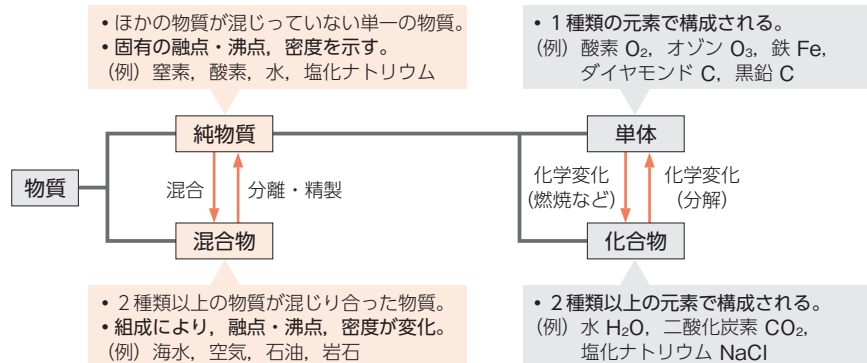


1 物質の分類

1 元素 物質を構成している基本的な粒子を**原子**といい、原子の種類を表す名称を**元素**という。元素は現在120種類程度知られており、それぞれ異なる**元素記号**で表す。

(例) 水素H, 炭素C, 窒素N, 塩素Cl, 鉄Fe

2 物質の分類



※沸点, 溶解性, 溶解度などの性質の違いを利用して, 混合物から純物質を分離・精製できる。

3 同素体 同じ元素からなる**単体**で, 性質が異なる物質。

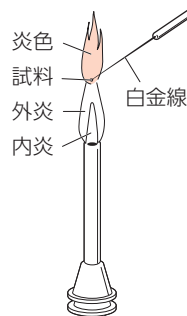
構成元素	硫黄 S	炭素 C	酸素 O	リン P
同素体	- 斜方硫黄 - 単斜硫黄 - ゴム状硫黄	- 黒鉛 - ダイヤモンド - フラーレン - カーボンナノチューブ	- 酸素 - オゾン	- 赤リン - 黄リン

2 元素の確認

1 炎色反応 ある種の元素を含む物質を炎の中に入れると, その元素に特有な色が現れることがある。

元素	Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Cu
炎の色	赤	黄	赤紫	橙赤	紅	黄緑	青緑

(例) ある物質の水溶液を白金線の先につけ, ガスバーナーの外炎の中に入れると炎の色が黄色になった。⇒ある物質に元素としてナトリウムNaが含まれることが確認できる。



2 沈殿法 未知の物質を水に溶かして, 特定の試薬を加え, 生じる沈殿物の有無や, その色によって物質に含まれている元素を調べる方法。

(例) ある物質に硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液を加えると, 白色の沈殿(塩化銀 $AgCl$)が生じた。⇒ある物質に元素として塩素Clが含まれることが確認できる。

3 混合物の分離・精製

蒸留

物質の沸点の差を利用して分離する。(例) 海水から純水を分離する。
※沸点が異なる2種類以上の液体の混合物を異なる温度で蒸留して分離することを, 特に**分留**という。(例) 石油の精製, 液体空気の下留

