がそれに使われるため、物質の温度が上がらない。
(4)固体が液体に変化するために切断する分子間力は、液体が気体に変化するときのそれに比べ少ない。

2 状態変化と分子間力

p.6~7

練習問題

- 5 ①大き ②負 ③正 ④極性 ⑤無極性
⑥ファンデルワールス力

解説

HClは電気陰性度の大きい塩素原子Clが負に、電気陰性度の小さい水素原子Hが正に帯電した極性分子である。N₂は電気陰性度の同じ原子が結合した無極性分子である。極性分子、無極性分子いずれの分子間にもファンデルワールス力がはたらく。

- 6 ①電気陰性度 ②極性 ③正 ④負 ⑤N
⑥水素結合

解説

HFはFとHの電気陰性度の差が大きい極性分子であり、負に帯電したフッ素原子Fと、となりの分子の正に帯電した水素原子Hとの間に静電的引力がはたらく。これを水素結合という。水素結合は、主にF、O、Nの水素化合物で生じる。

- 7 ①分子量 ②ファンデルワールス力
③無極性 ④極性 ⑤水素結合

解説

無極性分子では、分子量が大きいほどファンデルワールス力が強くはたらくため沸点が高い。また、

極性分子は分子間に静電的引力が加わりファンデルワールス力がより強くはたらくため、同程度の分子量の無極性分子よりも沸点が高い。さらに、水は分子間に水素結合が生じるため、沸点が著しく高い。

- 8 ①(c) ②(a)

解説

- ①NaFとKFを比較するとNaFの方が融点が高いことから、陽イオンの半径が小さくなると融点が高く、静電的な引力が大きくなるとわかる。
②NaFとNaClを比較するとNaClの方が融点が高いことから、陰イオンの半径が大きくなると融点が高く、静電的な引力が大きくなるとわかる。

3 気体・液体間の状態変化

p.8~11

練習問題

- 9 ①熱運動 ②高 ③高 ④パスカル
⑤大気圧 ⑥気圧

解説

気体の圧力は熱運動している気体分子が壁に衝突する力によって生まれるため、気体の分子数が多いほど、また、熱運動している気体分子の速さが大きいほど圧力は高くなる。

- 10 (1) 2.5×10^5 Pa (2) 5.7×10^2 mmHg
(3) 2.5×10^4 Pa (4)1.3 atm

解説

- 比例計算をすればよい。求める圧力をすべて x とする。
(1) $2.5 \text{ atm} : x[\text{Pa}] = 1 \text{ atm} : 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $x = 2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$
(2) $7.5 \times 10^4 \text{ Pa} : x[\text{mmHg}]$
 $= 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} : 760 \text{ mmHg}$
 $x = 5.7 \times 10^2 \text{ mmHg}$
(3) $1.9 \times 10^2 \text{ mmHg} : x[\text{Pa}]$
 $= 760 \text{ mmHg} : 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
 $x = 2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$
(4) $9.5 \times 10^2 \text{ mmHg} : x[\text{atm}] = 760 \text{ mmHg} : 1 \text{ atm}$
 $x = 1.25 \text{ atm} \approx 1.3 \text{ atm}$

- 11 ①気液平衡 ②飽和蒸気圧(蒸気圧) ③高
解説

気液平衡状態における蒸気の圧力が飽和蒸気圧であり、その値は高温ほど高い。

- 12 (1)蒸気圧曲線 (2)約78℃ (3)約94℃
(4) 2.0×10^4 Pa (5)水
(6)ジエチルエーテル

解説

- (2)大気圧と蒸気圧が等しくなると沸騰が起こるため、その温度が沸点である。エタノールの蒸気圧が 1.0×10^5 Paになる温度は、グラフより約78℃。
(3)水の蒸気圧が 8.0×10^4 Paになる温度は、グラフより約94℃。
(4)60℃における水の蒸気圧は 2.0×10^4 Paである。
(5)グラフより、水が最も沸点が高いため、分子間力が最も強い。
(6)同じ温度での蒸気圧を比べると、ジエチルエーテルが最も高い。

- 13 ①運動エネルギー ②蒸発 ③凝縮
④沸騰 ⑤沸点

解説

蒸気圧と大気圧が等しくなると液体内部からも蒸発が起こる。この現象を沸騰といい、その温度を沸点という。

- 14 (1)ア (2)ウ (3)ウ

解説

- 容器内に液体が存在するとき、その蒸気の圧力は常に蒸気圧(飽和蒸気圧)と等しい。
(1)温度が高いほど蒸気圧は増大する。
(2)3)温度が同じであれば蒸気圧は変化しない。

- 15 (1)Ⅰ固体 Ⅱ気体 Ⅲ液体
(2)AT 融解曲線 BT 蒸気圧曲線
CT 昇華圧曲線
(3)①昇華 ②融解 ③凝縮
(4)名称:三重点
説明:固体、液体、気体が共存する。
(5)臨界面 (6)超臨界流体

解説

- (3)①固体→気体の状態変化は昇華。②固体→液体の状態変化は融解。③気体→液体の状態変化は凝縮。
(5)6)物質は臨界面を超えると、気体とも液体とも区別つかない超臨界状態となり、超臨界状態にある物質を超臨界流体という。

- 16 (1)570 mm (2)440 mmHg (3)114 mm