

「化学の世界への招待」 補充問題

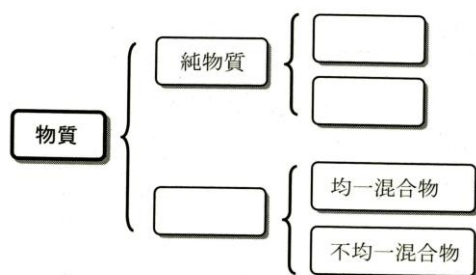
各問題への好ましい取り組み方

- ①確認問題：テキストを見ないで解答し、後でテキストを見て自分でチェックする。
- ②説明問題：できるだけテキストを見ないで解答文を作成し、テキストあるいは参考書と照らし合わせる。
- ③類題：テキスト中の例題にならって、①～④の手順を実際に書き上げる。解答を出すのが目的ではなく、観察力、論理的思考法、自己点検法を身につけることが目的である。
- ④練習問題：手順に従って解答をもとめ、その正否を別掲の答えと照らし合わせチェックする。化学基礎力（リテラシー）を定着させることが目的である。
- ⑤調査考察課題（本文章末）：自らの興味に従い、文献調査することによって化学の世界の広がりを感じ、自らの意見をまとめることで **critical thinking** の習慣を養い、独創力育成の糧とするのが目的である。（一部追加）

1章 化学の世界

確認問題 （到達目標が達成されているかをチェックする問題）

1. 物質の分類の空白を埋めよ。



2. 次の物質を物質の分類法によって分類せよ。

a) 水 b) 空気 c) 海水 d) 炭 e) 鉄 f) 焼酎

3. 次の変化は物理的变化、化学的变化のどちらか？

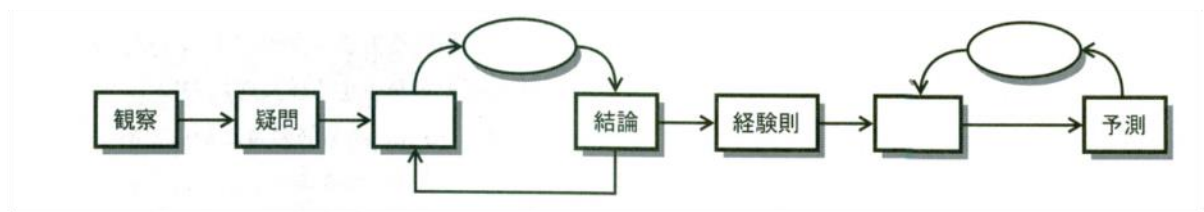
- a) 服の生地をはさみで裁断する。
- b) ろうそくの火が燃えている。
- c) 氷が融ける。
- d) 紙が燃えて灰になる。

- e) 大根を輪切りにする。
 f) 生卵を熱湯でゆで卵にする。
4. エネルギー E は質量 m に比例するというのがアインシュタインの有名な式である。その比例定数は具体的にいくつになるか計算してみよ？
5. 単体炭素の同素体をできるだけ多く挙げよ。

2章 化学の方法

確認問題

1. 科学的手法の段階の空白部を埋めよ。



2. 演習問題解答の手順①～④を書け。
 3. 長さ、質量、体積についての SI 単位はそれぞれ何か。
 4. SI 基本単位の以下の表を完成しなさい。

測定	SI 単位	記号
	キログラム kilogram	
長さ		
		K

5. メートル単位系の以下の表を英語で完成しなさい。

	測定	Metric unit	Symbol
a)	長さ	Millimeter	
b)	体積	Microliter	
c)	重さ		ng
d)	圧力		kPa
e)	周波数	Megahertz	
f)	濃度		mol/L
g)	電流		mA

6. 以下の単位を SI 単位と非 SI 単位に分類しなさい。

- (a) liter (b) calorie (c) volt (d) inch (e) joule (f) atmosphere
(g) newton (h) ampere (i) Celsius degree (j) mile

7. 600g と 600.0g は同じではない。その理由を説明しなさい。

8. 下記の[]内に適する数値を入れなさい。但し、 $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$, $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$,
 $1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$

A. a) $1 \text{ m} = [\quad] \text{ mm} = [\quad] \mu\text{m}$

b) $3 \text{ pg} = [\quad] \text{ g} = [\quad] \text{ kg}$

c) $5 \times 10^{-3} \text{ ml} = [\quad] \mu\text{L} = [\quad] \text{ L}$

d) $20 \text{ eV} = [\quad] \text{ J} = [\quad] \text{ cal}$

B. a) $1 \text{ L atm} = [\quad] \text{ m}^3 \text{ Pa} = [\quad] \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

b) 気体定数 $R = 0.082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = [\quad] \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = [\quad] \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

類題 (演習問題解答手順(p.9)に従って与えられている解答を導き出す手順を書く)

1. テキスト例題 2-1 の手順①~④に習って有効数字を考慮して次の計算をせよ。

(a) $3.052 \text{ m} \times 2.10 \text{ m} \times 0.75 \text{ m}$ (解答 4.8 m^3)

(b) $107.870 \text{ g} + 95.94 \text{ g} + 15.9994 \text{ g}$ (解答 209.82 g)

練習問題

1. 正しい数またはメートル法の接頭辞で空白を埋めなさい。

(a) $1 \text{ centimeter} = \underline{\quad\quad} \text{ meter}$

(b) $1 \underline{\quad\quad} \text{ liter} = 0.001 \text{ liter}$

(c) $1 \text{ microgram} = \underline{\quad\quad} \text{ gram}$

(d) $1 \underline{\quad\quad} \text{ volt} = 1000 \text{ volts}$

(e) $1 \text{ nanosecond} = \underline{\quad\quad} \text{ second}$

2. SI 接頭辞のうち、次のものは何を意味するか書け。

- a) ミリ b) センチ c) キロ d) ナノ e) メガ f) デシ

3. 次の測定値の有効数字の桁数はいくつか?

- a) 0.00234501m b) 12.0560kg c) 4500L d) 1200V e) 0.056010m f) 1208000L

4. 次の数値を有効数字と指数を用いる「科学的表示」に書き換えよ。

- a) 72300 b) 4201000 c) 0.0017400 d) 0.00000001093 e) 0.0002143

- f) 558300000 g) 0.0000650 h) 60810000

5. 本文で述べた自然科学実験結果の数値の扱い方により次の数値を四捨五入せよ。

- a) 8.47 b) 8.43 c) 6.65 d) 6.75 e) 6.55

6. 以下の数字の有効数字の桁数はいくらか。
- (a) 0.0012207m
 - (b) 290.450kg
7. 2.08mL と 2.080mL とでは測定値としての意味が異なる。その理由は何か？
8. 以下の数字を有効数字と指数を用いて記しなさい。
- (a) 73300
 - (b) 4205000
 - (c) 0.0047400
 - (d) 0.00000003093
9. 30J のエネルギーをカロリー(cal)で示しなさい。
10. 135cal は何 J か。
11. 以下の数字の有効数字の桁数は？
- (a) 8700 V
 - (b) 1204000 L
12. 以下の数字を有効数字と指数を用いて記しなさい。
- (a) 0.0002243
 - (b) 568300000
 - (c) 0.0000640
 - (d) 60890000
13. 次の数値を有効数字と指数を用いて書き換えなさい。
- a) 72300 b) 4201000 c) 0.0017400 d) 0.00000001093
 - e) 0.0002143 f) 558300000 g) 0.0000650 h) 60810000
14. 有効数字を考慮して、次の計算をしなさい。
- a) $3.052 \text{ m} \times 2.10 \text{ m} \times 0.75 \text{ m}$
 - b) $107.870 \text{ g} + 95.94\text{g} + 15.9994\text{g}$
15. 箱の体積を求めなさい。
- $\text{Volume} = \text{length} \times \text{width} \times \text{height} = 3.052 \text{ m} \times 2.10 \text{ m} \times 0.75 \text{ m} =$
16. 次の単位変換をしなさい
- (a) 1 microgram = _____ gram
 - (b) 1 _____ volt = 1000 volts
 - (c) 1 nanosecond = _____ second
17. 以下の数字を有効数字と指数を用いて記しなさい。
- (a) 203,500 m (b) 0.00358 J (c) 690,000,000 W
 - (d) 101,325 Pa (e) 0.00000007210 g