温度計

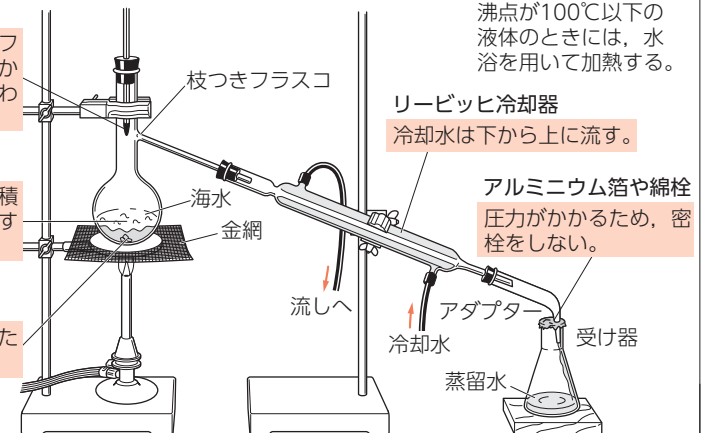
球部は枝つきフラスコの枝分かれの位置に合わせる。

液体の量

フラスコの容積の半分以下にする。

沸騰石

突沸を防ぐはたらきをする。



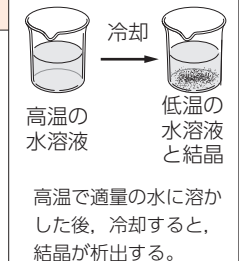
ろ過

液体とその液体に溶けない固体の混合物をろ紙で分離する。
(例) 食塩水とけい酸の分離



再結晶

温度により溶解度が変化することを利用する。
(例) 硝酸カリウムの精製



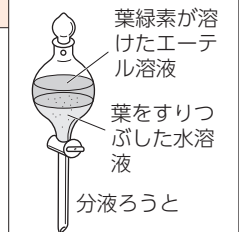
昇華法

固体と気体の間で, 液体の状態を経ずに状態変化が起こることを利用する。
(例) ヨウ素の精製



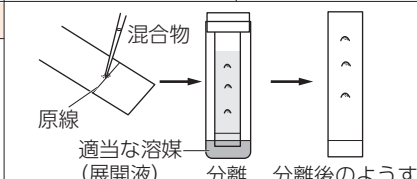
抽出

物質による溶媒への溶けやすさの違いを利用する。
(例) 葉緑素の抽出



クロマトグラフィー

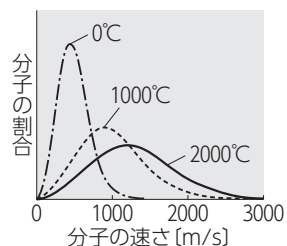
物質の移動する速さの違いを利用する。
(例) 色素の分離



4 物質の三態

1 粒子の拡散と熱運動

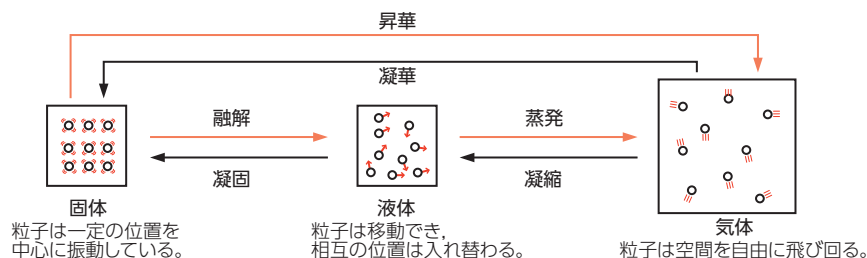
- **拡散** 物質が自然に広がっていく現象。構成粒子が熱運動しているために起こる。
- **熱運動** 構成粒子はその温度に応じた不規則な運動(**熱運動**)をしている。温度が高いほど、粒子の熱運動は激しくなる。



(化学) 窒素分子の速さの分布
ある温度での分子の速さは、均一ではなく、一定の分布をもつ。

2 粒子の集合状態と状態変化

物質の状態は温度と圧力によって、固体、液体、気体の間で変化する。

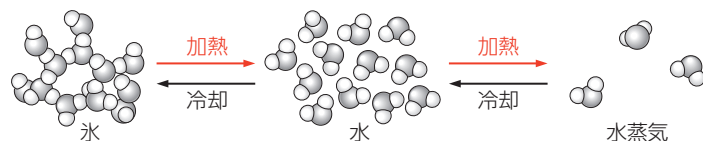


- **物質の状態を決める要因** 粒子は熱運動によって互いにばらばらになろうとする一方、粒子間にはたらく固有の引力(分子間力、→p.29)によって互いに集合しようとする。これらの2つの要因の大小関係により、物質の状態が決まる。

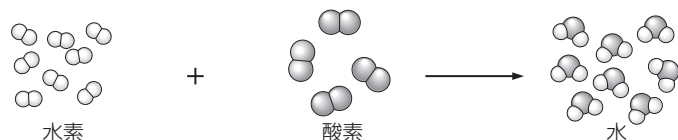
状態	粒子の熱運動	粒子間の引力
気体	激しい	弱い
液体	↑	↓
固体	穏やか	強い

3 物理変化と化学変化

- **物理変化** 物質そのものは変化せず、**物質の状態だけが変わる**変化。
(例) 水の状態変化



- **化学変化** **物質の種類が変わる**変化。
(例) 水の生成(水素の燃焼)



基礎チェック

- 1 次の文章中の()に適する語句を、あとの(ア)~(オ)から選べ。
自然界にある物質の多くは、何種類かの物質が混じり合った(①)である。これに対し、1種類の成分物質からなるものを(②)という。
物質を分離する操作には、ろ紙を利用して液体と固体に分ける(③)や、沸点の違いを利用する(④)などがある。
(ア) 純物質 (イ) 混合物 (ウ) 抽出 (エ) 蒸留 (オ) ろ過

- 1
① (イ)
② (ア)
③ (オ)
④ (エ)

- 2 次の文章中の()に適する語句を入れよ。
水を電気分解すると、水素と酸素に分解できる。水のように2種類以上の物質に分解できる物質を(ア)といい、水素や酸素のようにそれ以上別の物質に分解できない物質を(イ)という。(イ)は1種類の元素だけからできている物質、(ア)は2種類以上の元素からできている物質である。
黒鉛とダイヤモンドは、どちらも炭素からできた物質である。このように、同じ元素からなる(ウ)で性質の異なる物質を、互いに(エ)という。

- 2
ア…化合物
イ…単体
ウ…単体
エ…同素体

- 3 次の文章中の()に適する語句を入れよ。
水にインクを1滴落とすと、自然にゆっくりと広がっていく。このような現象を(ア)という。(ア)は、(イ)と呼ばれる分子の不規則な運動によって起こる。

- 3
ア…拡散
イ…熱運動

- 4 状態変化のうち、次の変化を何というか。

- (1) 固体から液体への変化
- (2) 液体から気体への変化
- (3) 固体から気体への変化
- (4) 気体から固体への変化

- 4
(1) 融解
(2) 蒸発
(3) 昇華
(4) 凝華

- 5 次の(ア)~(ウ)を、粒子の熱運動が激しい順に並べよ。
(ア) 固体 (イ) 液体 (ウ) 気体

- 5
(ウ), (イ), (ア)

- 6 次の変化は、物理変化と化学変化のどちらか。

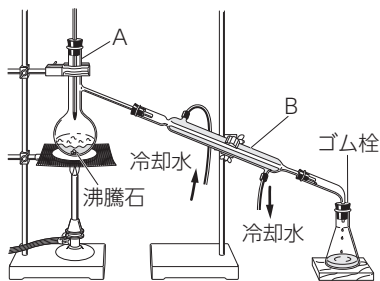
- (1) 水を加熱すると、水蒸気になった。
- (2) 鉄釘がさびて、褐色になった。
- (3) 水を電気分解すると、水素と酸素が発生した。
- (4) 砂糖を水に入れてかき混ぜたら、溶けた。

