

1 原子量の計算

★★★

問題

天然に存在する塩素には ^{35}Cl と ^{37}Cl の同位体があり，それぞれの相対質量が 35, 37, 存在比が 75%, 25% であるとする。

- (1) 天然に存在する塩素の原子量はいくらか。小数点以下 1 桁まで求めよ。
- (2) 天然に存在する塩素分子 Cl_2 には何種類の質量のものが考えられるか。その数を答えよ。
- (3) 天然に存在する割合が最も多い塩素分子の分子量を求めよ。

2 物質量の計算①（単位の換算）

★★★

問題

- ☐ (1) 硫酸 49g は何 mol か。
- ☐ (2) 炭酸カルシウム 2.5mol は何 g か。
- ☐ (3) 塩化マグネシウム 9.5g に含まれる塩化物イオンは何個か。
- ☐ (4) 標準状態で 56L の酸素は何 mol か。
- ☐ (5) 二酸化炭素 2.2g の体積は標準状態で何 L か。
- ☐ (6) 標準状態で 8.96L の気体の質量は 11.2g であった。この気体の分子量はいくらか。

3 物質量の計算②（アボガドロ定数を求める）



問題

- (1) ステアリン酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ 0.284 g をシクロヘキサンに溶かし、全体を 1.0 L にした。純水の表面にタルク（滑石粉）を均一にまき、ステアリン酸－シクロヘキサン溶液 0.40 mL を滴下した。滴下液中に含まれるステアリン酸の物質量は何 mol か。
- (2) (1)の滴下液中のシクロヘキサンが蒸発したあとに、ステアリン酸の単分子膜(分子 1 個分の厚さの膜)の面積を測定したら 525 cm^2 であった。ステアリン酸 1 分子の断面積を $2.1 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ としたとき、単分子膜に含まれるステアリン酸の分子数は何個か。
- (3) この実験方法によって得られた結果からアボガドロ定数はいくつになるか。単位を含めて答えよ。

4 濃度①（%, mol/L, mol/kg を求める）

★★★

問題

水酸化ナトリウム 25g を水 100g に溶解させた溶液の密度が 1.2 g/cm^3 であった。

- ☐ (1) この水溶液の質量パーセント濃度は何%か。
- ☐ (2) この水溶液のモル濃度は何 mol/L か。
- ☐ (3) この水溶液の質量モル濃度は何 mol/kg か。

5 濃度②（溶液の希釈，%→mol/L の換算）

★★★

問題

98 %の濃硫酸(密度 1.8 g/cm^3)を水で希釈し， 2.4 mol/L の希硫酸(密度 1.14 g/cm^3)を 300 mL 作りたい。

- ☐ (1) この濃硫酸のモル濃度は何 mol/L か。
- ☐ (2) 必要な濃硫酸の量は何 mL か，求めなさい。
- ☐ (3) 加えた水（密度 1.0 g/cm^3 ）の量は何 mL か，求めなさい。

6 濃度③ (g, %, mol/L を求める)

★★★

問題

- ☐ (1) 0.10 mol/L 酢酸 CH_3COOH 水溶液 100 mL に酢酸は何 g 溶けているか。
- ☐ (2) 3.0 mol/L の塩酸 (密度 1.05 g/cm^3) の質量パーセント濃度は何%か。
- ☐ (3) 12 mol/L の濃硝酸 10mL に水を加えて 500mL にした。元の硝酸は何倍にうすまったか。また、うすまった硝酸のモル濃度は何 mol/L か。

7 反応の量的関係① (バランスシートの活用)

★★★

問題

4.0 g のメタンと標準状態において 33.6 L の酸素を混合し, 点火してメタンを完全燃焼させた。

- ☐ (1) 反応前のメタンおよび酸素は何 mol か。
- ☐ (2) 反応せずに残った酸素は何 mol か。
- ☐ (3) 生成した二酸化炭素は標準状態で何 L か。
- ☐ (4) 生成した水は何 g か。

8 反応の量的関係②（混合物の反応）

★★

問題

一酸化炭素 CO とプロパン C_3H_8 の混合気体 10 mL を完全燃焼させると、二酸化炭素が 14 mL 得られた。気体の体積はすべて標準状態でのものとする。

□(1) もとの混合気体中の一酸化炭素は何mL であったか。

□(2) 燃焼に必要な空気は標準状態で何 mL か。ただし、空気は窒素と酸素が体積比 4 : 1 で混合しているものとする。

9 種々の反応熱①（化学変化に関する熱）

★★★

問題

次の文を熱化学方程式およびエネルギー図で示せ。

- ☐ (1) 1.6 g のメタン CH_4 を燃焼させたところ、89 kJ 発生した。
- ☐ (2) アンモニアの生成熱は 46 kJ/mol の発熱である。
- ☐ (3) 0.50 mol の食塩を水に溶かすと、2.0 kJ の熱を吸収した。
- ☐ (4) 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和によって水が 1.8 g 生じるとき、5.7 kJ の熱を発生する。

10 種々の反応熱②（状態変化と結合に関する熱）

★★★

問題

次の文を熱化学方程式およびエネルギー図で示せ。数値は整数で示せ。

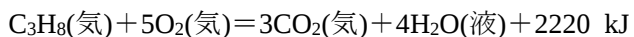
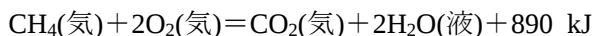
- ☐ (1) H_2O の蒸発熱は 44 kJ/mol である。
- ☐ (2) H_2O の融解熱は 6.0 kJ/mol である。
- ☐ (3) H_2 (気)の結合エネルギーは 436 kJ/mol である。
- ☐ (4) C-H の結合エネルギーが 416 kJ/mol のときの CH_4 (気)の解離エネルギー。

11 反応熱の量的関係

★★★

問題

次の熱化学方程式を参考にして答えよ。



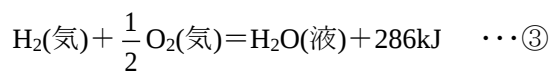
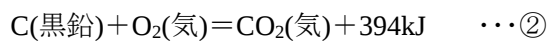
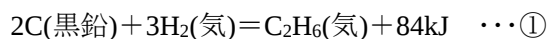
- ☐ (1) メタン 0.40 mol を完全燃焼させたとき、生じた熱量は何 kJ か。
- ☐ (2) 発熱量が 555 kJ のとき、完全燃焼したプロパンは何 g か。
- ☐ (3) 同じ質量を完全燃焼させたとき、生じた熱量が多い気体はどちらか。
- ☐ (4) 同じ熱量を得るのに、二酸化炭素の発生する体積が多い気体はどちらか。

12 ヘスの法則①（熱化学方程式とエネルギー図の利用）

★★★

問題

□ 次の熱化学方程式①～③を用いて C_2H_6 (気)の燃焼熱 $[\text{kJ/mol}]$ を整数で求めよ。



13 ヘスの法則②（エネルギー図と「右－左」の式の利用）

★★★

問題

- $\text{CO}_2(\text{気})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ の生成熱はそれぞれ, 394 kJ/mol, 286 kJ/mol, アセチレン $\text{C}_2\text{H}_2(\text{気})$ の燃焼熱は 1302 kJ/mol である。 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{気})$ の生成熱 [kJ/mol] を整数で求めよ。

14 ヘスの法則③（結合エネルギー）

★★

問題

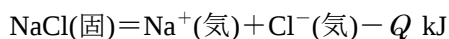
- $\text{H}-\text{H}$, $\text{N}\equiv\text{N}$, $\text{N}-\text{H}$ の結合エネルギーはそれぞれ, 436 kJ/mol , 946 kJ/mol , 391 kJ/mol である。 $\text{NH}_3(\text{気})$ の生成熱 $[\text{kJ/mol}]$ を整数で求めよ。

15 ヘスの法則④（格子エネルギーを求める）



問題

□ イオン結晶 NaCl の格子エネルギー Q [kJ/mol] を次の①～⑤を用いて整数で求めよ。



① $\text{Na(固)} + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{気}) = \text{NaCl(固)} + 411 \text{ kJ}$