18. 以下の指示に従って、単位転換をなさい。

- (a) 0.001348 g to milligrams
- (b) 3560 N to kilo newtons
- (c) 5.29 cs to seconds
- (d) 81 mW to watts
- (e) 12 in. to centimeters
- (f) 3.76 hr to minutes
- (g) 137 J to calories
- (h) 0.085490 atm to pascals

19. 以下の表記は正しく書かれていますか。正しいものには○を、間違っているものは正しく書き直しなさい。

- (a) $84.029 = 84.029 \times 10^3$
- (b) $0.00000470 = 4.7 \times 10^{-6}$
- (c) $0.000541 = 5.41 \times 10^4$
- (d) $623.000 = 6.23 \times 10^5$
- (e) $0.004998 = 4.998 \times 10^{-2}$

20. 以下の指示に従って、単位転換をなさい。

- (a) 75 mm to inches
- (b) 18.69 m to feet
- (c) 190 pm to centimeters
- (e) 392 mm Hg to atmospheres

21. 以下の単位転換をなさい。なお、必要な場合には指数を用いて記しなさい。

- (a) 1.042×10^{-2} m to millimeters
- (b) 5.83×10^5 L to cubicmeters
- (c) 2.56×10^4 Pa to atmospheres
- (d) 45 km to inches
- (e) 7.9×10^3 K to milliamperes

22. 以下の数字を有効数字と指数を用いて記しなさい。

- (a) 32,800 (b) 1,034,000 (c) 0.0048200 (d) 0.000000003902

23. 以下の標記は正しく書かれていますか。正しいものには○を、間違っているものは正しく書き直しなさい。

- (a) $0.0004312 = 4.312 \times 10^{-3}$ (b) $475,500,000 = 4.75 \times 10^8$
- (c) $0.0000560 = 5.6 \times 10^{-5}$ (d) $18,060,000 = 18.06 \times 10^6$

3章 元素とその周期性

確認問題

1. 歴史上、初めて物質が粒子からなりたっていると考え出して、それを原子と呼んだギリシャの哲学者は次のうち誰か？
 - a) アリストテレス、b) アルキメデス、c) デモクリトス
2. 原子説がはじめ唱えられた時期を次から選べ。
 - a) 紀元前5世紀、b) 紀元前1世紀、c) 紀元後3世紀
3. 19世紀の初め(1803年)になって、原子説を復活させたといわれているのは次のうちの誰か？
 - a) ボイル、b) ラボアジエ、c) ドルトン
4. 原子の存在が実験的に確認された年は次のどれか？
 - a) 1808年 b) 1868年 c) 1908年
5. 現在100個以上の元素が見つかっているが、メンデレーエフが周期律を発見した1869年当時知られていた元素のおよその数は次のどれか？
 - a) 30個、b) 50個、c) 70個
6. メンデレーエフが周期性を見出した元素の周期性は何についてか？
 - a) 原子量 b) 比重 c) 原子番号
7. 原子中の陽子の数は、
 - a) 原子量 b) 質量数 c) 原子番号と呼ばれる。

4章 原子の構造

確認問題

1. トムソンによって電子が発見されたのは何年か？
 - a) 1808年 b) 1856年 c) 1896年
2. ベクレルによって放射性元素が発見されたのは何年か？
 - a) 1896年 b) 1906年 c) 1916年
3. 陰極線とは何の流れか？
 - a) 陽子、b) 電子、c) 中性子
4. 放射線のうち α 線は、
 - a) 陽子の流れ、b) ヘリウムの流れ c) ヘリウム原子核の流れ
5. 放射線のうちで最も透過力があるのは、
 - a) α 線 b) β 線 c) γ 線 である。
6. 1903年に土星型原子模型を提案した日本人は誰か？

7. ラザフォードの α 線散乱実験でわかったことは何か？
8. 同位体は、異なった数の
 - a) 電子 b) 陽子 c) 中性子
 を含んでいる。
9. 放射性崩壊の結果、原子の
 - a) 陽子数のみ b) 中性子数のみ c) 陽子と中性子の数
 が変化する。
10. 現在、原子量の基準となっているのは、
 - a) ^1H b) ^{12}C c) ^{16}O

説明問題

1. ウラン 238 が α 崩壊するとどういふ元素が生成するか式を書いて説明せよ。
2. ナトリウム 24 の β 崩壊の核反応式を書け。
3. ウラン 238 が α 崩壊するときの核反応式を書け。
4. 線スペクトルと連続スペクトルの違いは何か？
5. 周期表に記入されている原子量から次の元素の最も多い同位体は何か推定せよ。
 - a) He b) Ne c) Ar d) Kr

練習問題

1. 次の元素の原子はいくつの陽子と電子から構成されているか書け。
 - a) 酸素 b) マグネシウム c) ケイ素
2. 次のイオンは、それぞれいくつの陽子、中性子、電子から構成されているか書け。
 - a) $^{56}_{26}\text{Fe}^{2+}$ b) $^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$ c) $^{79}_{34}\text{Se}^{2-}$
3. 次のような構成を持つイオンの化学記号で表せ。
 - a) 陽子 21、中性子 24、電子 18 b) 陽子 53、中性子 74、電子 54
 - c) 陽子 56、中性子 84
4. A. 赤い光の波長は約 700nm である。振動数 (ν)、波数 ($\tilde{\nu}$)、周期 (τ) を計算せよ。

$$\nu = c/\lambda = [\quad / \quad] = [\quad] \text{ 1/s}$$

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda = [\quad / \quad] = [\quad] \text{ 1/m}$$

$$\tau = 1/\nu = [\quad / \quad] = [\quad] \text{ s}$$

B. 波長 700nm の赤い光を吸収する物体は、白色光のもとではその補色である紫色に見える。波長 700nm の光粒子 1 個のエネルギーは $[\epsilon = h\nu = \quad] \text{ J}$ であり、1 モルあたりのエネルギー E は $[E = N h\nu = \quad] \text{ kJ}$ である。

5. トムソンは、ドブロイの提案した電子の運動量の式

$$m v = h/\lambda \quad (\text{つまり、粒子としての運動量} = \text{波としての運動量})$$

を実験的に証明するために、真空中で電子（荷電 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 、質量 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ）を 100V の電圧下で走らせ、回折装置でその電子の波長 λ を測定した。この電子のエネルギー E (J) と速度 v (m/s) を求めよ。また、波長 λ (pm) はいくつか。

6. 電子 ($m = 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$) を光速 ($3.0 \times 10^8 \text{m/s}$) の 2% まで加速した。この電子の波長 λ は何 pm か。ただし、 $m v = h/\lambda$ 、 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{Js}$ とする。

7. 電子の運動に関する遠心力と求心力の釣り合いの式

$$m v^2/r = Z e^2 / 4 \pi \epsilon_0 r^2 \quad (\text{つまり、回転による遠心力} = \text{クーロン力による求心力})$$

(但し、 m : 電子質量 $= 9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ 、 v : 速度、 r : 回転半径、 Z : 核の陽子数、 e : 電子と陽子の電荷量 $= 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 、 ϵ_0 = 真空誘電率 $8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{Jm}$)

からボーア半径 a_0 (基底状態での水素原子の半径 pm) を求めよ。但し、 $m v r = n h / 2 \pi$ ($n = 1$) から v は消去できる。