- 6
(1) 物理変化
(2) 化学変化
(3) 化学変化
(4) 物理変化

例題 1 混合物の分離

右図の実験装置について、次の各問いに答えよ。

- (1) この装置を用いた混合物の分離法を何というか。
- (2) 図の実験器具A, Bの名称を答えよ。
- (3) 沸騰石を入れる理由を説明せよ。
- (4) 図の実験装置には、誤りが3か所ある。何をどのようにすべきか説明せよ。



解説 (1) 純物質は、固有の沸点をもつので、加熱すると沸点の低いものから蒸発する。この蒸気を冷却し、凝縮した液体を集める。このような方法が**蒸留**である。同様に、**液体の混合物を各成分に分ける場合を特に分留**という。

蒸留装置の組み立てのポイント

1. 温度計の球部はフラスコの枝分かれの位置。
2. 冷却水は下部から上部へ。
3. 受け器は密栓をしない。
4. 沸騰石を入れる(突沸して、混合溶液が枝へ流れ込まないようにするため)。
5. 液量はフラスコの半分以下にする。

- (4) 蒸気の温度で、分離されている物質を確かめる。冷却器は、内部を水で満たす必要がある。密栓をすると、加熱により内部の圧力が上昇し、器具の破損や、けがのおそれがある。

解答 (1) 蒸留 (2) A…枝つきフラスコ B…リービッヒ冷却器

(3) 突沸を防止するため。

- (4) 1. 温度計の球部をフラスコの枝分かれの位置に置く。
2. 冷却器へ流す冷却水は、下部から上部へ流す。
3. 受け器とアダプターの間は、ゴム栓などで密栓をせず、アルミニウム箔や綿栓を使う。

例題 2 単体と化合物

次の物質について、あとの各問いに答えよ。

(ア) 二酸化炭素 (イ) 酸素 (ウ) オゾン (エ) 黒鉛 (オ) 一酸化炭素

- (1) 単体と化合物に分類せよ。
- (2) 同素体の関係にある組み合わせをすべて答えよ。



物質名が元素名と同じものはすべて単体である。

解説 各物質を化学式で表すと、(ア) CO_2 、(イ) O_2 、(ウ) O_3 、(エ) C 、(オ) CO となる。このうち、単体は1種類の元素、化合物は2種類以上の元素からできているものである。同素体は単体である。**同素体をもつ代表的な元素は、S, C, O, Pである。**

解答 (1) 単体…(イ), (ウ), (エ) 化合物…(ア), (オ) (2) (イ)と(ウ)

例題 3 物質の三態

次の文章中の()に適する語句を入れよ。

あらゆる物質は、温度と圧力の変化に応じて、固体、液体、気体と変化する。

分子からなる物質の固体では(ア)がはたらいていて、分子は決まった位置で、振動、回転などの(イ)を行っている。固体に外から熱を加えると(イ)が激しくなり、(ア)にうちかって分子は互いの位置を変え、流動し始める。この現象が(ウ)で、このときの温度が(エ)である。

液体にさらに外部から熱を加えるにつれて、分子の(イ)はますます激しくなり、液体の表面から(ア)にうちかって空間に飛び出す分子が現れる。この現象が(オ)である。

物質の中には、固体に外から熱を加えると、液体を経ずに、直接気体になるものがある。この現象を(カ)という。



温度と圧力によって、物質の三態変化が起こる。物質を構成する分子の集合状態や運動状態は、**分子の熱運動と分子間の引力(分子間力)の大小関係**によって決まる。

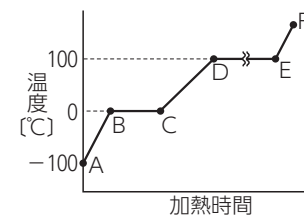
解説 固体から直接気体になる物質には、**ヨウ素、ドライアイス、ナフタレン**などがある。

解答 ア…分子間力 イ…熱運動 ウ…融解 エ…融点 オ…蒸発 カ…昇華

例題 4 三態変化とエネルギー

右図は、 -100°C の水を一様に加熱したときの時間と温度の関係を示している。

- (1) 液体だけが存在しているのは、グラフ中のどの区間か。
- (2) BC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。
- (3) DE間の加熱時間がBC間の加熱時間より長い理由を説明せよ。



加熱時間と温度の関係を示すグラフにおいて、**グラフの水平部分では加えられた熱が状態変化に使われているため、温度は上昇しない。**

解説 (1)(2) BC間では氷(固体)と水(液体)が共存しており、加えられた熱は氷の融解に使われる。同様に、DE間では水(液体)と水蒸気(気体)が共存しており、加えられた熱は水の蒸発に使われる。

