

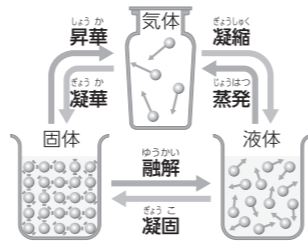
👍 要点整理

1 状態変化とエネルギー

物質の三態 物質には3つの状態(固体、液体、気体)が存在する。

状態変化 温度や圧力の変化で物質の状態が三態の間で変化する。

物質の状態は、粒子の熱運動と粒子間の引力の大小関係で決まる。



	固体	液体	気体
粒子の熱運動	最も穏やか	固体よりやや活発	最も活発
粒子間の引力	最も強い	かなり強い	ほとんどはたらない
エネルギー量	少ない		多い

融解熱(凝固熱) 物質 1 mol が融解(凝固)するときに吸収(放出)する熱量。例 水: 6.0 kJ/mol

蒸発熱(凝縮熱) 物質 1 mol が蒸発(凝縮)するときに吸収(放出)する熱量。例 水: 41 kJ/mol

融解熱、蒸発熱は、一般に、粒子間の引力が強い物質ほど大きくなる。

2 分子の熱運動と絶対温度

熱運動 物質を構成する粒子が温度に応じて行う不規則な運動。

セルシウス温度 水の凝固点と沸点の間を100等分して1℃の温度差を定めた温度。

絶対零度 粒子の熱運動が完全に停止すると考えられる温度(温度の下限)。

絶対温度 絶対零度(-273℃)を基点とし、セルシウス温度と同じ目盛り間隔で表して温度。

単位: ケルビン [K]

セルシウス温度 t と絶対温度 T の関係 $T = t + 273$ (K)

比熱 物質 1 g の温度 1℃ 変化させるのに必要な熱量 [J]。例 水の比熱: 4.2 J/(g · K)

比熱と熱量の関係 熱量 (J) = 比熱 J/(g · K) × 物質の質量 (g) × 温度変化 (K)

基礎チェック

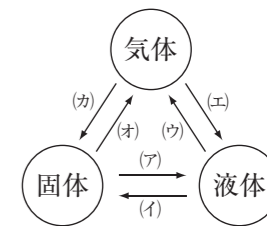
- 物質を構成する粒子が温度に応じて行う不規則な運動を(1)という。
- 固体から液体への変化を(2)といい、(2)が起こる温度を(3)という。
- 液体から気体への変化を(4)といい、液体が沸騰する温度を(5)という。
- 固体から気体への変化を(6)といい、気体から固体への変化を(7)という。
- 固体 1 mol が融解するときに吸収する熱量を(8)という。
- 液体 1 mol が凝固するときに放出する熱量を(9)という。
- 液体 1 mol が蒸発するときに吸収する熱量を(10)という。
- 気体 1 mol が凝縮するときに放出する熱量を(11)という。
- 粒子の熱運動が完全に停止すると考えられる温度を(12)という。
- 絶対零度を温度の起点とし、セルシウス温度と同じ目盛り間隔で表した温度を(13)といい、単位には(14) (記号: K)を用いる。

サポートチャレンジ

1 状態変化

物質の状態変化について、次の各問いに答えよ。

- 右図の(ア)~(カ)の各状態変化の名称を答えよ。
- 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。
 - 真冬に屋外の水道管が破裂することがある。
 - 暖かい日に洗濯物が良く乾いた。
 - タンスの中に入れておいた防虫剤が自然になくなった。
 - 硫黄の粉末を加熱すると液体になった。
 - 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) _____

2 物質の三態の特徴

次の(1)~(5)は、固体、液体、気体のどの状態のものか。状態名で答えよ。

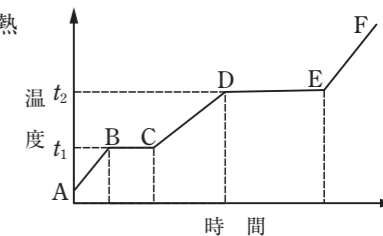
- 分子の熱運動が最も活発である状態
- 分子間力が最も強くはたっている状態
- 分子の熱運動は最も穏やかで、分子は定位置を中心に振動している状態
- 分子間力がほとんどはたっていない状態
- 分子間力ははたっているが、分子は互いの位置を変えている状態

- 答 (1) _____ (2) _____ (3) _____ (4) _____ (5) _____

3 状態変化とエネルギー

右図は、1気圧のもとで、ある固体物質 1 mol を一定の割合で加熱したときの温度変化の様子を示す。次の各問いに答えよ。

- BC 間、DE 間での物質の状態を下から番号で選べ。
 - 固体
 - 液体
 - 固体と液体の共存
 - 気体
 - 液体と気体の共存
- t_1 、 t_2 の温度をそれぞれ何というか。
- 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。
- 0℃の氷 1.0 mol を 100℃の水にするのに必要な熱量は何 kJ か。小数第1位まで求めよ。ただし、水の融解熱を 6.0 kJ/mol、水の比熱は 4.2 J/(g · K)、水の分子量 $H_2O = 18$ とする。