5章 量子力学と電子配置

確認問題

1. 量子力学の発展に貢献した次の3名の科学者が提案した理論とその年を選べ。

a) シュレーディンガー b) ドブロイ c) ハイゼンベルグ

物質波、不確定性原理、波動方程式、1924年、1926年、1927年

2. 電磁波の放射エネルギーに関係するその特性は、

a) 強度 b) 速度 c) 振動数

3. 次の光を放射エネルギーの高いほうから順に並べよ。

a) 赤色光 b) 青色光 c) 緑色光 d) 紫外線 e) 赤外線 f) 遠赤外線

4. 主エネルギー準位に関する次の表を完成せよ。

主エネルギー準位	副エネルギー準位	各準位のオービタル数
$n = 1$		
$n = 2$		
$n = 3$		
$n = 4$		

5. 副エネルギー準位に関する次の表を完成せよ

副準位	オービタル数	電子数の最大値
<i>S</i>		
<i>P</i>		
<i>D</i>		
<i>F</i>		

説明問題

1. 不確定性原理に照らし合わせてボーアの原子模型の問題点を指摘せよ。
2. 電子配置を決める3つの規則について説明せよ。
3. ボーアの電子軌道とオービタルの違いを説明せよ。
4. 電子スピンはどうやって観測されるか？
5. 図 5.3 の原子軌道のエネルギー準位を用いて、鉄の電子配置を求め、いくつの不対電子があるか明らかにせよ。

練習問題

1. 次の原子の電子配置を3つの規則に基づいて書け。
a) ^{12}Mg b) ^{26}Fe c) ^{35}Br
2. 次の原子の電子配置を3つの規則に基づいて書き、周期表に書かれているものと比較して異なることを確認せよ。
a) ^{24}Cr b) ^{29}Cu
3. 下記の原子またはイオンの電子配置を例のように記せ。また、それぞれ常磁性であるか反磁性であるかを判断せよ。
例 $_{26}\text{Fe}$: $[\text{Ar}]4s^23d_{xy}^23d_{yz}^13d_{x^2-y^2}^13dz^{21}$ 常磁性
a) $_{7}\text{N}$ b) $_{9}\text{F}$ c) $_{30}\text{Zn}^{2+}$
4. 次の原子やイオンの半径を次の数値(pm)から選んで記入せよ。
 ^{10}Ne 131, ^{11}Na 186, Na^+ ____, ^{12}Mg ____, ^{15}P ____, ^{17}Cl 99, Cl^- ____
[65, 95, 110, 160, 181]

6章 周期表の理解

確認問題

1. 同じ族の元素が同じような性質をしめすのはなぜか？
2. 原子に電子を加えたりとったりするとイオンとなる。電子の加減とイオンの大きさはどのような関係にあるか？
3. イオン化エネルギーが最も高い元素は何か？また、最も低い元素は何か？
4. オクテット則によって、Na、Cl、Mg、O、Fが何価のイオンとなるか推定せよ。
5. 最も電気陰性度が高い元素は何か？
6. 周期表の中で電気陰性度はどのような傾向にあるか？
7. 第1周期、第2周期にはそれぞれいくつの元素があるか？
8. 8A族の元素はなんと呼ばれるか？
9. $[\text{Ar}] 4s^1$ は何族の元素か？
10. 内部遷移元素とは何のことをいうか？
11. $[\text{Ne}] 3s^2 3p^5$ という電子配置をしている元素が属する族と周期を述べよ。

説明問題

1. 周期表の下の方の周期はより多くの元素が所属するのはなぜか？
2. 周期表の左から右へいくほど原子半径が減少するのはなぜか？
3. 原子がカチオンになると半径が小さくなるのはなぜか？
4. 原子がアニオンになると半径が大きくなるのはなぜか？
5. 電気陰性度の表には希ガス元素がないのはなぜか？
6. 電気陰性度の傾向と原子半径、イオン化エネルギーの傾向が似ているのはなぜか？
7. 3族から10族の第1遷移金属元素の第1イオン化エネルギーは、631~759 kJ/molの間にあり、 ${}_{12}\text{Mg}$ (736) ~ ${}_{56}\text{Ba}$ (520) のアルカリ土金属のそれに似ている。その理由を述べよ。
8. F原子の電子親和力は 328kJ/mol で大きな正值であり、NとNeはほとんど0kJ/molであるのはなぜか説明せよ。
9. 周期表においてホウ素、炭素、アルミニウムは互いに近くに位置している。周期表を使って、どの元素が(a)最も大きいか (b)イオン化エネルギーが高いかを推定せよ。

練習問題

1. 次の原子の第1イオン化エネルギー (kJ/mol) を下記の数値から選び記入せよ。
 ${}_{19}\text{K}$ ____, ${}_{20}\text{Ca}$ 599, ${}_{21}\text{Sc}$ ____, ${}_{26}\text{Fe}$ 759, ${}_{29}\text{Cu}$ ____, ${}_{33}\text{As}$ ____, ${}_{35}\text{Br}$ ____
[419, 631, 745, 947, 1140]

2. 次の原子の電子親和力 (kJ/mol) を下記の数値から選び記入せよ。

H ____, Li ____, C 122, N ≈0, O ____, F ____, Ne ____

[≈0, 60, 73, 141, 328]

3. 次の原子の電気陰性度を下記の数値から選び記入せよ。

H 2.1, Li ____, C ____, N 3.0, O 3.5, F ____, K ____, As 2.0, Br ____

[0.8, 1.0, 2.5, 2.8, 3.5, 4.0]

7章 元素の分類と各論

確認問題

1. 最も反応性の高い金属が集まっているのはどのブロックか？
2. アルカリ土類元素で放射性を示す元素は何か？
3. 遷移金属元素の一般的性質は何か？
4. 内部遷移金属元素の一般的性質は何か？
5. アクチニドの特徴は何か？
6. アクチニドのうち天然に存在するのは何と何か？
7. pブロックの特徴は何か？
8. 4A族元素のうちで炭素が他の仲間と違う点を挙げよ。
9. 肥料の3元素とは何か？
10. 最も沢山ある希ガス元素は何か？
11. ナイフで切れるほど軟らかい金属は何族元素か？
12. 融点のもっとも高い金属は何か？

説明問題

1. アルカリ金属が反応性が高いのはなぜか？それに対して、アルカリ土類金属がそれほどではないのはどうしてか？
2. dブロック元素のことを遷移金属と呼ぶのはなぜか？
3. 遷移金属を含む化合物には着色しているものが多いのはなぜか？
4. fブロック元素のことを内部遷移金属と呼ぶのはなぜか？
5. 窒素の固定とはどういうことをいうのか？
6. 金属アルミニウムのどのような性質が材料として優れているのか？
7. 8A族元素はなぜ貴ガスと呼ばれるのか？
8. アルカリ金属元素の単体が天然には存在しないのはなぜか？

8章 化学結合

確認問題

1. イオン結合による結晶（イオン結晶）は固体状態で電気伝導性を示さないのはなぜか。
2. 原子間結合の種類と特徴を述べなさい。
3. 分子間結合の種類と特徴を述べなさい。
4. 分子の極性はどのような因子によって決まるのか。
5. 配位結合と共有結合の違いは何か。
6. 水素結合が他の分子間力による結合よりも強い結合である理由を説明しなさい。
7. 多重結合にはどのようなものがあるか。
8. 分子間力を生み出す要因にはどのようなものがあるか。
9. 双極子モーメントとは何か。
10. π 結合と σ 結合の違いは何か。
11. 自由電子とは何か。自由電子が金属の特性にどんな影響を及ぼすか。