② $\text{Na(固)} = \text{Na(気)} - 107 \text{ kJ}$

③ $\text{Cl}_2(\text{気}) = 2\text{Cl(気)} - 244 \text{ kJ}$

④ $\text{Na(気)} = \text{Na}^+(\text{気}) + \text{e}^- - 496 \text{ kJ}$

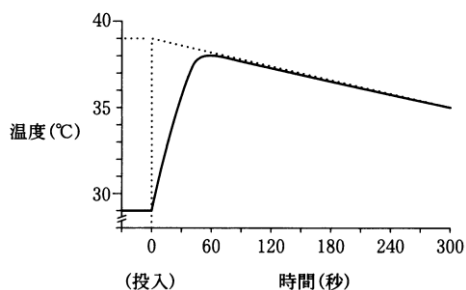
⑤ $\text{Cl(気)} + \text{e}^- = \text{Cl}^-(\text{気}) + 349 \text{ kJ}$

16 比熱を用いた計算

★★

問題

- 純水 48 g を入れた発泡ポリスチレン製のコップに固体の水酸化ナトリウム 2.0 g を加え、かき混ぜながら温度をはかったところ、グラフのような測定結果が得られた。水酸化ナトリウムの溶解熱は何 kJ/mol か。整数で答えよ。ただし、溶液の比熱はすべて $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ とする。

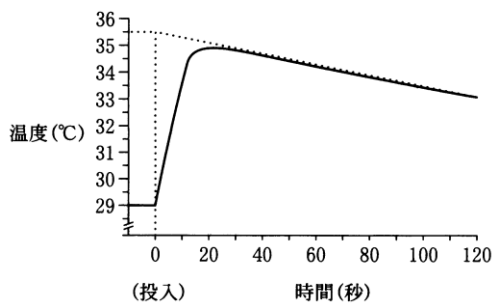


17 中和熱の計算

★★

問題

- 2.0 mol/L の塩酸 50 mL を入れた発泡ポリスチレン製のコップに 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 50 mL(29℃)をすべて加え、かき混ぜながら温度をはかったところ、グラフのような測定結果が得られた。水酸化ナトリウムと塩酸の中和熱は何 kJ/mol か。整数で答えよ。ただし、溶液の比熱はすべて $4.2 \text{ J/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$ 、溶液の密度はすべて 1.0 g/cm^3 とする。



18 中和反応の量的関係

★★★

問題

- (1) 0.10 mol/L の酢酸 20 mL を中和するのに、水酸化ナトリウム水溶液を 10mL 必要とした。この水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。
- (2) 純粋な水酸化ナトリウムの固体を溶かした水に、 0.50mol/L の硫酸を 10mL 加えたところ、完全に中和した。溶かした水酸化ナトリウムは何 g か。

19 水素イオン濃度①（強酸と強塩基の pH）

★★★

問題

強酸，強塩基の電離度は 1.0，水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ とし，小数第 1 位まで求めよ。

- ☐ (1) 0.050 mol/L の硫酸水溶液の pH はいくらか。
- ☐ (2) 0.10 mol/L の酢酸水溶液の pH はいくらか。ただし，電離度は 0.010 とする。
- ☐ (3) 0.010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH はいくらか。

20 水素イオン濃度（薄い強酸の $[H^+]$ とpH）

★

問題

□ 空欄(1), (2)に適切な数値を入れよ。

強酸 HA は、水溶液中ではほぼ完全に H^+ と A^- に電離している。したがって、水の電離によって生じる $[H^+]$ が無視できる範囲、たとえば $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の塩酸の $[H^+]$ は(1) mol/L となる。

しかし、非常に希薄な強酸の水溶液では、水の電離による $[H^+]$ が無視できない。たとえば、 25°C で $1.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ の塩酸において、水の電離によって生じる $[H^+]$ を x $[\text{mol/L}]$ として、水のイオン積 $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ を利用すると x が求まる。これより、全水素イオン濃度は(2) mol/L と計算される。

21 中和滴定

★★★

問題

0.10mol/L のシュウ酸 10mL を、器具 A を用いてコニカルビーカーにとり、指示薬を数滴加えた。次に濃度のわからない水酸化ナトリウム水溶液を器具 B より滴下したところ、中和点までに 8.0mL 必要であった。

- ☐ (1) 器具 A, B の名称を答えよ。
- ☐ (2) 指示薬として適当なものを答えよ。また、選んだ理由を簡潔に答えよ。
- ☐ (3) 水酸化ナトリウム水溶液は何 mol/L か。

22 逆滴定①（塩基を塩基で調べる）

★★

問題

- ある量の気体のアンモニアを 0.30 mol/L の硫酸 40 mL に加え、よく振ってアンモニアをすべて吸収させた。反応せずに残った硫酸を 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、 20 mL を要した。はじめのアンモニアの体積は、標準状態で何 mL か。

23 逆滴定②（酸を酸で調べる）

★★

問題

- 実験室で発生させた二酸化炭素を 0.10 mol/L の水酸化バリウム水溶液 100 mL の中通じたところ、炭酸バリウムの白色沈殿が生じた。この沈殿をろ過し、ろ液のうち 10 mL を 0.10 mol/L の塩酸で中和したところ 18 mL を要した。この二酸化炭素の質量は何 g か。

24 二段滴定① (NaOH と Na_2CO_3 の混合物)

★★

問題

- NaOH と Na_2CO_3 を含む水溶液が 10 mL にフェノールフタレインを加え、濃度 0.10 mol/L の塩酸を滴下したところ、16.0 mL 加えたところで 1 回目の中和点に達した。さらに、メチルオレンジを加え、同じ濃度の塩酸で滴定を続けると、4.0 mL 加えたところで 2 回目の中和点に達した。混合水溶液中の NaOH は何 mol/L か。

25 二段滴定② (Na_2CO_3 と NaHCO_3 の混合物)

★★

問題

- Na_2CO_3 と NaHCO_3 の混合物を水に溶かして 10 mL の水溶液にした。この水溶液にフェノールフタレイン溶液を加えて、0.10 mol/L の希塩酸で滴定したところ 5.0 mL 要した。引き続き、この溶液にメチルオレンジ溶液を加えて、0.10 mol/L の希塩酸で再び滴定したところ 20.0 mL 要した。混合物中に含まれている NaHCO_3 は何 g か。

26 過マンガン酸滴定

問題

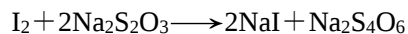
- 市販の過酸化水素水をメスフラスコを用いて 10 倍に薄めた。その水溶液 10.0 mL をホールピペットで正確に三角フラスコにとり、硫酸を加えて酸性にした。この溶液に 0.020 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットに入れ、少しずつ滴下していくと、16.0 mL 加えたところで終点となった。過酸化水素水のモル濃度を求めよ。

27 ヨウ素滴定①（酸化剤を調べる）

★★★

問題

標準状態で 22.4 L の空気をヨウ化カリウム水溶液に通じて、空気中に含まれているオゾン
を完全に吸収させ、指示薬としてデンプンを少量加えた。次に、この水溶液に 0.10 mol/L の
チオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液を加えていったところ、5.0 mL 加えたときに水溶液の色
が変化した。



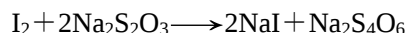
- (1) オゾンとヨウ化カリウムの反応を化学反応式で示せ。
- (2) 空気中に含まれているオゾンの体積百分率 [%] を求めよ。

28 ヨウ素滴定②（還元剤を調べる）

★★

問題

排ガス 10 L に含まれる二酸化硫黄の量を求めるため、0.10 mol/L のヨウ素溶液 200 mL に通じ、すべての二酸化硫黄を硫酸に酸化した。次に、この溶液から 10mL をとって、デンプンを指示薬として 0.020 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、30 mL を必要とした。ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムは次の化学反応式に従って反応するとして以下の問いに答えよ。



- ☐ (1) 下線部の変化を化学反応式で示せ。
- ☐ (2) 排ガス 10L に含まれる二酸化硫黄は何 mol か。

29 COD



問題

□ COD とは，試料水 1.0 L に含まれる有機物質を酸化するのに要した KMnO_4 の量を， O_2 の質量 (mg 単位) で表した数値である。

I 試料水 0.10 L をとり，硫酸酸性にして $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の KMnO_4 水溶液 10 mL を加え混合し加熱した。加熱後も混合溶液は赤紫色であった。