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

基礎チェック | 解答

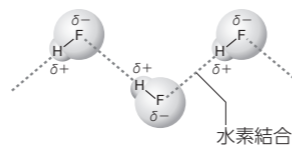
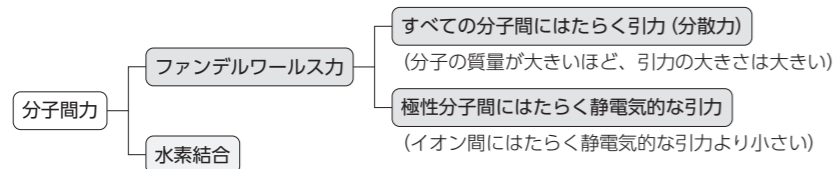
- ①熱運動 ②融解 ③融点 ④蒸発 ⑤沸点 ⑥昇華 ⑦凝華 ⑧融解熱 ⑨凝固熱 ⑩蒸発熱
 ⑪凝縮熱 ⑫絶対零度 ⑬絶対温度 ⑭ケルビン

状態変化と分子間力

要点整理

1 分子間力

分子間力 すべての分子間にはたらく引力の総称



水素結合は、ファンデルワールス力よりかなり強い。

2 分子間力と融点・沸点

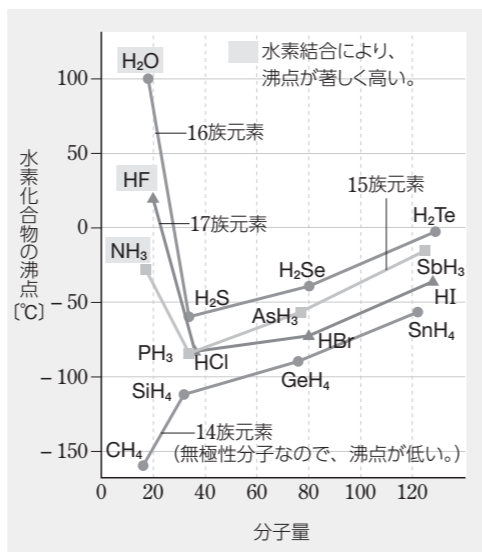
一般に、分子間力が強くはたらく物質ほど、融点・沸点が高く、融解熱・蒸発熱が大きい。

分子間力の大きさ

分子量が大きい→ファンデルワールス力が強くはたらく。
分子に極性がある⇒静電的な引力が加わり、ファンデルワールス力が強くはたらく。

分子(分子量)	H ₂ (2)	O ₂ (32)	Cl ₂ (71)	Br ₂ (160)
分子間力	弱(小)			強(大)
沸点(°C)	-253	-183	-35	59

- 分子量が同程度で構造の似た分子の場合、極性分子の方が無極性分子よりも沸点が高くなる。
- 水素結合がはたらく物質では、沸点は著しく高くなる。



基礎チェック

- すべての分子間にはたらく引力を総称して(①)という。
- すべての分子の間にはたらく引力(分散力)と、極性分子の間にはたらく静電的な引力をまとめて(②)という。
- 水素原子と、その水素原子と直接結合していない電気陰性度の大きな原子(F、O、N)との間に生じる結合を(③)という。
- 分子量が同程度で構造の似た分子の場合、(④)分子の方が(⑤)分子よりも沸点は高くなる。
- 水素結合がはたらく物質では、沸点は著しく(⑥)くなる。

サポートチャレンジ

4 ファンデルワールスカ

次の文の()に適切な語句を答えよ

窒素 N₂ 分子は、原子どうしの電気陰性度に差がなく、分子全体で電荷の偏りをもたない(①)分子であるが、電子の分布による瞬間的な電荷の偏りによって、分子間に弱い引力(分散力)がはたらく。

一方、塩化水素 HCl 分子は、電気陰性度が水素原子 H よりも塩素原子 Cl の方が大きいため、塩素原子はわずかに(②)の電荷を、水素原子はわずかに(③)の電荷を帯びており、分子全体で電荷の偏りをもつ(④)分子である。よって、塩化水素分子の間では、分散力に加えて塩素原子と水素原子との間に静電的な引力もはたらく。

このように、すべての分子間にはたらく引力(分散力)に(④)分子の間にはたらく静電的な引力をあわせて(⑤)という。

5 分子間力と沸点

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、その理由として適するものを下の(a)~(c)から1つ選び記号で答えよ。(原子量 H=1.0、F=19、Cl=35.5)