説明問題

1. 原子間結合の種類（金属結合と配位結合を除く）と電気陰性度の関係を説明しなさい。
2. イオン半径，金属結合半径，共有結合半径，ファンデルワールス半径について説明しなさい。
3. 結合性軌道と反結合性軌道の違いは何か説明しなさい。
4. 分子中で実際の電子はどのように結合に関与しているのかを説明しなさい。
5. 共有電子対と分子軌道の関係を説明しなさい。
6. 最外殻に電子が 8 個入る電子配置が安定である（オクテット則）理由を電子軌道から説明しなさい。
7. 電気陰性度と原子間結合の極性との関係はどのようにになっているのか。
8. 電気陰性度はどのようにして求められているか。
9. 原子と原子が結合して、イオン対や分子を形成すると安定化する理由は何か。
10. 水分子中のOは 2 対の孤立電子対をもっている。この孤立電子対は水の物性にどのような影響を与えているか。

練習問題

1. 次の化合物の化学式を記しなさい。
(a) 硫化アルミニウム (b) 硝酸カルシウム (3) 硫酸カルシウム

2. 以下の化学式の名称を記しなさい。

(a) KNO_3 (b) NH_4Br (c) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (d) CuSO_4 (e) NO_2 (f) BF_3 (g) P_2O_5

3. 次の化合物の化学式を書きなさい。

(a) 硝酸カルシウム (b) 硝酸アルミニウム (c) 硫酸アルミニウム (d) 窒化カルシウム (e) 硫酸アルミニウム (f) 硝酸カルシウム (g) 硫酸カルシウム

4. 次の化合物やイオンをルイス点電子式とルイス構造式で記しなさい。電子式には非共有電子対も記すこと。

(a) CO_2 (b) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (c) CH_3COOH (d) ClO_4^- (e) H_2O (f) OH^- (g) H_3O^+
(h) NH_3 (i) NH_4^+ (j) PO_4^{3-} (k) H_2PO_4^-

5. $\text{H}-\text{Cl}$ の結合距離 1.27 \AA 、電子の電荷 1.60×10^{-19} クーロンである。しかし、 HCl 分子の双極子モーメントの実測値は $3.55 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ である。イオン性は何%か。

6. 次の結合の結合エネルギー (kJ/mol) を下記の数値群から選べ。

Van der Waals 力 _____、1 価イオン間の結合エネルギー _____、共有結合 _____、双極子—双極子間力 _____、水素結合 _____、 $\text{F}-\text{H}$ _____、 $\text{O}-\text{H}$ _____、 $\text{N}-\text{H}$ _____

[1~2, 3~4, 10, 30, 40, 140~500, 500~1000]

調査考察課題 (追加)

1. 原子と原子が結合して、イオン対あるいは分子を形成すると安定化するのとはなぜか。
2. 金属の特性は自由電子によるところが大きい。自由電子とは何か。それが金属の特性に及ぼす影響を調べよ。

9章 分子の形

確認問題

1. VSEPR 理論を説明しなさい。
2. 混成軌道にはどのようなものがあるか。
3. 分子の形にはどのようなものがあるか。
4. 分子の立体構造は何によって決まるか。

説明問題

1. VSEPR 理論の原則において、孤立電子対が共有電子対より反発しやすい理由は何か。
2. BF_2H の立体構造を VSEPR 理論から推定しなさい。
3. オゾン (O_3) は極性分子か、それとも、無極性分子か説明しなさい。

4. 混成軌道を“昇位”、“混成”を用いて説明しなさい。
5. sp^3 混成軌道、 sp^2 混成軌道、 sp 混成軌道について、例を用いて違いを説明しなさい。
6. H_2O 分子の形は折れ線、 CO_2 分子の形は直線である。その理由は何か。
7. BF_3 分子は平面状で正三角形になるが、 NF_3 分子は三角錐になる。その理由を説明せよ。
8. NH_3 の結合角度は 107° であるのに対して、 NH_4^+ は 109.5° である。この違いを説明せよ。

10章 モルの概念

確認問題

1. 質量と重量の概念の違いを明らかにせよ。
2. モルの概念を述べ、それを使うと便利な事柄をあげよ。
3. モル質量とは何かを説明し、その単位を書け。
4. モル体積は標準状態でいくらか？
5. 標準状態とは何か？
6. アボガドロ数の重要性を述べよ。
7. 質量から粒子数の求め方を述べよ。
8. 組成式、実験式と分子式の間をまとめよ。
9. 次の文章があてはまれば○、間違っている場合は下線の部分を訂正せよ。
 - (1) 分子式は化合物中の全ての原子数の最も単純な比を表す。
 - (2) ある化合物の組成とは、各元素の質量の百分率である。
 - (3) ある分子の実験式は化学式と同じである。
 - (4) 1モルの気体が標準状態で占める体積は 22.4L である。
 - (5) 1モルの炭酸カルシウムは、 6.02×10^{23} 個の原子を含んでいる。

類題 (演習問題解答手順(p.9)に従って与えられている解答を導き出す手順を書く演習)

1. 【実験式を求める】 Na 7.30g, S 5.08g, O 7.62g 含んでいる化合物がある。その実験式を求めよ。(解答 Na_2SO_4)
2. 【分子量から分子数を求める】 250g の砂糖($C_{12}H_{22}O_{11}$) 中には何個の砂糖分子があるか？(解答 4.4×10^{23} 個)
3. 【気体中の分子数を求める】 標準状態で 1.0-L の空気中には何個の分子があるか？(解答 2.7×10^{22} 個)
4. 【分子式を求める】 人参中に含まれる β カロテンのモル質量は $536g/mol$ である。 β カロテンの分子式を求めよ。(解答 $C_{40}H_{56}$)
5. 【質量から原子数を求める】 人体には約 9.5%の炭素が含まれている。体重 59kg の人の中には何個の炭素原子があるか？(解答 2.8×10^{26} 個)

練習問題

1. 1モルの水の中には何個の水分子があるか？
2. 1モルのNaOHの質量はいくつか？
3. 炭素 36g、酸素 8g、水素 6g を含む化合物の実験式を書け。
4. 次の物質のモル数を求めよ。
(1) 67.6gH₂O, (2) 264.5gCa(OH)₂, (3) 76.5gSO₃, (4) 229.0gNaNO₃
5. 次のものの質量を求めよ、
(1) 0.882モルのO₂, (2) 1.62モルのCaCO₃, (3) 3.24モルのCF₃, (4) 0.090モルのBaCl₂
6. 次のものの分子数を求めよ。
(1) 1.5モルのCH₄, (2) 0.116モルのNO₂, (3) 1.32モルのF₂, (4) 0.92モルのH₂
7. 次のもののモル数を求めよ。
(1) 2.67×10^{22} 個のMg原子 (2) 3.25×10^{23} 個のFeSO₄ (式量) (3) 9.25×10^{23} 分子のO₂ (4) 8.17×10^{24} 分子のNH₃
8. 次の気体のSTPに於ける体積を求めよ。
(1) 83.5LのCO₂, (2) 15.8LのNH₃, (3) 55.2LのHe, (4) 34.5LのH₂

11章 化学反応式

確認問題

1. 化学反応式の係数は何を表しているのか？
2. 化学量論によって、質量→質量、質量→体積、体積→体積の変換問題を解くことが出来る。それぞれの手順をまとめて述べよ。
3. どのようにして反応生成物の収率は計算されるのか？
4. 何によって化学反応生成物の量は制限されるのか？

説明問題

1. 化学量論的な問題を解くためには物質の量をモル数に換算しなければならない理由を説明せよ。
2. 化学量論的割合とは何か説明せよ。
3. 化学反応式の係数は、モル数、粒子数、気体の体積の割合を表しているが、質量変化を反映していないのはなぜか？

類題 (演習問題解答手順(p. 9)に従って与えられている解答を導き出す手順を書く演習)

1. 【収量の計算】メタンを酸素中で燃焼すると二酸化炭素と水となる。3. 2L の酸素が消費されたとき何L の二酸化炭素が生成するか? (解答 1. 6L)
2. 【収率の計算】15. 0g の窒素と 15. 0g の水素から 10. 5g のアンモニアが生成した。収率を求めよ。(解答 57. 7%)

練習問題

1. 12 モルの金属ナトリウムと反応して NaOH とするために必要な水は何モルか?
2. STP で 250mL の水素を燃やして水にするために何 mL の酸素が必要か?
3. 15 モルの水酸化アンモニウムをすべて硫酸アンモニウムとするには何分子の硫酸が必要か?
4. オクタン (C_8H_{18}) を酸素中で燃焼させたところ、320g のオクタンが燃焼し 392g の水が回収された。この実験の収率はいくらか?
5. 196. 5g の硫酸アルミニウムを得るためには、何 g のアルミニウムを硫酸と反応させねばならないか?