II $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液 10 mL を加えると，無色となった。

III さらに $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の KMnO_4 で滴定したところ，終点に達するまでに 2.5 mL 必要であった。

試料水の COD [mg/L] を求めよ。

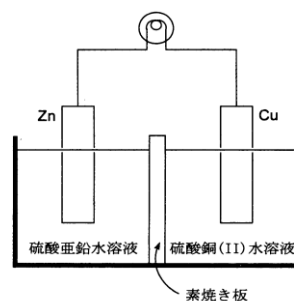
30 ダニエル電池

★★★

問題

ダニエル電池は、亜鉛板を浸した硫酸亜鉛水溶液と、銅板を浸した硫酸銅(Ⅱ)水溶液からなっている。それらの溶液は、すぐに混合しないように、素焼き板で仕切られている。

- (1) 正極と負極で起こる反応を、イオン反応式でそれぞれ示せ。
- (2) 下線部の素焼き板の役割を2つ答えよ。
- (3) 1.93×10^4 Cの電気量が流れたとき、正極の増加量は何 g か。
- (4) ダニエル電池の亜鉛板をニッケル板に、硫酸亜鉛水溶液を硫酸ニッケル(Ⅱ)水溶液にかえたとき、電池の起電力はどのようなになるか。



31 鉛蓄電池

★★★

問題

鉛蓄電池に関して，次の問に答えよ。

- (1) 放電のとき，正極および負極で起こる変化を電子 e^- を用いたイオン反応式で記せ。
- (2) 質量パーセント濃度 30 % の希硫酸 1000 g を電解質溶液とする鉛蓄電池で， $3.86 \times 10^4 \text{ C}$ の電気量を放電させた。放電後の希硫酸の質量パーセント濃度は何%か。
- (3) (2)のとき，また負極は何 g 増加または減少したか。

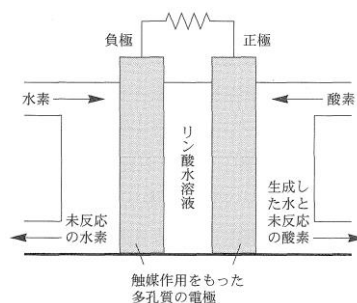
32 燃料電池

★★

問題

右図は水素－酸素燃料電池の概略図である。1時間放電したところ水が1.8 g生成した。

- (1) この燃料電池の各電極においておこる反応をイオン反応式で書きなさい。
- (2) 放電した電気量は何Cか。
- (3) 水素を完全燃焼させることによって発生する化学エネルギーに対する電気エネルギーの比率をエネルギー変換効率という。(2)の放電中における平均電圧を1.0 Vであるとして、この電池のエネルギー変換効率 [%] を求めよ。ただし、水素の燃焼熱を 286 kJ/mol とし発生した電気エネルギー [J] は、電気量 [C] と電圧 [V] との積で求められる。



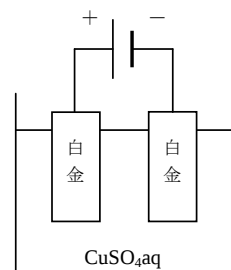
33 電気分解① (1つの電解槽)

★★★

問題

図のように，白金電極を用いて，硫酸銅(Ⅱ)水溶液に 2.0 A の電流を 32 分 10 秒間通じて電気分解を行った。

- ☐ (1) 両極で起こる変化を，それぞれイオン反応式で示せ。
- ☐ (2) 流れた電気量は何 C か。
- ☐ (3) 陽極で発生した気体は，標準状態で何 L か。
- ☐ (4) 陰極の質量は，何 g 増加するか。



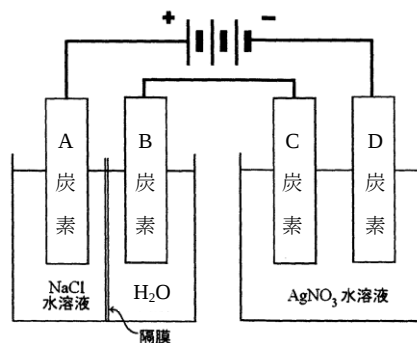
34 電気分解②（直列回路）

★★★

問題

図のような回路を作り、電気分解を行った。このとき電極 A と電極 B の間には隔膜をおき、電極付近の溶液が互いに混ざり合わないようにした。0.50 A の一定電流を流して電気分解したところ、電極 D の質量が 2.16 g 増加した。

- (1) 電気分解には何分かかったか。
□(2) 電極 A で発生した気体は何 mol か。
□(3) 電極 C から発生した気体は標準状態で何 L か。



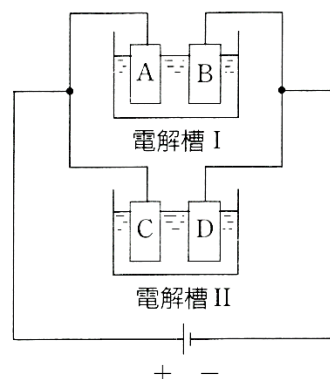
35 電気分解③（並列回路）

★★

問題

CuCl_2 水溶液の入った電解槽 I および Na_2SO_4 水溶液の入った電解槽 II を図のように接続し、 12.0A の電流を 16 分 5 秒間流して電気分解を行った。また、電極 B の質量は 1.27g 増加した。電極はすべて炭素とする。

- (1) 回路全体に流れた電子は何 mol か。
- (2) 電解槽 II を流れた電子は何 mol か。 $\text{Cu}=63.5$
- (3) 電解槽 I から発生した気体は、標準状態で何 mL か
- (4) 電解槽 II から発生した気体は、標準状態で何 mL か。



36 銅の電解精錬



問題

ニッケルと銀を含む粗銅 200 g を陽極に，純銅を陰極に用いて硫酸銅(Ⅱ)水溶液中で銅の電解精錬を行った。9.65 A の電流を 400 分間流したところ，陽極の質量が 120 g となり，陽極の下方に陽極泥が 4.0 g 沈殿した。次の間に答えよ。ただし，陽極の組成は電解精錬中変化しないものとする。

- ☐ (1) 陰極の質量は何 g 増加したか。
- ☐ (2) 粗銅中の銅の質量パーセントを求めよ。

37 アルミニウムの融解塩電解



問題

ボーキサイトから精製したアルミナ Al_2O_3 に氷晶石 Na_3AlF_6 を加えて融解させ、炭素を陽極および陰極として電解すると、陰極でアルミニウムが熔融状態で析出する。一方、陽極では、生じた酸素がただちに炭素電極と反応して二酸化炭素および一酸化炭素を発生するので、陽極の炭素電極はしだいに消耗する。

□(1) アルミナに氷晶石を加える理由を簡潔に答えよ。

□(2) 融解塩電解によって、アルミニウムを 18 g 析出させた。この電気分解に要した電気量 [C] を求めよ。

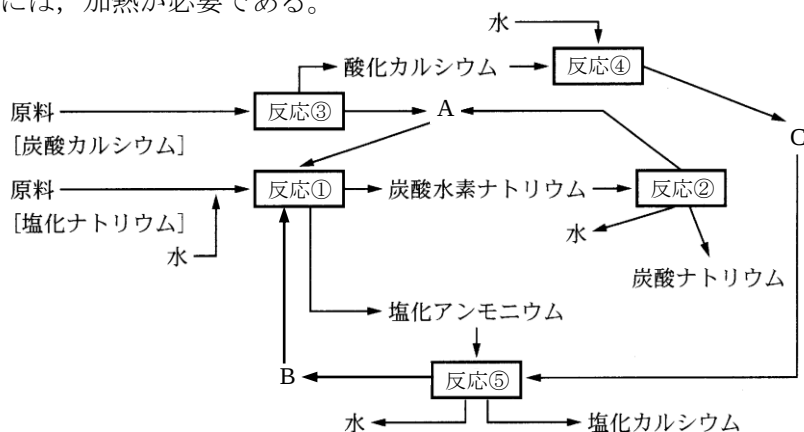
□(3) (2)において、陽極の消耗量は 9.6 g であった。発生した気体の物質量の比は、二酸化炭素を 1 とすると一酸化炭素はいくつになるか。

38 アンモニアソーダ法

★★★

問題

炭酸カルシウムを原料として炭酸ナトリウムを工業的に製造するアンモニアソーダ法の工程の概略を示した。反応①では、飽和塩化ナトリウム水溶液に物質 A と物質 B を通じると、炭酸水素ナトリウムと塩化アンモニウムが生じる。なお、反応器②、③および⑤の反応を進行させるためには、加熱が必要である。