- フッ素 F₂、塩素 Cl₂
- 塩化水素 HCl、フッ化水素 HF
- フッ素 F₂、塩化水素 HCl

- (理由) (a) 分子量が大きく、ファンデルワールス力が大きいから。
(b) 極性分子で、ファンデルワールス力が大きいから。
(c) 分子間で水素結合がはたらくから。

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

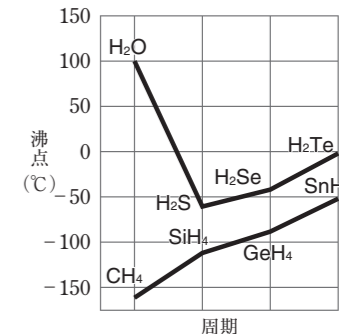
6 14、16族の水素化合物の沸点

次の文の()に適切な語句を答えよ。

14族の水素化合物の沸点は、周期の増加とともに高くなっている。これは、構造の似た分子では(①)が大きいほど(②)が強くなるためである。

一方、16族の水素化合物の方が14族の水素化合物よりいずれも沸点が高い。これは、14族の水素化合物の分子が(③)形で(④)分子であるのに対し、16族の水素化合物の分子は(⑤)形で(⑥)分子であるためである。

また、水の沸点が他の16族の水素化合物の沸点に比べて著しく高いのは、分子間に強い(⑦)が生じているためである。



基礎チェック | 解答

- ①分子間力 ②ファンデルワールスカ ③水素結合 ④極性 ⑤無極性 ⑥高

1 編 物質の状態

p.2~27

1 | 状態変化とエネルギー

p.2~3

1 (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)蒸発を気化、凝縮を液化という場合もあるが、気化、液化は、状態変化の以前の状態が明確でないので、用いない方がよい。また、沸騰は蒸発の特別な場合で、広義には蒸発に含まれる。気体→固体への状態変化を凝華と呼ぶ。

(2)水が凝固して氷になると、体積が約10%増加するので、冬季には屋外のプラスチック製の水道管が破裂することがある。

(c)固体から気体への状態変化は昇華である。

(e)空気中の水蒸気がコップの表面で冷却され、液体の水に変化したので、凝縮である。

2

(1)気体 (2)固体 (3)固体 (4)気体 (5)液体

解説

物質の状態は、その物質を構成する粒子間にはたらく引力と、粒子の熱運動の大小関係によって決まる。分子間にはたらく弱い引力を分子間力といい、固体、液体、気体の順に小さくなる。一方、粒子の熱運動は、固体、液体、気体の順に激しくなる。

分子間力は、固体では最も強く、液体ではかなり強くはたらくしているが、気体ではほとんどはたらくしていない。

分子の熱運動は、固体が最も穏やかで、液体では固体よりもやや活発である。気体では最も激しく運動している。

液体は、固体と気体の中間状態といえるが、どちらかという、固体に近い状態である。

3

(1)BC間：固体と液体 DE間：液体と気体

(2) t_1 ：融点 t_2 ：沸点

(3)加えた熱エネルギーが状態変化のためだけに使われるから。

(4)13.6 kJ

解説

(1)固体を加熱すると温度が上昇するが、B点で融解が始まると、BC間は温度が一定となり、固体と

液体が共存した状態になる。C点で融解が終わると、再び温度が上昇する。D点で沸騰が始まると、DE間は温度が一定となり、液体と気体が共存した状態になる。E点で沸騰が終わると、再び温度が上昇する。

(2) t_1 は固体が融解して液体となる温度(融点)であり、 t_2 は液体が沸騰して気体となる温度(沸点)である。

(3)融解には固体粒子間にはたらく結合の一部を切り、粒子が動ける空間をつくり出すために、一定の熱エネルギーが必要である。一方、沸騰には液体粒子間にはたらくすべての結合を切り、気体として自由に運動できる空間をつくり出すために一定の熱エネルギーが必要である。

(4)①0℃の水1 molを0℃の水にするための熱量は、 $6.0 \times 1.0 = 6.0$ [kJ]

②0℃の水1 mol (=18 g)を100℃の水にするために必要な熱量は、

$$(\text{熱量}) = (\text{比熱}) \times (\text{質量}) \times (\text{温度変化}) \text{ より、} \\ 4.2 \times 18 \times 100 = 7560 \text{ [J]} = 7.56 \text{ [kJ]}$$