12 章 物質の三態

確認問題

1. 物質の三態とは何か?
2. 物質の状態変化は、構成粒子のどのような変化で起こるか?
3. 蒸発と凝縮のとき分子レベルでどのようなことが起こっているのか?
4. 三態以外の状態は何と何か?
5. 状態図の横軸・縦軸はそれぞれ何か?
6. 臨界温度とは何か?
7. 臨界圧力とは何か?

説明問題

1. 蒸気圧の定義を述べて、沸点との関係を説明せよ。
2. 状態の変化とエネルギーの関係を説明せよ。
3. 気体・液体・固体で分子拡散の違いを運動論的に説明せよ。
4. 液体と固体の似ている点、異なる点をあげよ。
5. 水の状態変化で他と違う特異的な事柄をあげよ。

6. 次の変化は、粒子間のどのような引力に抗して起こるのか？

(1) ダイヤモンドを気化させる。(2) 氷を溶かす。(3) 液体窒素を気化させる。(4) 食塩を溶解する。

7. 図 12.4 を見て次の問いに答えよ。

- (1) 1 気圧で氷を加熱したときどのような順で変化が起こるか？
- (2) 0.0623 気圧はどういう意味を持つか？
- (3) 超臨界水を得るために必要な温度・圧力はいくつ以上か？

練習問題

1. 37°C、20mol、2L の窒素ガスの圧力 P (atm) を van der Waals の式から求めよ。但し、 N_2 の係数 $a = 1.35 \text{ L}^2\text{atm/mol}$ 、 $b = 0.039 \text{ L/mol}$ である。 $R = 0.082$ 、 $N=14$ 。
また、この圧力を理想気体の状態方程式からも求め、違いについて考察せよ。

2. 次の値を参考にして問いに答えよ。

ベンゼン : MW 78、bp 80.1°C、mp 5.4°C

トルエン : MW 92、bp 110.8°C、mp -93°C

- a) 分子間力はどちらが大きいのか。
- b) 融点がベンゼンの方が高いのはなぜか。

13 章 気体

確認問題

- 1. 標準状態 (STP) とは、何 K、何 kPa か？
- 2. 絶対零度とは何°Cか？
- 3. 状態方程式とは何か？ 理想気体の状態方程式を書け。
- 4. 気体定数とは何か？
- 5. ファンデルワールスの状態方程式とは何か？
- 6. 状態図とは何か？その縦軸・横軸はそれぞれ何か？
- 7. 気体の法則に関するまとめの表を完成せよ。

法則	関係	方程式	固定値
ボイルの法則	P は V に反比例する	$PV=k$	T, n
シャルルの法則			
アボガドロの法則			
ドルトンの法則			

説明問題

1. ボイル、シャルル、アボガドロ、ドルトンの法則についてそれぞれ説明せよ。
2. 状態方程式で用いる温度は絶対温度であるのはなぜか？
3. どのような仮定が実在気体では成り立たないのか？
4. 気体の密度はモル質量、温度とどのような関係にあるか説明せよ。
5. 理想気体の状態方程式から気体の密度を計算する式を導け。
6. 理想気体の状態方程式は、ボイルの法則、シャルルの法則、アボガドロの法則の組み合わせであることを導け。

類題 (演習問題解答手順(p.9)に従って与えられている解答を導き出す手順を書く演習)

1. 【圧力単位変換】水銀気圧計の高さが745mmのとき気圧は何Paか？(解答 99300Pa)
2. 【状態方程式による体積の計算】9.45gのアセチレンの体積は標準状態で何Lか？
(解答 8.15L)

練習問題

1. 理想気体の法則を用いてアルゴンガスに関する状態変化に関する次表を完成せよ。

圧力	748mmHg		1.21 気圧
体積		5.25L	465L
温度	200°C	373K	
モル数		0.0857	25.0
質量	12.5g		

2. 温度25°Cで0.923Lを占める気体のシャルルの法則の定数はいくつか？
3. 0.999気圧, 300Kにおいて24.7モルの気体サンプルの体積は何Lか？
4. 100.0gの酸素が298K, 3.33気圧占める体積は何Lか？
5. 「標準状態」で 3.00×10^4 Lのヘリウムが入った気球が7kmの高さ(0.41気圧, -20°C)で占める体積は何Lか？
6. 25°C, 1atmの窒素ガス分子について下記の問いに答えよ。
 - a) 1mL中の分子数n
 - b) 平均速度
 - c) 1個の分子が1秒間あたりに衝突する回数 (衝突直径 $d=0.3\text{nm}$)
 - d) 1個の分子の平均自由行程
 - e) 1m^3 中の1秒あたりの衝突回数
 - f) 液体窒素の密度は、窒素ガス密度のおよそ何倍か

- g) 液体窒素の平均自由行路
- h) 液体窒素 1 m^3 中での 1 秒あたりの衝突回数

14 章 液体

確認問題

1. 溶解度の定義を述べよ。
2. モル濃度(molarity)と質量モル濃度(molality)の違いを述べよ。
3. モル分率(mole fraction)の単位は何か？
4. 一般に、気体の溶解度はどうやって表すか？
5. ヘンリーの法則とは何か？
6. ラウールの法則とは何か？
7. 束一的性質は何か？溶液に関してその性質を示す現象を 4 つ挙げよ。
8. コロイド溶液とは何か？その特徴的な性質を 6 つ挙げよ。

説明問題

1. 溶解とはどういう現象か？粒子のレベルでエネルギーとの関わりを説明せよ。
2. 溶解を左右する 3 つの因子について説明せよ。
3. どうしたら溶解速度をはやめることができるか。
4. メタンとエタンの分子間力を比較して、エタンの方が沸点が高いことを説明せよ。
5. 沸点上昇と凝固点降下の現象を比較対照しながら説明せよ。
6. 沸騰と蒸発の違いを説明せよ。
7. 液体の沸点は圧力の影響を大きく受けるのに対して、固体の融解点はあまり影響を受けないのはなぜか？
8. 融解熱が蒸発熱よりも一般に低いのはなぜか？

類題 (演習問題解答手順(p. 9)に従って与えられている解答を導き出す手順を書く演習)

1. 【凝固点降下】 16.0 kg の水の凝固点を -30°C に低下させるには、何 kg のエチレングリコール ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) を加える必要があるか。(解答 16.0 kg)
2. 【浸透圧から分子量の求め方】 ヘモグロビン 35 g を水 1 L に溶解して 25°C で浸透圧を測ったところ 10.0 mmHg であった。ヘモグロビンの分子量を計算せよ。但し、 $1\text{ atm}=760\text{ mmHg}$ 、 $\Pi=mRT$ 、 $R=0.082\text{ LatmK}^{-1}\text{ mol}^{-1}$ (解答 $65,000$)

練習問題

1. 10.0g の硫酸を水で薄めて 100.0mL にした場合の溶液のモル濃度はいくつか？
2. 0.500L の 0.0100M 臭素水を作るには何 g の臭素が必要か？
3. 16.1g の塩素を 5.000g の水に溶かした時の質量モル濃度はいくつか？
4. 1.576g の鉄と 0.0021g の鉛を含む溶液の質量モル濃度はいくつか？
5. 1500g の二酸化炭素に 128.0g の二酸化硫黄が含まれている場合、そのモル分率はいくつか？
6. 0.500g の水の沸点を 5.0°C 上げるためには、何 g の砂糖を加えればいいのか？