(3) 融解に要する熱量と蒸発に要する熱量は、加熱時間で比較することができる。

解答 (1) CD間 (2) 加えられた熱がすべて氷の融解に使われたから。
(3) 蒸発に要する熱量の方が、融解に要する熱量より大きいため。

基本問題

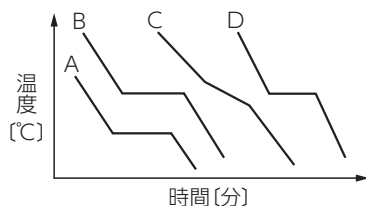
□1 物質の分類 次の物質について、あとの各問いに答えよ。

- (ア) 空気 (イ) 酸素 (ウ) 五円硬貨 (エ) ドライアイス
(オ) 塩酸 (カ) 牛乳 (キ) 一円硬貨 (ク) ガソリン (ケ) 水

- (1) 純物質と混合物に分けよ。
(2) 化合物をすべて選び、記号で答えよ。

□2 純物質と混合物 右図は、液体の物質A、B、C、Dを徐々に冷却していったときの、時間と温度の関係を表したものである。

- (1) A～Dの物質から混合物をすべて選び、記号で答えよ。
(2) 同じ物質があるとするば、どれとどれか。



実験

□3 混合物の分離 次の(1)～(5)のように混合物を分離するのに最も適切な操作を(ア)～(オ)から選び、記号で答えよ。また、その操作名を(a)～(e)から選び、記号で答えよ。

- (1) 海水から水を取り出す。
(2) 茶葉から色素成分を取り出す。
(3) 砂を含むヨウ素からヨウ素を取り出す。
(4) 少量の塩化ナトリウムを含む硝酸カリウムから、硝酸カリウムだけを取り出す。
(5) 原油からいくつかの成分を取り出す。

〔操作〕 (ア) おだやかに加熱し、生じた気体を冷却して固体として取り出す。

- (イ) 高温の水に加えた後、固体と液体に分ける。
(ウ) 加熱すると生じる気体を冷却して、液体として取り出す。
(エ) 加熱を続け、特定の温度で蒸発した気体を順次取り出す。
(オ) 高温の適当量の水に溶かした後、この水溶液を冷却する。

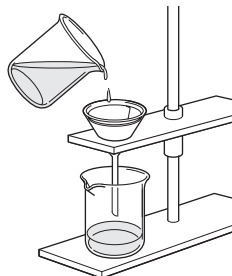
〔操作名〕 (a) 蒸留 (b) 分留 (c) 再結晶 (d) 抽出 (e) 昇華法

実験 論述

□4 ろ過による分離 砂の上にこぼれた食塩(塩化ナトリウム)を、次の操作A・Bによって分離した。

操作A 砂を含む食塩を水に溶かし、砂をろ過して除いた。
操作B 操作Aで得られたろ液を加熱して、水を蒸発させて食塩を取り出した。

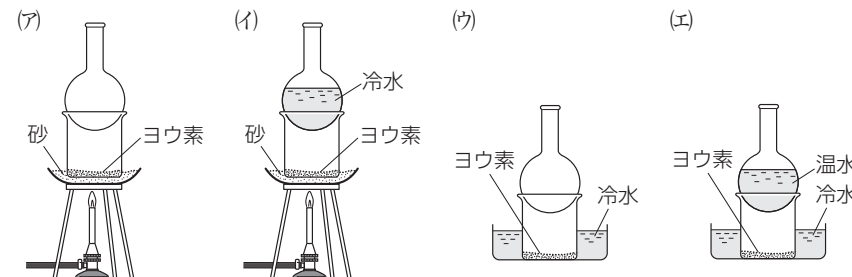
- (1) 右図は、操作Aを行うときの装置であるが、正しくない部分が2か所ある。どこをどのように訂正すればよいか指摘せよ。
(2) 操作Bでは、水と食塩のどのような性質の違いを利用しているか。



実験

□5 ヨウ素の分離 ガラス片が混入したヨウ素がある。これをビーカーに入れ、固体と気体との間の状態変化を利用して、できるだけ多くのヨウ素を丸底フラスコの底に集めたい。

- (1) このときの装置として適切なものを次の(ア)～(エ)から選び、記号で答えよ。



- (2) このような物質の分離操作を何というか。

□6 元素と単体 次の下線部は、元素名と単体名のどちらとして用いられているか。

- (1) 水は、水素と酸素からなる化合物である。
(2) 水を電気分解すると、水素と酸素が発生する。
(3) 発育期には、カルシウムの多い食品をとるように心がけたほうがよい。
(4) 塩素には酸化作用があり、水道水の殺菌に利用されている。
(5) ダイヤモンドと黒鉛は、炭素の同素体である。

□7 同素体 次の(1)～(4)の物質の同素体を、あとの(ア)～(サ)からそれぞれすべて選び、記号で答えよ。

- (1) 黄リン (2) 酸素 (3) 黒鉛 (4) 斜方硫黄
(ア) 水晶 (イ) ダイヤモンド (ウ) 二酸化硫黄 (エ) 過酸化水素
(オ) オゾン (カ) 十酸化四リン (キ) ゴム状硫黄 (ク) フラーレン
(ケ) 赤リン (コ) 単斜硫黄 (サ) カーボンナノチューブ

実験

□8 元素の確認 次の文章を読み、あとの各問いに答えよ。

試料Aは無色の結晶である。_(a)試料Aの水溶液を白金線の先につけ、ガスバーナーの外炎の中に入れると、_(b)炎の色が黄色になった。また、この水溶液に硝酸銀水溶液を加えると、_(c)白色の沈殿が生じた。

- (1) 下線部(a)の操作を行うと、一部の元素については特有な色の炎が現れることがある。この現象を何というか。
(2) 下線部(b)および下線部(c)の結果より、試料A中に存在が確認できる元素の名称をそれぞれ記せ。