必要な熱量は、①+②より、

$$6.0 + 7.56 = 13.56 = 13.6 \text{ [kJ]}$$

2 | 状態変化と分子間力

p.4~5

4

①無極性 ②負 ③正 ④極性

⑤ファンデルワールス力

解説

窒素 N_2 のように、電荷の偏りをもたない分子を無極性分子という。塩化水素HClのように、電荷の偏りをもつ分子を極性分子という。

無極性分子では、分子間力がはたらくていないように思われるが、実際には、電子の運動によって生じる瞬間的な極性に基づく引力(分散力)がはたらく。

極性分子では、分散力に加えて、分子の極性に基づく静電的な力が加わるので、分子間力は強くなる。

一般に、すべての分子間にはたらく引力(分散力)に極性分子間にはたらく静電的な力をあわせてファンデルワールス力という。

5

(1)Cl₂ (a) (2)HF (c) (3)HCl (b)

解説

(1)どちらも無極性分子で、形状も同じ直線形の二原子分子である。したがって、分子量の大きいCl₂の方がF₂よりも、ファンデルワールス力が大きく、沸点は高くなる。

(2)どちらも極性分子で、形状も同じ直線形の二原子分子である。分子量はHClの方が大きい、電気陰性度がF>Clであるため、分子の極性は、HFの方がかなり大きい。したがってHFは分子間に、水素結合がはたらくため、沸点はかなり高くなる。

(3)分子量は、F₂が38、HClが36.5でほぼ同じだが、F₂が無極性分子であるのに対してHClは極性分子であるので、HClの方がファンデルワールス力が大きく、沸点は高くなる。

6

①分子量 ②分子間力(ファンデルワールス力)

③正四面体 ④無極性 ⑤折れ線 ⑥極性

⑦水素結合

解説

14族の水素化合物の分子は、いずれもメタンCH₄と同じ正四面体形である。

無極性分子の沸点は、構造の似たものどうしでは、分子量が大きいほど高くなる。



16族の水素化合物の分子は、いずれも水H₂Oと同じ折れ線形である。

分子量が同程度の無極性分子と極性分子の沸点は、極性分子の方が高くなる。



これは、極性分子間には分散力に加えて極性に基づく静電的な引力がはたらくためである。

H₂O、HF、NH₃はほかの同族の水素化合物に比べて著しく高い沸点を示す。これは分子間に水素結合(H-O...Hなど)がはたらくためである。

3 | 液体・気体間の状態変化

p.6~7

7

(1)2.5×10⁴ Pa (2)5.7×10² mmHg

解説

(1)7.6×10² mmHg=1.0×10⁵ Paの関係を利用する。
7.6×10² mmHg : 1.0×10⁵ Pa = 1.9×10² mmHg : x
x = 2.5×10⁴ Pa

(2)1.0×10⁵ Pa = 7.6×10² mmHgを利用する。

$$7.6 \times 10^2 \text{ mmHg} : 1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = x : 7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$x = 5.7 \times 10^2 \text{ mmHg}$$

8

(1)蒸気圧曲線 (2)約78℃ (3)約94℃

(4)2.0×10⁴ Pa (5)水 (6)水

解説

(2)液体の沸点は、液体の蒸気圧が大気圧(外圧)と等しくなる温度である。エタノールの蒸気圧が1.0×10⁵ Pa(大気圧)と等しくなる温度は、グラフより約78℃である。

(3)水の蒸気圧が8.0×10⁴ Paになる温度は、グラフより、約94℃である。

(4)60℃での水の蒸気圧は、グラフによると約2.0×10⁴ Paで、外圧がこの圧力になれば沸騰する。

(5)同温度で比較したとき、分子間力の小さい物質ほど、蒸気圧は大きくなる。逆に、分子間力の大きい物質ほど、蒸気圧は小さくなる。よって、分子間力の大小関係はジエチルエーテル<エタノール<水となる。

(6)分子間力が大きい物質ほど蒸発熱も大きくなるから、水の蒸発熱が最も大きい。

9

(1)ア (2)ウ (3)ウ

解説

真空容器に液体を入れて放置すると、液体の分子は蒸発と凝縮を繰り返しながら、やがて気液平衡の状態となる。このとき、容器内を満たした蒸気(気体)の圧力を、その液体の飽和蒸気圧(蒸気圧)という。飽和蒸気圧は、温度だけで決まり、温度が高くなるほど大きくなる。

(1)蒸気圧は、温度だけで決まり、温度が高くなるほど大きくなる。

(2)蒸気圧は温度が一定なら、容器の大きさに関係なく一定の値をとる。つまり、体積を大きくすると一時的に蒸気圧は小さくなるが、さらに蒸発が進み、やがて蒸気圧は一定になる。

(3)体積を小さくすると、一時的に蒸気圧は大きくなるが、さらに凝縮が進み、やがて蒸気圧は一定になる。

10

(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