15章 固体

確認問題

1. 結晶系の格子定数とはなにか？
2. 固体の種類を 4 種あげ、それぞれの結合、性質の違いを述べよ。
3. 非晶質固体が結晶と異なる点をあげなさい。
4. 固体から液体を経ないで直接気体になる現象を何というか？また、その逆を何というか？

説明問題

1. 結晶水とはなにか？結晶水を持つことで知られている化合物をあげなさい。
2. 4°Cの水は氷よりも高い密度をもつことが知られている。このことを氷の結晶構造から考察せよ。
3. 固体→液体の状態の変化にはエネルギーがどのように関わっているか説明せよ。
4. 固体と液体の類似点と相違点を述べよ。
5. 気体→液体→固体の分子レベルでの変化を分子運動論的に説明せよ。
6. どのような場合にアモルファスになるか説明せよ。
7. 昇華しやすい固体としてドライアイスとヨウ素が知られている。これらにどうして昇華性があるのか考察せよ。
8. 金属元素 Cu、Ag、Au に関する次の問題に答えよ。
 - a) これらの金属は共通した金属結晶の格子配列をしている。その格子名と充填構造名を記せ。
 - b) これらの金属の金属結合エネルギーの由来について、最外殻 s 軌道由来の結合性 s band などの言葉を用いて説明せよ。
 - c) これらの金属が光を反射する機構を説明せよ。

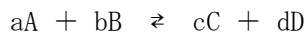
練習問題

1. 粒子が互いに近くに存在していながら固定されていない状態はどれか？
(1) 気体、(2) 液体、(3) 固体、(4) プラズマ
2. 導電性のある固体はどれか？
(1) イオン性、(2) 分子性、(3) 金属性
3. 過冷却流体の状態は
(1) 結晶、(2) イオン性、(3) 無定形 (4) 金属

16章 化学平衡

確認問題

1. 動的平衡とはどういうことか。
2. 平衡定数とは何を表しているのか。
3. ルシャトリエの原理とはどんなことか。
(1) 温度変化、(2) 濃度変化、(3) 圧力変化についてそれぞれ述べてよ。
4. 次の反応が平衡状態にあるとき、平衡定数を表す式を示せ。



5. 次の反応式中の(g)、(l)および(s)は、各々何を意味するか。

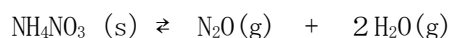


説明問題

1. 質量作用の法則と化学平衡の関係を説明せよ。
2. ハーバーのアンモニア合成とルシャトリエの原理との関わりを説明せよ。
3. 工業的なアンモニア合成の重要性について説明せよ。

類題 (演習問題解答手順(p.9)に従って与えられている解答を導き出す手順を書く演習)

1. 【平衡定数の式の立て方】一酸化窒素は次式のように硝酸アンモニウムの熱分解で得られる。化学平衡式



の平衡定数 K_c を表す式を示せ。(解答 $K_c = [\text{N}_2\text{O}][\text{H}_2\text{O}]^2$)

練習問題

- 次の反応が平衡状態にあるとき、平衡定数を表す式を示せ。
 - $2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 - $\text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 - $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$
- 次の固体を含む反応が平衡状態にあるとき、平衡定数を表す式を示せ。
 - $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
 - $2\text{HgO}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 - $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- 次の反応が平衡状態にあるとき、加圧により平衡はどちらに移動するか。
 - $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$
 - $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$
 - $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$
- 次の熱化学方程式で示される反応が平衡状態にあるとき、加熱により平衡はどちらに移動するか。
 - $2\text{CO}(\text{g}) = 2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) - 221 \text{ kJ}$
 - $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g}) + 185 \text{ kJ}$
 - $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) - 118 \text{ kJ}$

17章 溶解と沈殿

確認問題

- 次の溶解平衡から、各々の難溶性塩の溶解度積を表す式を示せ。
 - $\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$
 - $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{OH}^-(\text{aq})$
 - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s}) \rightleftharpoons 3\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$
- 次の塩を P. 145~P. 146 の「水に対する塩の溶解生に関する一般則」にしたがって、水に対して易溶性の塩と難溶性の塩に分けよ。
 - a) NaCl, b) AgCl, c) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, d) BaSO_4 , e) CaCO_3 , f) KNO_3

練習問題

- 25°Cにおける硫酸銀 Ag_2SO_4 の飽和水溶液がある。この溶液の Ag^+ 濃度が $2.9 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ であるとき、同温度での Ag_2SO_4 の溶解度積 K_{sp} はいくらになるか。
- 25°Cにおけるクロム酸バリウム BaCrO_4 の飽和水溶液がある。この溶液の CrO_4^{2-} の濃度はいくらになるか。ただし、同温度での BaCrO_4 の溶解度積 K_{sp} は $2.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ とする。
- 次の反応の分子反応式(a)、イオン反応式(b)および実効イオン反応式(c)を示せ。
 - 硝酸カルシウム $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ の水溶液と炭酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ の水溶液から炭酸カルシウム CaCO_3 が沈殿する反応。
 - 塩化銅(II) CuCl_2 の水溶液と硫化アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ の水溶液から硫化銅(II) CuS が沈殿する反応。
- 塩化鉛(II) PbCl_2 の飽和溶液 1 L に、塩化ナトリウム NaCl を 5.85 g 加えたとき、 Pb^{2+} のモル濃度は NaCl の添加前後でどのように変化するか。ただし、 PbCl_2 の K_{sp} は $1.6 \times 10^{-5} (\text{mol/L})^3$ とする。

調査考察課題（追加）

- 25°Cにおいて、水酸化アルミニウム $\text{Al}(\text{OH})_3$ の水に対する溶解度が $S \text{ g/L}$ であるとき、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の溶解度積 K_{sp} はどのような式で表せるか導入せよ。

18章 酸・塩基

確認問題

- 次の事柄は、酸・塩基のどちらに当てはまるかを答えよ。
 - 苦味を持つ。
 - 鉄や亜鉛と反応して水素を発生させる。
 - 青色リトマス試験紙を赤くする。
 - ヌルヌルした感触がある。
 - すっぱい味を持つ。
 - 木などを燃やした灰の中に存在する。
- アレニウスの定義による酸と塩基を説明せよ。
- ブレンステッド・ローリーによる酸と塩基の定義をのべアレニウスの定義との違いを説明せよ。
- 水の電離平衡の平衡定数 K を表す式を書け。
- pHの定義の式を書け。

6. 解離度について簡単に説明し、解離度を求める式を書け。
7. 解離度の大小と酸・塩基の強弱の関係を述べよ。
8. 中和反応で生じるものを何と呼ぶか。
9. 酸と塩基とが過不足なく中和するのは次のどの状態のときか。正しいものを全て選べ。
 - (1) pHがちょうど7になる。
 - (2) 酸と塩基の物質量が等しい。
 - (3) 酸が放出できうる H^+ と塩基が放出できうる OH^- の物質量が等しい。
 - (4) 酸が持っているH原子の物質量と塩基が受け取れる H^+ の物質量が等しい。
10. 緩衝溶液とは何か簡単に説明せよ。
11. 次の中和滴定における中和点のpHは、(ア)7より小さい、(イ)ほぼ7になる、(ウ)7より大きい、(エ)わからない、のいずれになるか、記号で答えよ。
 - (1) 強酸と強塩基
 - (2) 強酸と弱塩基
 - (3) 弱酸と強塩基
 - (4) 弱酸と弱塩基
12. 次の塩のうち、水溶液中で加水分解するものを全て選び、その水溶液の液性も答えよ。
 - (1) 酢酸ナトリウム
 - (2) 塩化アンモニウム
 - (3) 硝酸カルシウム
 - (4) 炭酸ナトリウム
 - (5) 硫酸銅(II)