- (1) 化合物 A, B, C をそれぞれ化学式で示せ。
- (2) ①～⑤で起こる反応をそれぞれ化学反応式で示せ。
- (3) ①～⑤で起こる反応を一つの化学反応式にまとめて示せ。
- (4) 反応効率が 100 % であるとする、炭酸カルシウム 100 kg から、理論上何 kg の炭酸ナトリウムが得られるか。

39 接触法

★★★

問題

硫酸の工業的製法の一つに接触法がある。①純度が 100%の黄鉄鉱 FeS_2 を空气中で燃焼させて酸化鉄(III)と二酸化硫黄にする。②二酸化硫黄を触媒存在下で空気酸化し、三酸化硫黄にする。

③三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸で薄めて濃硫酸を得る。

□(1) ①～③の反応を化学反応式で記せ。

□(2) ②で用いられる触媒を一つあげ、化学式で示せ。

□(3) ①～③の反応が完全に進行するものとして、黄鉄鉱 162 kg から密度が 1.8 g/cm^3 の 98 %濃硫酸は何 L できるか。

40 オストワルト法

★★★

問題

硝酸はアンモニアを原料として、次の3段階を経るオストワルト法により、工業的に製造される。①アンモニアを、白金触媒を用いて 800°C 程度で空気中の酸素と反応させ、一酸化窒素にする。②一酸化窒素をさらに空気中の酸素と反応させて二酸化窒素にする。③二酸化窒素を温水に吸収させて硝酸を製造する。

- ☐ (1) ①～③の反応をそれぞれ化学反応式で記せ。
- ☐ (2) ①～③の反応を一つにまとめて記せ。
- ☐ (3) 70 %の硝酸 90 L (密度 1.4 g/cm^3) をアンモニアから製造するのに必要なアンモニアは何 kg か。

41 鉄の製錬

★★★

問題

鉄は、溶鉱炉の上部から鉄鉱石（赤鉄鉱）、コークス、石灰石を入れ、下部より熱風を送り込んでつくる。赤鉄鉱はコークスが燃焼してできた気体により還元されて、金属の鉄になる。この鉄は、不純物として ア を 3～5% 含んでおり、 イ とよばれ硬くてもろい。これを転炉に入れて ウ を吹き込み、 ア の含有量を減らすと エ が得られる。溶鉱炉内では、石灰石は熱分解し、鉄鉱石中の不純物（ SiO_2 ）と反応して オ を形成し、 イ の上に浮かぶ。

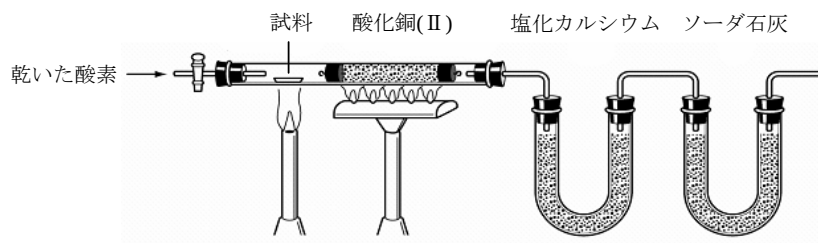
- ☐ (1) 文中の空欄 ア ～ オ に適切な語を入れて文章を完成させよ。
- ☐ (2) 下線部の赤鉄鉱が還元される反応の化学反応式を答えなさい。
- ☐ (3) 鉄鉱石（赤鉄鉱の含有量 80 %）1.0 t より得られる純鉄は何 t か。

42 有機化合物の元素分析

★★★

問題

炭素、水素および酸素からなる化合物 45 mg を試料皿にとり、図のような装置を用いて完全燃焼させたところ、ソーダ石灰が 66 mg と塩化カルシウムが 27 mg 増加した。また、この化合物の分子量は 60 であった。



- (1) この化合物の組成式を求めよ。
- (2) この化合物の分子式を求めよ。

43 有機化合物の分析

★★★

問題

- (1) ある芳香族化合物の分子量は 123 であり，元素分析値は質量百分率で炭素 58.5 %，水素 4.1 %，窒素 11.4 %，酸素 26.0 %であった。この化合物の構造式を示せ。
- (2) 分子式 $\text{C}_8\text{H}_n\text{O}_2$ で示される有機化合物がある。この化合物 34 mg を完全燃焼させたところ 18 mg の水が生じた。この分子式中の水素原子の数 n はいくつか。
- (3) 不飽和脂肪酸の分子式が $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$ であるとき，炭素間の二重結合はいくつか。

44 有機化合物の分子量①（付加反応，中和反応）

★★★

問題

- (1) 8.4 g のアルケン C_2H_{2n} に臭素を完全に付加させたところ，40.4 g の化合物 $C_2H_{2n}Br_2$ を得た。このアルケンの分子量はいくらか。
- (2) 飽和 1 価アルコールの 3.0g にナトリウムを十分な量を反応させると，標準状態で 560 mL の水素が発生した。このアルコールの分子量はいくらか。
- (3) 1 価のカルボン酸 0.44 g を水に溶かして 100 mL とした。この水溶液に，0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ，25 mL を要した。このカルボン酸の分子量はいくらか。

45 有機化合物の分子量②（けん化，置換反応）

★★★

問題

- (1) エステル結合を 1 つもつエステル 3.7 g を，水酸化ナトリウムでけん化したところ 2.0g を要した。このエステルの分子量はいくらか。
- (2) 分子量 94 の芳香族化合物は，塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色の呈色反応を示す。この化合物に十分な量の臭素水を加えると置換反応が起こった。得られた分子量はいくらか。

46 有機反応の量的関係

★★★

問題

- (1) 分子式が $C_nH_{n+4}O$ であるケトン 196 g を完全燃焼させたところ、水が 180 g 生成した。このとき、何 mol の二酸化炭素が生成したか。
- (2) 次の条件 a ~ c を満たす炭化水素がある。この炭化水素 1.0 mol を完全燃焼させたとき、消費される酸素は何 mol か。
- a 一つの環からなる脂環式炭化水素である。
 - b 二重結合を二つもち、残りはすべて単結合である。
 - c 水素原子の数は炭素原子の数より 4 個多い。
- (3) 炭化カルシウム (CaC_2) 3.2 g を水と完全に反応させてアセチレンを得た。このアセチレンを完全燃焼させるとき、消費される酸素は標準状態で何 L か。

47 収率の計算

★★

問題

収率とは、理論上得られる生成物の量に対する実験で得られた生成物の量の割合をいう。

- (1) ニトロベンゼン（分子量 123）12.3 g をスズと塩酸で還元し，生じた化合物に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ，6.51 g のアニリン（分子量 93）が得られた。この反応の収率は何％か。
- (2) 安息香酸（分子量 122）2.44 g を少量の濃硫酸の存在下，過剰量のメタノールと反応させたとき，エステル A を 80 % の収率で得た。得られたエステル A は何 g か。

48 油脂

★★★

問題

1 種類の不飽和脂肪酸からなる油脂 A $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OCOR})_3$ がある。この油脂 1.0 g をけん化するのに水酸化カリウムが 0.19 g 必要とした。また油脂 A 1.0 g の不飽和結合部分にヨウ素を付加させるのに、0.88 g 必要とした。

□(1) 油脂 A の分子量はいくらか。

□(2) 油脂 A を構成する不飽和脂肪酸の示性式をかけ。

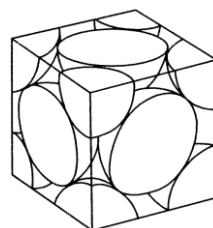
49 面心立方格子

★★★

問題

アルミニウムの結晶の単位格子は図に示す面心立方格子である。

- (1) 単位格子中に含まれる原子は何個か。
- (2) 単位格子の1辺を a [cm]，原子半径を r [cm] として， r を a で表せ。
- (3) 単位格子の1辺 a [cm]，原子量 M および，アボガドロ定数 N_A /mol を用いて，この結晶の密度 d [g/cm³] を表せ。
- (4) $a=4.0\times 10^{-8}$ cm として， r [cm] および d [g/cm³] を求めよ。 $\sqrt{2}=1.4$ とする。