応用問題

実験・論述

□9 混合物の分離 次の文章を読み、あとの各問に答えよ。

混合物からさまざまな分離操作によって()を取り出し、さらに取り出した()に含まれる元素を特定することができる。例えば、海水から分離して得られた水を電気分解し、発生した気体の性質を調べると、水が酸素と水素からなる化合物であることがわかる。

- 文章中の()に適する語句を入れよ。
- 下線部について、海水から純粋な水を分離する方法を1つあげよ。
- 炭素粉末と塩化ナトリウム粉末の混合物がある。この混合物から固体の塩化ナトリウムを得る方法を、「ろ過」、「加熱」の語句を用いて40字程度で説明せよ。
- 物質Aは、貝殻や卵の殻などの主成分である。Aを塩酸に溶かして発生した気体を石灰水に通じると、白色沈殿が生じた。また、Aを塩酸に溶かした溶液を高温の炎の中に入れると、橙赤色を示した。以上の結果から、Aに含まれると考えられる元素2種類を、元素記号で答えよ。

生活

□10 物質の三態 次の文章を読み、あとの各問に答えよ。

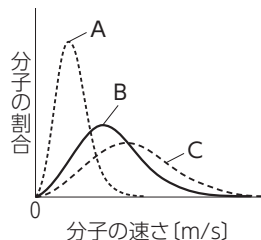
分子からなる物質は、温度に応じた(ア)の激しさと、分子間にはたらく(イ)の大小関係により、固体、液体、気体のいずれかの状態をとる。これらの3つの状態を(ウ)といい、(ウ)間の変化を(エ)という。一般に、物質は、温度や圧力を変化させていくと(エ)する。

- 文章中の()に適する語句を入れよ。
- 次の①～⑤に深く関係する(エ)をそれぞれ何というか。
 - 洗濯物を干しておくと、やがて乾く。
 - 寒いところから暖かい部屋に入ると、眼鏡が曇る。
 - 冷蔵庫の製氷皿に濡れた指で触ると、指が製氷皿にくっつく。
 - 防虫剤のナフタレンを放置しておくと、やがてなくなる。
 - フリーズドライ食品は、水分を含んだ食品を凍結し、さらに減圧することによって水分を取り除いている。

化学・論述

□11 温度と粒子の運動 右図のA～Cは、それぞれある温度における気体分子の速さの分布を示している。

- 物質を構成する分子などの粒子は、不規則な運動を行っている。この不規則な運動を何というか。
- グラフが山形の曲線になっていることから、気体分子の速さについてどのようなことがわかるか。
- Bの状態にある気体の温度を高くしたとき、気体分子の速さの分布はA、Cのどちらに変化するか。理由も含めて答えよ。



Skill up 1

これだけは覚えて

元素記号・化学式・同素体・炎色反応

化学基礎
1章

□1 [絶対に覚える元素記号] 元素記号は、化学におけるアルファベットである。

※[]内は原子番号を示す。原子番号1～20の元素は、この順番に覚える。

[1]水素	H	[2]ヘリウム	He	[3]リチウム	Li
[4]ベリリウム	Be	[5]ホウ素	B	[6]炭素	C
[7]窒素	N	[8]酸素	O	[9]フッ素	F
[10]ネオン	Ne	[11]ナトリウム	Na	[12]マグネシウム	Mg
[13]アルミニウム	Al	[14]ケイ素	Si	[15]リン	P
[16]硫黄	S	[17]塩素	Cl	[18]アルゴン	Ar
[19]カリウム	K	[20]カルシウム	Ca		

□2 [覚えておきたい元素記号]

バナジウム	V	クロム	Cr	マンガン	Mn
鉄	Fe	ニッケル	Ni	銅	Cu
亜鉛	Zn	臭素	Br	クリプトン	Kr
ストロンチウム	Sr	銀	Ag	スズ	Sn
ヨウ素	I	キセノン	Xe	バリウム	Ba
白金	Pt	金	Au	水銀	Hg
鉛	Pb	ラドン	Rn		

□3 [覚えておきたい化学式] 元素記号がアルファベットなら、化学式は英単語にあたる。

水素	H ₂	酸素	O ₂	塩素	Cl ₂
水	H ₂ O	二酸化炭素	CO ₂	オゾン	O ₃
フッ化水素	HF	塩化水素(塩酸)	HCl	硝酸	HNO ₃
硫酸	H ₂ SO ₄	酢酸	CH ₃ COOH	アンモニア	NH ₃
水酸化ナトリウム	NaOH	過酸化水素	H ₂ O ₂	二酸化窒素	NO ₂
二酸化硫黄	SO ₂	硫化水素	H ₂ S	メタン	CH ₄
メタノール	CH ₃ OH	エタノール	C ₂ H ₅ OH	グルコース	C ₆ H ₁₂ O ₆

□4 [覚えておきたい同素体] 有名な同素体をもつ元素は4つ。

硫黄S	斜方硫黄, 単斜硫黄, ゴム状硫黄
炭素C	黒鉛, ダイヤモンド, フラーレン, カーボンナノチューブ
酸素O	酸素, オゾン
リンP	赤リン, 黄リン

□5 [覚えておきたい炎色反応] 炎の色から、物質に含まれている元素がわかる。

Li赤	Na黄	K赤紫	Ca橙赤	Sr紅(深赤)	Ba黄緑	Cu青緑
-----	-----	-----	------	---------	------	------