説明問題 (特に指定がなければ、温度は 25°C とする。計算に必要な場合は、 $\log 2 = 0.30$ 、 $\log 3 = 0.48$ を用いよ。)

1. 塩酸、酢酸、硫酸、水酸化ナトリウム、水酸化カルシウムの水中での電離式を書け。
2. 酸・塩基の価数について簡単に説明せよ。
3. 共役酸と共役塩基について、電離式を用いて説明せよ。
4. 問題3の式から新たな平衡定数を水のイオン積 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$ としてよい理由を述べよ。
5. リン酸は3価の酸である。リン酸が電離して H^+ を生じ、ついにはリン酸イオン PO_4^{3-} になる過程を3つの電離式で示せ。
6. 酸の化学式をHAとするとき、酸の電離平衡から酸解離定数 K_a を表す式を導け。
7. 塩基の化学式をBとするとき、塩基の電離平衡から塩基解離定数 K_b を表す式を導け。
8. 純水中での $[\text{H}_3\text{O}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ を答えよ。

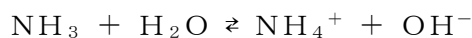
9. 酸性水溶液中での $[\text{OH}^-]$ は問題 8 の値より大きいか小さいかを答えよ。
10. 問題 8 の条件下での pH は 7 より大きいか小さいかを答えよ。
11. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ の水溶液の $[\text{OH}^-]$ と pH を求めよ。
12. $[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ の水溶液の $[\text{H}_3\text{O}^+]$ と pH を求めよ。
13. pH = 9 の水溶液 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ を求めよ。
14. 塩基 B の共役酸を BH^+ とし、 BH^+ の酸解離定数を K_a 、B の塩基解離定数を K_b とするとき、水のイオン積 $K_w = K_a \times K_b$ であることを示せ。
15. アンモニア・塩化アンモニウム混合水溶液の緩衝作用について、電離式を使って説明せよ。

練習問題 (特に指定がなければ、温度は 25°C とする。計算に必要な場合は、 $\log 2 = 0.30$ 、 $\log 3 = 0.48$ を用いよ。)

1. 30°C における水のイオン積は $1.5 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}$ である。 30°C の純水中での $[\text{H}_3\text{O}^+]$ と $[\text{OH}^-]$ の値を計算せよ。
3. $[\text{OH}^-] = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ の水溶液の $[\text{H}_3\text{O}^+]$ と pH を求めよ。
4. 次の中和滴定において指示薬として適切なものを、(ア)メチルオレンジ、(イ)フェノールフタレイン、から選び、記号で答えよ。
 - (1) 強酸の水溶液を強塩基で滴定する。
 - (2) 弱酸の水溶液を強塩基で滴定する。
 - (3) 弱塩基の水溶液を強酸で滴定する。
5. 塩化水素 1.0 mol と硫酸 1.0 mol をちょうど中和するのに必要な水酸化ナトリウム(式量 40)の質量を求めよ。また、それぞれで生じる塩の名称も答えよ。
6. 0.010 mol L^{-1} のアンモニア水と水酸化カルシウム水溶液がある。各 200 mL とちょうど中和する酢酸(分子量 60)の質量を求めよ。また、それぞれの中和で生じる塩の名称も答えよ。
7. 2 価の弱酸であるシュウ酸の 0.100 mol L^{-1} 水溶液 10.0 mL をホールピペットを用いて測りとった。これに適切な指示薬を 3 滴加えて、濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液を加えていったところ、 8.00 mL を加えたところで中和点に達した。この中和滴定における適切な指示薬の名称と、中和点前後での色の変化と、生じた塩の名称を答えよ。また、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求めよ。

調査考察課題（追加）

1. 【pHの計算】アンモニアは水中で次のような電離平衡の状態にある。



0.10mol L⁻¹のアンモニア水 100mL に塩化アンモニウムの固体 0.020mol を加えた水溶液の pH を求めよ。ただし、アンモニアの電離平衡の平衡定数 K_b の値を $2.0 \times 10^{-5} \text{mol L}^{-1}$ 、塩化アンモニウムは水中で完全に電離し、溶液の体積は変化しないとして考えよ。

2. 【中和滴定の滴定曲線】 中和滴定における水溶液の pH を表すグラフを滴定曲線という。滴定曲線の特徴は、中和点付近で大きく pH が変化することである。このことを、実際に滴定実験するのではなく、数値計算することにより理解してみよう。ここでは、0.100mol L⁻¹の塩酸 50.0mL を同じ濃度の水酸化ナトリウム水溶液で滴定するとして考える。

HCl の体積 (mL)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
NaOH の体積 (mL)	0.0	40.0	49.0	49.9	50.0
残る H ₃ O ⁺ (10 ⁻³ mol)	5.00	1.00	0.100	0.0100	1.00 × 10 ⁻⁷
溶液の体積 (mL)	50.0	90.0	99.0	99.9	100.0
H ₃ O ⁺ の濃度 (molL ⁻¹)	0.100	0.0111	0.00101	0.000100	1.00 × 10 ⁻⁷
pH	1.00	1.95	3.00	4.00	7.00

HCl の体積 (mL)	50.0	50.0	50.0	50.0
NaOH の体積 (mL)	50.1	51.0	60.0	100.0
残る OH ⁻ (10 ⁻³ mol)	0.0100	0.100	1.00	5.00
溶液の体積 (mL)	100.1	101.0	110.0	150.0
OH ⁻ の濃度 (molL ⁻¹)	9.99 × 10 ⁻⁵	9.90 × 10 ⁻⁴	0.00909	0.0333
pH	10.00	11.00	11.96	12.52

このデータを基に、横軸に加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積 (mL)、縦軸に pH をとり、グラフをかいてみよ。中和点前後で pH が大きく変化することが分かるはずである。(実際の滴定実験では、加えた水酸化ナトリウム水溶液の体積が 49.9~50.1mL で pH が大きく変化し、指示薬の色もガラッと変わることから、中和点が 50.0mL であることが分かるのである。)

19章 酸化還元反応と電気化学

確認問題

- 酸化とはどういうことか。還元とはどういうことか。電子との関わりを答えよ。
- 酸化数とは何か。酸化還元との関わりを答えよ。
- つぎの化合物を酸化剤なら[O]、還元剤なら[R]と記し、その生成物を下から選びその番号を記せ。
(a) O_2 ([O], ①) (b) H_2 () (c) Cl_2 () (d) C ()
(e) MnO_4^- () (f) HNO_3 () (g) CH_4 () (h) Na ()
① H_2O , O^{2-} ② Cl^- ③ CO_2 ④ CO_2+H_2O ⑤ Na^+ ⑥ NO , NO_2 ⑦ Mn^{2+} ⑧ H_2O , H^+
- ボルタ電池の電極は何と何か。
- 分極とはどういう現象か。減極剤はどういう作用をするのか。
- ボルタ電池に対してダニエル電池の改良点は何か。
- 電池の起電力は何によって決まるのか。
- 二次電池とは何か。
- 電気分解における陰極は電池の正極につながっているのか負極につながっているのか。
- 電気分解における陰極で起こっている反応は酸化反応か還元反応か。
- ファラデー定数はどういう意味を持っているのか。

説明問題

- 酸化反応と還元反応はなぜ同時に起こるのか？
- 漂白剤の一例をあげ、どのような作用で漂白しているか説明せよ。
- 酸化還元反応式の左右で電荷がバランスしなければならないのはなぜか？
- 酸素と結合することがなぜ酸化になるのか電子の移動の観点から説明せよ。
- 窒素の酸化数の最大が+5で最小が-3であることをその電子配置を用いて説明せよ。
- なぜ標準電極電位として0.00Vの水素電極を用いる必要があるのか？
- 標準酸化電位と標準還元電位とは何か。互いにどういう関係にあるか。
- マンガン乾電池とアルカリ電池の違いを述べよ。
- ボルタ電池の亜鉛を錫に置き換えた場合の起電力は高くなるか低くなるか。
- 燃料電池とは何か。通常の電池とどこが違うのか。