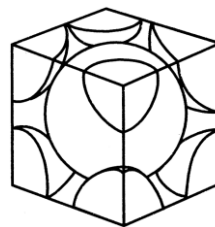
50 体心立方格子

★★★

問題

ある金属の結晶の単位格子は，図に示す体心立方格子である。

- (1) 単位格子中に含まれる原子は何個か。
- (2) 単位格子の一辺を a [nm]，原子半径を r [nm] として， a を r で表せ。
- (3) 単位格子の一辺 a [nm]，アボガドロ定数 N_A [/mol] および，この結晶の密度 d [g/cm³] を用いて原子量 M を表せ。1 nm = 10⁻⁷ cm
- (4) $a = 0.43$ nm, $d = 0.96$ g/cm³ として， r [nm] および M を求めよ。
 $0.43^3 = 0.080$, $\sqrt{3} = 1.7$ とする。

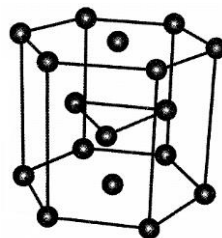


51 充填率と六方最密構造

★★★

問題

- (1) 面心立方格子において，原子の体積が単位格子の体積を占有する割合（充填率）はいくらか。 $\sqrt{\quad}$ ， π のまま答えよ。
- (2) 体心立方格子において，原子の体積が単位格子の体積を占有する割合（充填率）はいくらか。 $\sqrt{\quad}$ ， π のまま答えよ。
- (3) マグネシウムの結晶構造は，図に示す六方最密構造である。単位格子中には何個のマグネシウム原子が含まれるか。



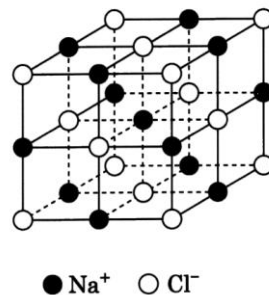
52 NaCl 型イオン結晶

★★★

問題

NaCl の結晶は、 Na^+ と Cl^- がそれぞれ面心立方格子をつくっている。

- (1) 単位格子中に含まれる Cl^- は何個か。
- (2) 結晶中の 1 個の陽イオンに着目すると、その最も近い位置にある陰イオンは何個か。
- (3) Na^+ と Cl^- のイオン半径をそれぞれ $1.0 \times 10^{-8} \text{cm}$, $1.8 \times 10^{-8} \text{cm}$ とすると、NaCl の結晶格子の一边の長さは何 cm か。
- (4) NaCl の結晶の密度は何 g/cm^3 か。

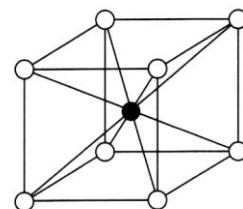


53 CsCl 型イオン結晶

★★★

問題

CsCl の結晶は、 Cs^+ が中心にあり、 Cl^- が 8 つの頂点を占めている体心立方格子形の単位格子が、三次元的に規則正しく配列してできている。

● Cs^+ ○ Cl^-

- (1) 単位格子に含まれる Cl^- は何個か。
- (2) 結晶中の 1 個の陽イオンに着目すると、その最も近い位置にある陰イオンは何個か。
- (3) CsCl の結晶格子の一辺の長さを $4.12 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とする。 Cl^- のイオン半径をそれぞれ $1.81 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とすると、 Cs^+ のイオン半径は何 cm か。有効数字 3 桁で答えよ。 $\sqrt{3} = 1.73$ とする。
- (4) CsCl の結晶の密度は何 g/cm^3 か。 $4.12^3 = 70$ とする。

54 イオン結晶の限界半径比

★★

問題

イオン結晶は，反対符号のイオンが接触して，同符号のイオンが接触しないとき，安定な構造を保つ。

- (1) ある陽イオンが Cl^- と NaCl 型の結晶構造をつくるとき，この陽イオンの半径が何 nm より大きければ安定な構造をとることができるか。 $\sqrt{2}=1.41$
- (2) ある陽イオンが Cl^- と CsCl 型の結晶構造をつくるとき，この陽イオンの半径が何 nm より大きければ安定な構造をとることができるか。 $\sqrt{3}=1.73$

ただし， Cl^- のイオン半径は陽イオンの種類，結晶構造によらず 0.18 nm で一定とし， Cl^- のイオン半径はある陽イオンの半径より大きいものとする。

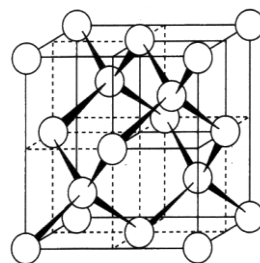
55 ダイヤモンドの結晶

★★

問題

ダイヤモンドは、炭素原子が共有結合した巨大分子であり、1 個の炭素原子のまわりを 4 個の炭素原子と正四面体形に結合している。この共有結合は強いいため、ダイヤモンドは非常に硬く、密度が比較的大きい。

- (1) 単位格子中に含まれる炭素原子は何個か。
- (2) 単位格子の一辺を $3.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ とすると、炭素原子間の結合距離は何 cm か。 $\sqrt{3} = 1.7$ とする。
- (3) ダイヤモンドの密度は何 g/cm^3 か。 $3.6^3 = 47$ とする。



56 物質の三態

★★

問題

- 0 °Cの氷 90 g をすべて 100 °Cの水蒸気にするのに必要な熱量は何 kJ か。氷の融解熱は 6.0 kJ/mol, 水の蒸発熱は 44 kJ/mol, 水 1 g の温度を 1 °C上昇させるのに必要な熱量は温度によらず 4.2 J とする。

57 ボイルの法則, シャルルの法則

★★★

問題

- (1) 一定温度で $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 1.0 L の気体を 2.5 L にすると, 圧力は何 Pa になるか。
- (2) 一定圧力で 27°C , 2.0 L の気体を 4.0 L にすると, 温度は何 $^\circ\text{C}$ になるか。整数で答えよ。

58 ボイル・シャルルの法則

★★★

問題

- ☐ (1) 27 °C, 1.5×10^5 Pa で 100 mL の気体を, 体積を変えずに 127 °C にすると, 圧力は何 Pa になるか。
- ☐ (2) 27 °C, 760 mmHg で 4.0 L の気体を, 87 °C, 608 mmHg にすると体積は何 L になるか。
- ☐ (3) 0 °C, 2.0×10^5 Pa で 25 mL の気体を, 1.0×10^5 Pa, 100 mL にすると温度は何 °C になるか。

59 理想気体の状態方程式

★★★

問題

- ☐ (1) 窒素 0.30 mol を 87°C 、 $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったとき、体積は何 L か。
- ☐ (2) 二酸化炭素 5.5 g を、 47°C で 4.15 L の容器に入れた。この容器の圧力は何 Pa か。
- ☐ (3) 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ での密度が 1.3 g/L の気体の分子量はいくつか。

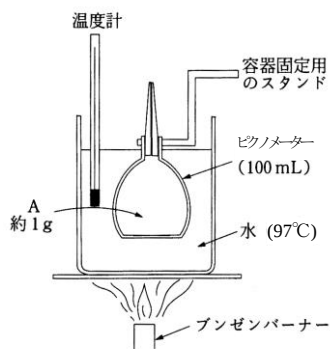
60 分子量の測定

★★

問題

- 蒸気密度の測定により揮発性液体 A の分子量を求める実験を行った。図のような、乾燥したときの質量が 30.00 g で内容積が 100 mL のピクノメーターを用いた。約 1g の液体 A をピクノメーターに入れ、97 °C の湯浴に浸し、完全に液体が蒸発し終わったのち、ピクノメーターを冷却し、秤量したところ 30.50 g であった。この実験中を通じて、大気圧は 1.0×10^5 Pa であった。

実験に使用した A の分子量を整数で求めよ。ただし、ピクノメーターの内容積は変わらないものとし、室温での A の蒸気圧は無視できるものとする。



61 分圧の法則①（燃焼反応の量的関係）

★★★

問題

温度が 27°C で体積が 8.3 L の容器に CO を 2.0 mol , 空気を 10 mol 封入した。ただし, 空気は N_2 と O_2 が体積比 $4:1$ で混合しているものとする。