1 化学基礎からの出題

→ 解答 p.309 ~ 310

- 459 表に示した窒素化合物は、肥料として用いられている。これらの化合物のうち、窒素の含有率(質量パーセント)が最も高いものを、次の①～④のうちから1つ選べ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $N=14$, $O=16$, $S=32$, $Cl=35.5$ とする。

- ① NH_4Cl ② $(NH_2)_2CO$
③ NH_4NO_3 ④ $(NH_4)_2SO_4$

肥料として用いられる窒素化合物とそのモル質量

窒素化合物	モル質量 [g/mol]
NH_4Cl	53.5
$(NH_2)_2CO$	60
NH_4NO_3	80
$(NH_4)_2SO_4$	132

(2022 年本試験)

- 460 18 族を除く第 3 周期までの原子とそのイオンの大きさに関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。

- ① 同族の原子の大きさは、原子番号とともに大きくなる。
② 同一周期の原子の大きさは、原子番号とともに大きくなる。
③ 原子が陽イオンになると、もとの原子よりも大きさが小さくなる。
④ 原子が陰イオンになると、もとの原子よりも大きさが大きくなる。

(2025 年追試験)

- 461 シクロヘキサンに溶かしたステアリン酸 $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ (分子量 284) を水面に滴下すると、溶液が水面上に広がる。シクロヘキサンが十分に揮発すると、図に示すように、ステアリン酸分子は親水性のカルボキシ基を水中に向け、疎水性の炭化水素基を空気側に向けた状態で単分子膜を形成する。

濃度 0.568 g/L のステアリン酸のシクロヘキサン溶液 0.100 mL を水面に滴下した。シクロヘキサンが十分に揮発した後、単分子膜の面積は 252 cm^2 であった。ステアリン酸分子が水面をすき間なく覆っているとすると、ステアリン酸 1 分子が水面上で占める面積の平均値は何 cm^2

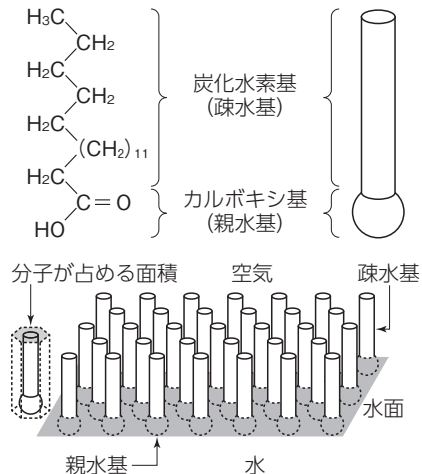


図 水面上に形成されたステアリン酸の単分子膜の模式図

か。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。ただし、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

- ① $2.1 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ ② $2.3 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ ③ $2.4 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$
④ $4.2 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ ⑤ $6.8 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ ⑥ $7.6 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$

(2024 年追試験)

2 物質の状態

→ 解答 p.310 ~ 312

- 462 図は水の状態図である。水の状態変化に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。

- ① $2 \times 10^2 \text{ Pa}$ の圧力のもとでは、氷は 0°C より低い温度で昇華する。
② 0°C のもとで、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の氷にさらに圧力を加えると、氷は融解する。
③ 0.01°C , $6.11 \times 10^2 \text{ Pa}$ では、氷、水、水蒸気の3つの状態が共存できる。
④ $9 \times 10^4 \text{ Pa}$ の圧力のもとでは、水は 100°C より高い温度で沸騰する。

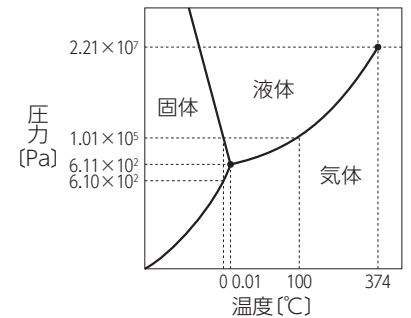


図 水の状態図

(2024 年本試験)

- 463 次の文章は、物質の $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ の大気圧のもとでの沸点に関する記述とその理由である。それぞれの理由として、下線部に誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから1つ選べ。

- ① 14 族元素の水素化合物の沸点は、 CH_4 , SiH_4 , GeH_4 , SnH_4 の順に高くなる。これは、分子量が大きくなるとファンデルワールス力が強くはたらくためである。
② HCl の沸点は、分子量がほぼ同じ F_2 の沸点よりも高い。これは、分子の極性が小さくなると分子間力が強くはたらくためである。
③ H_2O の沸点は、 H_2S や H_2Se の沸点よりも高い。これは、 H_2O では分子間力として水素結合が強くはたらくためである。
④ スクロース(ショ糖)の希薄水溶液の沸点は、純水の沸点に比べて高くなる。これは、 100°C において、この水溶液の蒸気圧が純水の蒸気圧に比べて低いためである。

(2024 年追試験)

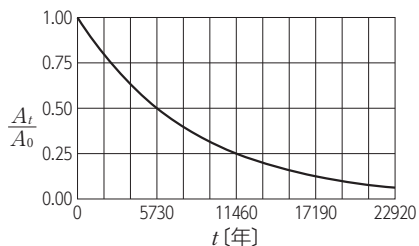
- 504 右表のように、物質Aに不純物として物質Bが混ざった(1)、(2)がある。これから物質Bを取り除きたい。例に従って、分離するための実験手順と、その実験手順を選んだ理由を例にならって記せ。ただし、物質Aと物質Bは、常温・常圧のもとで混ざっているものとする。