類題 (演習問題解答手順(p.9)に従って、与えられている解答を導き出す手順を書く)

- 【酸化数の計算】次の反応の係数を定め、個々の原子の酸化数を求めて何が酸化剤で何が酸化されたのかを定めよ。
 $NaI + H_2SO_4 \rightarrow H_2S + I_2 + Na_2SO_4 + H_2O$
(解答 $8NaI + 5H_2SO_4 \rightarrow H_2S + 4I_2 + 4Na_2SO_4 + 4H_2O$, H_2SO_4 がIを酸化)

2. 【起電力の計算】 希硫酸中でマグネシウムと錫を電極とする電池の起電力を計算せよ。
(解答 +2.23V)

練習問題

1. 燃料電池で水素の酸化反応 $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ が標準状態で可逆的に行われたときの水素 1 mol あたりの電気的工作 w および電池から放出される熱 $-q = -T\Delta S$ は何 kJ か。また、反応エンタルピー変化 ΔH の何%が電気的工作 w になるか。付表 3 のデータを用いて計算せよ。

20章 反応の速度

確認問題

1. 反応速度とは、[]あたりの[]の減少または[]の増加である。
2. 反応速度式とは、反応速度に及ぼす[]の影響を表したものである。
3. 反応速度定数とは、反応速度式の[]である。
4. 反応物と[]のエネルギー差を活性化エネルギーという。
5. 反応速度定数と温度との関係式を[]の式という。
6. 少量で反応速度に関与する物質を[]という。

説明問題

1. 反応速度式を求めるにはどのような実験をしたらよいか。
2. 反応速度式には次数（濃度のべき数の指数）があるのはどうしてか。
3. 反応機構とはどういうことか。中間体とは何か。
4. 律速段階とは何か。具体的な例をあげて説明せよ。
5. 衝突理論において、有効な衝突と有効でない衝突があるのはなぜか。
6. 活性化エネルギーを求めるにはどのような実験をしたらよいか。

類題 (演習問題解答手順(p.9)に従って、与えられている解答を導き出す手順を書く)

1. 【速度式から速度の予想】ヨウ化水素の分解反応 $2\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ の反応速度式は、反応速度 $= k[\text{HI}]^2$ である。HI の濃度を 100M から 400M にしたとき反応速度は何倍になるか。(解答 16.0 倍)
2. 【反応速度定数、半減期の計算】二酸化窒素の熱分解 $2\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$ は 2 次反応である。300°Cにおいて、 NO_2 の初濃度 a が $8.0 \times 10^{-3}\text{M}$ の時、200 秒後の濃度は $4.3 \times 10^{-3}\text{M}$ であった。この反応の速度定数 k と半減期 $t_{1/2}$ を求めよ。 $t_{1/2} = 1/ak$ である。
(解答 $k = 0.54 (1/\text{s} \cdot \text{M})$ $t_{1/2} = 2.3 \times 10^2 \text{s}$)

練習問題

- 熱分解反応 $\text{CH}_3\text{N}=\text{NCH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3 + \text{N}_2$ は1次反応である。 $\text{CH}_3\text{N}=\text{NCH}_3$ (A) の濃度が $2.4 \times 10^{-2} \text{M}$ (mol/L) の時、反応速度 $-d[\text{A}]/dt$ は $6.0 \times 10^{-6} \text{M/s}$ であった。この反応の速度定数 k を求めよ。
- 胃で吸収された放射性ヨウ素 $^{131}_{53}\text{I}$ は甲状腺で 15,000 倍も濃縮され悪性甲状腺腫瘍を誘起するが、このヨウ素は $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + \beta^- + \gamma$ の1次反応 ($k = 6 \times 10^{-5} \text{L/min}$) で崩壊する。このヨウ素の濃度を 1 とすると、30 日後の濃度はいくつになるか。
- ブタジエンの重合反応 $2\text{C}_4\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{12}$ は2次反応である。ある温度においてブタジエンの初濃度 a が $2.0 \times 10^{-2} \text{M}$ のとき、60 分後のその濃度 x は $4.3 \times 10^{-3} \text{M}$ であった。2次反応の積分式 $kt = x/a(a-x)$ を用いてこの反応の速度定数 k ($1/\text{M} \cdot \text{min}$) と半減期 $t_{1/2}(\text{min})$ を求めよ。2次反応の半減期は $t_{1/2} = 1/ak$ である。

21章 化学反応と熱

確認問題

- ΔH の符号と熱の出入りの関係について次表の空欄を埋めよ。

ΔH の符号	過程	熱の出入り
+		
-		

- 標準エンタルピー変化 ΔH° とは [] °C、[] atm のときの値である。

練習問題

- 化学反応 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ の標準状態における反応熱 ΔH° を付表 3 の熱力学データを用いて計算せよ。
- 反応物と生成物の全ての ΔH がわからなくても、切断される結合と形成される結合の平均結合エネルギー値 D の差からおおよそその反応熱を求めることが出来る。
化学反応 $\text{CH}_3\text{I} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{HI}$ の標準状態での反応熱を略算してみよ。
但し、 $D_{\text{C-I}} = 244 \text{kJ/mol}$, $D_{\text{I-H}} = 299 \text{kJ/mol}$
- 標準状態における化学反応 $\text{H}_2 + \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$ について、
反応熱 ΔH° を平均結合エネルギーから略算して、発熱反応であるか否かを判断せよ。
但し、平均結合エネルギーは、 $D_{\text{H-H}} = 430$, $D_{\text{C=C}} = 602$, $D_{\text{C-C}} = 346$, $D_{\text{C-H}} = 413$ kJ/mol

22章 化学熱力学

確認問題

1. エントロピー変化と反応の自発性について次表の空欄を埋めよ。

反応のタイプ	$\Delta S_{\text{反応}}$	$\Delta H_{\text{反応}}$	$\Delta S_{\text{外部}}$	$\Delta S_{\text{反応}} + \Delta S_{\text{外部}}$	反応の自発性
発熱・エントロピー増	+	-	+	+	○
吸熱・エントロピー増					
発熱・エントロピー減					
吸熱・エントロピー減					

2. 自由エネルギー変化と反応の自発性について次表の空欄を埋めよ。

反応のタイプ	$\Delta S_{\text{反応}}$	$\Delta H_{\text{反応}}$	ΔG	反応の自発性
発熱・エントロピー増	+	-	-	温度によらず ○
吸熱・エントロピー増				
発熱・エントロピー減				
吸熱・エントロピー減				

3. ΔG^0 とは[]のことである。

4. ΔG^0 と平衡定数 K_{eq} の関係式を書け。

5. 反応物と生成物の間に化学平衡がなりたっている場合を[]という。

6. 生成物比がその反応速度比によって決まる場合を[]という。

練習問題

1. ある系が外圧 5.0atm に抗して 12.0L から 14.5L に膨張した時、系が失った仕事エネルギー w (J) を計算せよ。ただし、 $L \cdot atm = 101J$ とする。

2. 化学反応 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ の標準状態における系の ΔS^0 を付表3のデータを用いて計算せよ。また、この時、反応系周囲のエントロピー変化はどうなるか計算してみよ。

3. 化学反応 $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + CO_2(g)$ の標準状態での自由エネルギー変化 ΔG^0 を付表3のデータを用いて計算せよ。

4. 化学反応 $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ の標準状態での反応熱 ΔH^0 、エントロピー変化 ΔS^0 、自由エネルギー変化 ΔG^0 を計算せよ。この反応では熱が発生するか、エントロピーが増えるか、また、矢印の方向に進行するかを判断せよ。ただし、 I_2 と HI の S^0 は、それぞれ 0、25.9kJ/mol、 ΔH^0 は 116.7、206.3J/K・mol である。