□(1) 混合した気体の全圧, および存在している気体の分圧はそれぞれ何 Pa か。

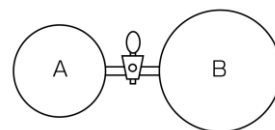
□(2) 混合気体に点火して燃焼させた後, 27°C まで戻した。燃焼後の混合気体の全圧は何 Pa か。

62 分圧の法則② (二連球, 平均分子量)

★★★

問題

2.0 L の容器 A に $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ で $1.5\times 10^5\text{ Pa}$ の CH_4 を, 3.0 L の容器 B に $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ で $4.0\times 10^5\text{ Pa}$ の O_2 を入れ, コックを開いて $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ を保ったまま, 両気体を混合した。



- (1) 容器内の圧力が均一になるまで放置したとき, 容器 A 内の圧力は何 Pa になるか。
- (2) 混合気体の平均分子量を求めよ。
- (3) コックを開いたまま, 混合気体中の CH_4 を完全燃焼させた。その後, A, B 内を $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ にした。燃焼後の混合気体の全圧はいくつか。ただし, $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ において, 水はすべて気体とする。

63 理想気体と実在気体

★★

問題

図は実在気体における圧力ととの関係を表している。

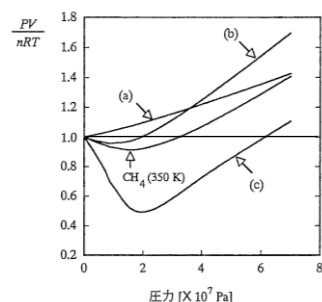
ただし、 P は圧力、 V は体積、 n は物質量、 R は気体定数、 T は絶対温度とする。

□(1) 理想気体は仮想的な気体である。どのような仮定をしているか、2つあげよ。

□(2) 図1の曲線(a), (b), (c)は次の①～③のいずれかを表している。適切なものを選び、記号で答えよ。

① $N_2(250\text{ K})$ ② $N_2(500\text{ K})$ ③ $CO_2(350\text{ K})$

□(3) 内容積 10 L の容器に温度 350 K, 圧力 $2.0 \times 10^7\text{ Pa}$ でメタンが充填されている。メタンの $\frac{PV}{nRT}$ の値を 0.92 とすると、充填されているメタンは何 kg か。



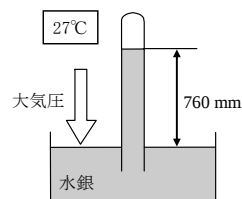
実在気体における圧力と $\frac{PV}{nRT}$ との関係

64 蒸気圧①（トリチェリーの水銀柱）

★★

問題

27℃で長さ 1.0 m の一端を閉じたガラス管に水銀を満たして水銀槽に倒立させたとこ、次の図のように水銀柱の高さが 760 mm を示した。ただし、水銀の密度は 13.6 g/cm^3 、大気圧は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ とする。



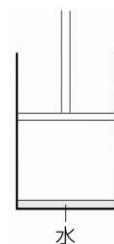
- (1) 水銀槽の水銀表面 1 cm^2 に加えられている空気（大気）の質量は何 kg か。
- (2) 管の下からヘキサンを注入したところ、水銀柱の高さは 494 mm に下がり、上方に少量のヘキサンの液体が残った。27 °C のヘキサンの蒸気圧は何 Pa か。
- (3) (2)において、大気圧が $8.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ であれば、水銀柱の高さは何 mm になるか。整数で答えよ。

65 蒸気圧②（体積変化）

★★★★

問題

右図のようなピストンのついた容器に、一定量の窒素と水 0.18 g を入れ、温度を 47 °C に保った。47 °C の飽和水蒸気圧を 1.0×10^4 Pa とし、水の体積は無視できるものとする。



- (1) 全圧を 1.0×10^5 Pa にしたところ、液体の水が残っていた。窒素の分圧は何 Pa か。
- (2) 体積を(1)の半分にしたところ、容器内の圧力は何 Pa になるか。
- (3) 容器内の水をすべて蒸発させるには、容器内の体積を何 L 以上にすればよいか。

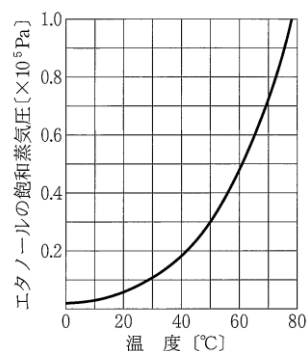
66 蒸気圧③（グラフを読み取る）

★★

問題

温度と体積が調節可能な容器に窒素とエタノーをそれぞれ 0.10 mol ずつ入れ $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 78°C に保った。

- (1) 容器内を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったまま徐々に冷却すると、液体のエタノールが生じ始めるのは何 $^\circ\text{C}$ か。
- (2) 容器内を $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったまま、さらに冷却して 42°C にしたとき、何%のエタノールが液体となっているか。



67 蒸気圧④（水上置換法）

★★

問題

0.10 g の石油ガスを水上捕集した。右図のように、メスシリンダー内の水面を外の水面と一致させて、気体の体積を測定したところ、100 mL であった。気温を 27°C ，大気圧を $1.02 \times 10^5 \text{ Pa}$ ， 27°C における水の蒸気圧を $2.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ として各問いに答えよ。



- ☐ (1) メスシリンダー内の水面と外の面を一致させて、体積の測定を行ったのはなぜか。
- ☐ (2) 石油ガスの平均分子量はいくらか。
- ☐ (3) この石油ガスはメタン CH_4 とエタン C_2H_6 の混合物である。メタンの体積百分率を求めよ。

68 蒸気圧⑤（燃焼反応）

★★★

問題

コック C を閉じた状態で、容器 A には CH_4 が $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 1.5 L 、容器 B には O_2 が $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 入っている。容器 A、



B の温度は 87°C とし、容器 B の体積は 3.0 L で一定である。

- (1) コック C を開き、 87°C を保ちながら容器 A のピストンを押し込み、 CH_4 を全て容器 B に注入した。このとき容器 B の圧力は何 Pa を示すか。
- (2) (1)の操作後、 CH_4 を完全燃焼させた。温度が 87°C まで下がったとき、容器 B の圧力は何 Pa を示すか。ただし、 87°C での水の飽和蒸気圧は $6.2 \times 10^4 \text{ Pa}$ とする。

69 固体の溶解度①（無水物）

★★★

問題

KCl の水 100 g に対する溶解度は、10 °C で 30 g、80 °C で 52 g である。次の問いに答えよ。

- ☐ (1) 80 °C の飽和水溶液 200 g から水 80 g を蒸発させたとき、析出する KCl は何 g か。
- ☐ (2) 80 °C の飽和水溶液 100 g を 10 °C に冷却したとき、何 g の KCl の結晶が析出するか。

70 固体の溶解度②（水和物）

★★★

問題

無水硫酸銅(Ⅱ)の溶解度は、水 100 g に対して 60 °C で 40 g, 20 °C で 20 g であるとして、次の各問いに整数で答えよ。

- (1) 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶 100 g を完全に溶解させて 60 °C の飽和水溶液を作るには何 g の水を加えればよいか。
- (2) 60 °C 硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 140 g を 20 °C まで冷却すると、何 g の硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶が析出するか。

71 気体の溶解度①（ヘンリーの法則）

★★★

問題

標準状態(47 °C, 1.0×10^5 Pa)において, O_2 は 1.0 L の水に, 標準状態に換算して 22.4 mL 溶ける。次の問いに答えよ。

- ☐ (1) 47 °C, 2.0×10^5 Pa で 2.0 L の水に溶ける O_2 は何 mol か。
- ☐ (2) 47 °C, 2.0×10^5 Pa で 2.0 L の水に溶ける O_2 の体積は, 標準状態の下ではかると何 mL になるか。
- ☐ (3) (2)で溶けている O_2 の体積を, その温度と圧力の下ではかると何 mL になるか。

72 気体の溶解度②（溶解平衡）

★★

問題

CO_2 は $0\text{ }^\circ\text{C}$, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において水 1.0 L に 0.080 mol 溶ける。 $0\text{ }^\circ\text{C}$ において, 1.0 L のフラスコに CO_2 を 0.036 mol , 水を 0.20 L 入れ, 密閉した後 CO_2 を溶解させたところ, 溶解平衡に達した。ヘンリーの法則が成り立つとして次の問いに答えよ。