	物質A	物質B
例	塩化ナトリウム	砂
(1)	硝酸カリウム	塩化ナトリウム
(2)	フェノール	安息香酸

(例) 砂は水に溶けないが、塩化ナトリウムは水に溶けるので、混合物に水を加え、十分にかき混ぜた液を、ろ紙をセットしたろうとに流せば、水に溶けない砂がろ過によって分離できる。(高知大 改)

- 505 ^(a)生物や化石燃料の主要構成元素である炭素の同位体のうち、質量数14の同位体は、半減期(半分が放射壊変して別の同位体に変化するのに要する時間)が5730年の放射性同位体で、考古学試料などの年代測定に用いられる。大気中の二酸化炭素に含まれる放射性炭素の比率はほぼ一定であるが、^(b)地球に到達する宇宙線強度の変化、化石燃料の使用、1945年以降の核実験の影響などによって変動してきた。

- (1) 下線部(a)について、木が生命活動を停止したときの木片中の¹⁴Cの存在比を A_0 とすると、 t 年後の木片中の¹⁴Cの存在比 A_t は右図のように年々減少する。 t 年後の木片中の¹⁴Cの存在比 A_t を、 A_0 と t を用いた式で書け。(東北大 改)



- (2) 下線部(b)の影響により、大気中の二酸化炭素に含まれる放射性炭素の比率は変動してきた。宇宙線強度の増加、および化石燃料の使用は、放射性炭素の比率を増加させるか、減少させるか。それぞれについて記せ。(東京大 改)

ヒント (2) ¹⁴Cは、宇宙空間から地球に降り注ぐ放射線(宇宙線)が大気中の¹⁴Nと衝突すると生成する。

- 506 アボガドロ定数を求めたい。次の(1)~(3)の実験結果と組み合わせるとアボガドロ定数を求められるものを、それぞれ(ア)~(エ)から選べ。ただし、(ア)~(エ)は2つ以上を同時に用いないものとし、1つだけではアボガドロ定数を求めることができない場合は(オ)と記せ。

- (1) 金属ナトリウムの結晶中でナトリウム原子は体心立方格子をつくって配列しており、金属ナトリウムの結晶の密度は 0.971 g/cm^3 であった。
 (ア) 単位格子の1辺の長さ (イ) ナトリウム原子の半径
 (ウ) ナトリウム原子1個の質量 (エ) ナトリウム原子のモル質量

- (2) 水面にステアリン酸の単分子膜をつくったところ、 500 cm^2 の水面を覆うのに、 $3.70 \times 10^{-7} \text{ mol}$ のステアリン酸が必要であった。
 (ア) ステアリン酸の構造式 (イ) ステアリン酸の密度
 (ウ) ステアリン酸のモル質量 (エ) ステアリン酸1分子が水面上で占める面積
 (3) 塩化銅(II)水溶液を一定電流で電気分解したところ、 3.18 g の銅と、標準状態で 1.12 L の塩素が発生した。この電気分解に要した電気量は $9.65 \times 10^3 \text{ C}$ であった。なお、銅の原子量は63.5、標準状態での気体のモル体積は 22.4 L/mol と既知であるものとする。
 (ア) 塩素原子の原子量 (イ) 電気分解に用いた電流の大きさ
 (ウ) 電子1個のもつ電気量 (エ) 塩化銅(II)水溶液のモル濃度 (上智大 改)

- 507 ドルトンは、1803年に「原子説」を提唱した。同年、さらに「2種類の元素A、Bからなるいくつかの化合物があるとき、一定質量のAと結びつくBの質量を化合物どうしで比べると、簡単な整数比になる」という法則を発見した。この法則は、原子説によって矛盾なく説明できる。

- (1) 下線部の法則の名称を記せ。
 (2) エタン、エチレン、アセチレンは、いずれも炭素原子2個を含む化合物である。これらの化合物を例に、下線部の法則が成立していることを説明せよ。なお、原子量は、 $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ とする。(静岡大 改)

- 508 硫化鉄(II)と書かれた試薬瓶に入っている試薬中の硫化鉄(II)の純度を求めるために、以下の実験を行った。

解説 過マンガン酸カリウム 1.6 g を希硫酸 20 mL に溶かし、水を用いて 25 mL に希釈した。瓶の中の試薬 1.0 g を希硫酸 100 mL に加えると、気体が発生し、試薬はすべて溶解した。この溶液を十分煮沸した後、調製した過マンガン酸カリウム溶液で滴定したところ、 5.4 mL 滴下したところで終点に達した。なお、原子量は、 $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{O} = 16.0$ 、 $\text{S} = 32.1$ 、 $\text{K} = 39.1$ 、 $\text{Mn} = 54.9$ 、 $\text{Fe} = 55.8$ とする。

- (1) 下線部に関して、溶液を煮沸せずに滴定すると、硫化鉄(II)の純度の実験値が100% (質量パーセント)を超えてしまった。この理由を40~60字程度で説明せよ。
 (2) この実験の結果から、試薬中の硫化鉄(II)の純度(質量パーセント)を有効数字2桁で求めよ。ただし、試薬に含まれる不純物は、過マンガン酸カリウムとは反応しないものとする。(東京大 改)