- ☐ (1) 気体の CO_2 の分圧は何 Pa になるか。
- ☐ (2) 水に溶けている CO_2 の物質量は何 mol か。

73 沸点上昇

★★★

問題

水 1 kg にグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ を 1 mol 溶かした溶液の沸点は水の沸点に比べて 0.52 K 高かった。

- (1) 3.0 g の尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ を、水 100 g に溶かした溶液の沸点は何℃か。小数第 2 位まで求めよ。
- (2) 水 200 g にある量の NaCl を溶かした溶液の沸点は、水の沸点に比べて 0.156 K 高かった。溶かした NaCl は何 g か。
- (3) 水 1 kg に分子量が未知の非電解質を 24 g 溶かした溶液の沸点は、100.104 °C であった。この非電解質の分子量はいくらか。

テーマ 73

本問のようにモル沸点上昇 K_b が与えられていないとき, K_b を求めずに解くことができる。
溶質粒子の質量モル濃度 m [mol/kg] と沸点上昇度 Δt_b [K] は比例するので,

$$\frac{\Delta t_b}{m} = \frac{\Delta t_b'}{m'} (= K_b)$$

が成立する。 $\frac{\Delta t_b}{m}$ は K_b を求める式と同じなので, わざわざ K_b を求めなくてもよい。

グルコースの基準の溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] と沸点上昇度 Δt_b [K]

$$m : 1 \text{ mol/kg} \quad , \quad \Delta t_b : 0.52 \text{ K}$$

(1) 尿素水溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] と沸点上昇度 Δt_b [K]

$m : \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ の分子量は 60 より,

$$\frac{3.0}{60} \text{ mol} \times \frac{1000}{100} / \text{kg} = 0.50 \text{ mol/kg} \quad ,$$

$$\Delta t_b \text{ [K]} : x \text{ [K]}$$

溶質粒子の質量モル濃度 m [mol/kg] と沸点上昇度 Δt_b [K] は比例する。

$$\frac{\Delta t_b}{m} = \frac{0.52}{1} = \frac{x}{0.50} \quad x = 0.26 \text{ K}$$

水の沸点が 100°C より, この水溶液の沸点は,

$$100 + 0.26 = \underline{100.26^\circ\text{C}}$$

74 凝固点降下①（氷析出）

★★★

問題

水 100 g にスクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ （分子量 342）3.42 g 溶かした溶液の凝固点は -0.19°C であった。

- (1) このスクロース水溶液と凝固点が等しいグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ （分子量 180）水溶液をつくりたい。水 500 g に何 g のグルコースを溶かせばよいか。
- (2) 100 g の水に 0.71 g の Na_2SO_4 （式量 142）を溶かした溶液の凝固点は何 $^\circ\text{C}$ か。
- (3) (2)の溶液をさらに冷却し、氷 50 g を析出させるには、何 $^\circ\text{C}$ まで温度を下げればよいか。

問題

2  $\rightleftharpoons$ 

安息香酸 安息香酸の二量体

□(2) (1)の結果から、安息香酸はベンゼン中で何%が二量体を形成しているか。

76 浸透圧①（ファントホッフの法則）

★★★

問題

不揮発性の溶質を含む希薄溶液の体積を V [L]，絶対温度を T [K]，溶質の全物質量を n [mol] とすると，浸透圧 Π [Pa] には，理想気体の状態方程式と同じ関係式 $\Pi V = nRT$ (R は気体定数) が成立する。

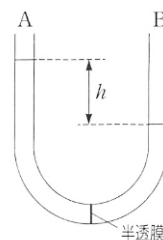
- (1) 血液を希薄溶液と考え，正常な血液 37 °Cにおける浸透圧を $7.72 \times 10^5 \text{Pa}$ とすると，血液の濃度は何 mol/L か。
- (2) この血液と同じ浸透圧を示す食塩水を調整するには，何 g の NaCl を水に溶かして 1.0 L とすればよいのか。ただし，NaCl は完全に電離しているものとする。
- (3) ある有機化合物 5.4 g を水に溶かして 100 mL にした溶液は 37 °Cで血液と同じ浸透圧を示した。この化合物の分子量はいくらか。

77 浸透圧②（非電解質，U字管）

★★

問題

図のような断面積 1.0 cm^2 の U 字管の A 側，B 側のうち，一方には非電解質 2.2 g を溶かした水溶液 100 mL を入れ，もう一方には水 100 mL を入れた。 27°C でしばらく放置すると，A 側の液面が B 側よりも高くなり，その差は h となった。



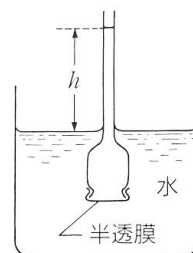
- (1) 水溶液を入れたのは A，B のどちら側か。
- (2) 液面差 h が 20 cm のとき，A 側の水溶液の体積は何 mL になるか。
- (3) (2) のとき，非電解質の分子量はいくらになるか。ただし， $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ は 1000 cm の水柱の示す圧力に等しいものとする。

78 浸透圧②（電解質，細いガラス管）

★★

問題

塩化ナトリウム水溶液の浸透圧を，27 °Cで右図のような装置を用いて測定したところ，高さ h が 52 cm になった。水溶液および水銀の密度をそれぞれ 1.0 g/cm^3 ， 13.6 g/cm^3 として，次の各問いに答えよ。ただし，水溶液の濃度変化はないものとする。ただし，水溶液の濃度変化はないものとし， $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ とする。



□(1) 水溶液の浸透圧は何 Pa か。

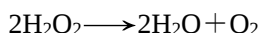
□(2) この水溶液 1.0 L には，塩化ナトリウムが何 mol 溶けているか。

79 反応速度①（濃度と時間の変化）

★★★★

問題

過酸化水素 H_2O_2 は、触媒の存在下で次のように分解する。



いま、 0.72 mol/L の過酸化水素水 100 mL に触媒を加えて反応を開始させ、1 分ごとに発生した酸素の量を測定し、その結果をもとに計算して求めた過酸化水素濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ の変化を表に示す。

時間[min]	0	1	2	3
$[\text{H}_2\text{O}_2][\text{mol/L}]$	0.72	0.56	0.44	0.34

- (1) 3 分後に捕集された酸素は何 mol か。
- (2) 1～2 分の間における H_2O_2 の平均の分解速度 v [$\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$] と平均のモル濃度 $[\text{H}_2\text{O}_2]$ を求めよ。
- (3) v と $[\text{H}_2\text{O}_2]$ の関係より、反応速度式は $v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$ と表せる。(2) で求めた値を用いて反応速度定数 k を求め、単位をつけて答えよ。

80 反応速度②（濃度と速度の変化）

★★★

問題

$2A + B \longrightarrow 2C$ で表される反応がある。A と B の濃度を変えて、それぞれ反応速度を求めたところ、表のような結果が得られた。

実験	[A][mol/L]	[B][mol/L]	$v[\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})]$
1	0.10	0.10	2.0×10^{-2}
2	0.10	0.20	4.0×10^{-2}
3	0.20	0.20	1.6×10^{-1}

- (1) C の生成速度 v は、反応速度定数を k とすると $v = k[A]^x[B]^y$ で表される。 x , y を求めよ。
- (2) C の生成速度が $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ のとき、B の消失速度は何 $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ になるか。
- (3) $[A] = 0.20 \text{ mol/L}$, $[B] = 0.40 \text{ mol/L}$ のとき、C の生成速度は何 $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ となるか。

81 半減期



問題

- 大気中には、炭素の放射性同位体である $^{14}_6\text{C}$ が $^{12}_6\text{C}$ に対してごく微量ではあるが一定の割合で存在する。生物は生きている間、呼吸、栄養素摂取などで大気中の炭素を体内に取り入れるため、大気中と同じ存在比で $^{14}_6\text{C}$ を保持している。生物が死ぬと、体外から炭素を取り入れることがなくなるので、体内の $^{14}_6\text{C}$ は死後時間の経過とともに崩壊し一定の割合で減少する。ある化石 $^{14}_6\text{C}$ の存在比を測定したところ、現在の存在比の $\frac{1}{10}$ であった。大気中の $^{14}_6\text{C}$ の存在比は時代に関係なくほぼ一定であるとして、この生物が生存していたのは今から何年前と考えられるか答えよ。ただし、 $^{14}_6\text{C}$ の半減期を 5730 年、 $\log_{10}2=0.30$ とする。