記述の際の一般的な注意点

記述問題の解答の際には、主語・述語の関係や、修飾語の位置や順番などに気を配り、論理的な文章、読み手(採点者)が正しく理解できる文章になるように心がける。文末は、理由を記述するときは「～から。」とするなど、設問文に対応させる。

また、字数制限がある場合は、その9割を目安にする。それより大幅に少ない場合は、書くべき内容が抜けている可能性が高い。

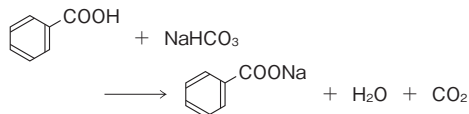
504

解答

- (1) 硝酸カリウムは温度変化による溶解度の変化が大きい、塩化ナトリウムは温度変化による溶解度の変化が小さいので、混合物に少量の高温の水を加えて溶かした水溶液を冷却すると、再結晶によって硝酸カリウムが析出する。これをろ紙をセットしたろうとに流せば、水に溶解した塩化ナトリウムがろ過によって分離できる。
- (2) フェノールは炭酸水素ナトリウムと反応しないが、安息香酸は炭酸水素ナトリウムと反応するので、混合物をエーテルに溶かした溶液を分液ろうとに入れ、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて、よく振り混ぜれば、フェノールがエーテルに抽出される。分液ろうとのコックを開いて水層を除けば、安息香酸が分離できる。

混合物に含まれる物質の性質の違いを利用して、混合物から成分物質を分けて取り出す操作を分離という。

- (1) 一定量の溶媒に溶解する物質の量が温度によって異なることを利用して分離している(再結晶)。なお、結晶はろ過によって取り出す。
- (2) 混合物に特定の溶媒を加えて、目的物質だけを溶かし出して分離している(抽出)。酸の強さはカルボン酸 > 炭酸 > フェノール類なので、炭酸が遊離し、安息香酸がイオン化する。



505

解答

- (1) $A_t = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}}$
- (2) 宇宙線強度の増加…増加させる。化石燃料の使用…減少させる。

- (1) 存在比が一定年数ごとに半減することから、

$$A_t = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^x \text{ の形で表される。}$$

あとは、 $t=5730$ のとき $x=1$ 、 $t=11460$ のとき $x=2$ 、…となるように、 x を設定すればよい。

解答のポイント

求めた式に数値を代入して、式が正しいかどうか確かめてみるとよい。グラフより、 $t=0$ を

代入したとき $A_t = A_0$ 、 $t=5730$ を代入したとき $A_t = \frac{A_0}{2}$ とあればよい。

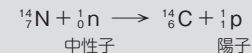
$$\times A_t = \frac{2865}{t} A_0 \rightarrow t=0 \text{ を代入したとき、} A_t \text{ が無限大となる。}$$

$$\times A_t = A_0 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5730}} \rightarrow t=0 \text{ を代入したとき、} A_t = A_0 - 1 \text{ となる。}$$

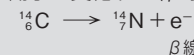
- (2) ^{14}C は、宇宙空間から地球に降り注ぐ放射線(宇宙線)が大気中の ^{14}N と衝突すると生成する。したがって、宇宙線強度の増加は ^{14}C の比率を増加させる。

植物が生きている間は、大気中の ^{14}C を含む CO_2 を光合成により取り込むため、 ^{14}C の含有率は大気中と等しくなる。しかし、**生命活動が停止すると、大気との炭素循環が停止する**ので、壊変によって ^{14}C の含有率は低下し続ける。化石燃料は、植物が生命活動を停止してから長い年月が経過しているため、 ^{14}C の含有率はかなり小さくなっている。したがって、化石燃料の燃焼によって生成する CO_2 中の ^{14}C の含有率は、大気中の CO_2 中の含有率より相当小さい。よって、化石燃料の使用は ^{14}C の含有率を減少させる。

^{14}N から ^{14}C が生成する反応は、次のように表される。



^{14}C の壊変では、中性子の1つが放射線(β 線)を放出して陽子に変化する(β 壊変)。



506

解答

- (1) (オ) (2) (エ) (3) (ウ)



質量、面積、電気量などの量について、① 1 mol あたりの値と、② 1 個あたりの値がわかれば、アボガドロ定数を求めることができる。

- (1) ナトリウム原子 Na の質量がわかればよい。

- ① Na 原子 1 mol の質量は、(オ) からわかる。
- ② Na 原子 1 個の質量は、(ウ) からわかる。また、(ア) または (イ) をもとに単位格子の体積を求め、体心立方格子の単位格子中には Na 原子が 2 個含まれることと、結晶の密度を組み合わせると、 Na 原子 1 個の質量を計算することもできる。したがって、(ア)～(ウ) のうちのどれかと (エ) の 2 つが必要となる。

- (2) ステアリン酸が覆う面積がわかればよい。

- ① ステアリン酸分子 1 mol が覆う面積は、実験結果から求めることができる。
- ② ステアリン酸分子 1 個が覆う面積は、(エ) からわかる。

- (3) 電子 e^- がもつ電気量がわかればよい。

- ① e^- 1 mol がもつ電気量は、電気分解の際の量的関係をもとに、次のように計算できる。

アボガドロ定数
1 mol あたりの粒子の数。

体心立方格子では、原子が立方体の対角線上で接しているから、単位格子の 1 辺の長さ a と、原子の半径 r の間には、

$$r = \frac{\sqrt{3}}{4} a$$

の関係が成り立つ。この関係を利用すれば、(イ) から単位格子の 1 辺の長さを求めることができる。