82 化学平衡①（平衡定数）

★★★

問題

ある一定容積の容器に、6.0 mol の水素と 4.5 mol のヨウ素を入れて一定温度に保つと、 $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ の平衡状態に達した。このとき、ヨウ化水素が 8.0 mol 生じていた。

□(1) この反応の平衡定数を求めよ。

□(2) 別の同じ体積の容器に水素 2.0 mol とヨウ素 2.0 mol を入れて同じ温度に保つと、平衡に達した。このとき生成するヨウ化水素は何 mol か。

83 化学平衡② (圧平衡定数)

★★

問題

窒素と水素からアンモニアが生成する反応は、次式で表される平衡反応である。



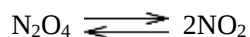
- (1) 濃度平衡定数を K_C , 圧平衡定数を K_P として、温度 T における K_P を K_C を用いて表せ。
ただし気体定数は R とする。
- (2) 体積 V [L] の密閉容器に窒素 4.0 mol と水素 7.0 mol を入れ、一定温度に保ち平衡に達したとき、アンモニアは 2.0 mol 生成していた。このとき、容器内の全圧は 4.5×10^5 Pa であった。圧平衡定数 K_P はいくらか。単位をつけて答えよ。

84 化学平衡③（解離度を求める）

★★

問題

ある物質量の四酸化二窒素 N_2O_4 を密閉容器に入れて 70°C に保ったところ、可逆反応



が起こり、平衡状態に達したとき、圧力は $4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ になった。 70°C におけるこの反応の圧平衡定数を、 $K_p = 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

- (1) このときの解離度を求めよ。
- (2) 容器内の NO_2 の分圧は何 Pa になっているか。

85 電離平衡

★★★

問題

- 酢酸水溶液 0.10 mol/L の電離度と pH はそれぞれいくつか。電離度は 1 より十分に小さいものとし，酢酸の電離定数 $K_a = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。

86 塩の加水分解

★★

問題

- 0.10 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液の pH はいくつか。酢酸の電離定数 $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ mol/L, 水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² とする。

87 緩衝溶液

★★★

問題

- 1.0L 中に 0.12 mol の酢酸と 0.10 mol の酢酸ナトリウムを含む水溶液の $[\text{H}^+]$ と pH を求めよ。 $K_a=1.0\times 10^{-5}$ mol/L とする。

88 緩衝作用

★★★

問題

1.0 L 中に 0.12 mol の酢酸 0.10 mol の酢酸ナトリウムを含む水溶液を A 液として次の問いに答えよ。ただし、A 液の体積は変化しないものとし、 $K_a=1.0\times 10^{-5}$ mol/L とする。

□(1) A 液に、10 mol/L の塩酸 2.0 mL を加えたときの $[H^+]$ を求めよ。

□(2) A 液に、10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 1.0 mL を加えたときの $[H^+]$ を求めよ。

89 塩化物の溶解度積

★★★

問題

AgCl の溶解度積 $K_{\text{AgCl}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.69 \times 10^{-10} \text{ (mol/L)}^2$ とする。AgCl = 143.5, PbCl₂ = 278 とする。

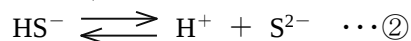
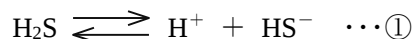
- ☐ (1) AgCl 飽和水溶液 1.0 L 中に, AgCl は何 g 溶けているか。
- ☐ (2) 0.10 mol/L 塩酸水溶液 1.0 L に AgCl は最大何 g 溶けるか。
- ☐ (3) PbCl₂ が 1.0 L の水溶液中 5.56 g 溶け飽和水溶液となった。PbCl₂ の溶解度積を求めよ。

90 H_2S の電離平衡

★★

問題

H_2S は次に示すような二段階の電離によって硫化物イオン S^{2-} を生じる。



①, ②式の電離定数 K_1 , K_2 はそれぞれ,

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$$

で与えられる。①, ②式をまとめると③式となる。



□(1) ③式の電離定数式を書け。

□(2) K_1 , K_2 より, ③式の電離定数 K を求めよ。

□(3) 0.10 mol/L の塩酸に H_2S を通じて飽和させたとき, 水溶液中の $[\text{S}^{2-}]$ は何 mol/L になるか。ただし, 飽和水溶液中の H_2S の濃度は常に 0.10 mol/L とする。

91 硫化物の溶解度積

★★

問題

$[\text{Fe}^{2+}]$ および $[\text{Pb}^{2+}]$ がいずれも $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である混合水溶液を用意した。溶解度積は次の通りである。

$$\text{FeS} : K_{\text{FeS}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 1.0 \times 10^{-16} \text{ (mol/L)}^2$$

$$\text{PbS} : K_{\text{PbS}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 1.0 \times 10^{-26} \text{ (mol/L)}^2$$

□(1) H_2S を通じて $[\text{S}^{2-}]$ を $1.0 \times 10^{-20} \text{ mol/L}$ に保ったとき, FeS および PbS のどちらの沈殿が生じているか。また, 沈殿が生じた金属イオンの水溶液中のモル濃度は何 mol/L となっているか。

□(2) H_2S を通じて PbS だけを沈殿させるには, $[\text{S}^{2-}]$ をどのような範囲に保てばよいか。

□(3) (2)のとき, 水溶液の $[\text{H}^+]$ は何 mol/L より大きくすればよいか。

ただし, $K = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 1.0 \times 10^{-21} \text{ (mol/L)}^2$, 水溶液中の $[\text{H}_2\text{S}]$ は常に 0.10 mol/L とする。

92 分配平衡



問題

ヨウ素を含む水溶液を四塩化炭素 CCl_4 で抽出するとき、 CCl_4 層の I_2 濃度 ($[\text{I}_2]_{\text{四}}$)、水層の I_2 濃度 ($[\text{I}_2]_{\text{水}}$) とは平衡にあり、この状態を分配平衡状態と呼ぶ。 $\text{I}_2(\text{水}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{四})$

濃度比 K は、 $K = \frac{[\text{I}_2]_{\text{四}}}{[\text{I}_2]_{\text{水}}} = 80$ で表され一定値となる。

- (1) $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の I_2 が溶けている水溶液 1.0 L に、 CCl_4 100 mL を加えてよく振り混ぜたとき、何%の I_2 が CCl_4 中に抽出されるか。
- (2) $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の I_2 が溶けている水溶液 1.0 L に、 CCl_4 50 mL ずつ 2 回に分けて抽出を行った場合、合わせて何%の I_2 が CCl_4 中に抽出されるか。

93 糖類

★★

問題

- ☐ (1) 分子量 5.0×10^4 のアミロースは、およそ何個のグルコースが結合してできたものか。
- ☐ (2) セルロースからグルコースを経てエタノールを生成する反応が完全に進行した場合、
324 g のセルロースから得られるエタノールは何 g か。
- ☐ (3) 81 g のセルロースのヒドロキシ基をすべてアセチル化するには何 g の無水酢酸が必要か。

94 アミノ酸の計算問題

★★

問題

アラニン（分子式 $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$ ）のみからなるポリペプチド（分子量約 3200）がある。このポリペプチド 0.71 g を濃硫酸とともに加熱して分解して硫酸アンモニウムにしたのち、過剰の水酸化ナトリウムを加えて加熱したところ、アンモニアを生じた。ただし、これらの操作によりポリペプチド中の窒素はすべてアンモニアに変換されたものとする。

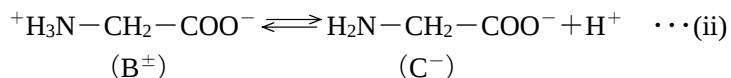
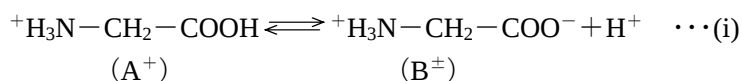
- ☐ (1) このポリペプチドの重合度はいくらか。
- ☐ (2) このポリペプチドの窒素含有率は何%か。
- ☐ (3) 得られたアンモニアの体積は標準状態で何 mL か。

95 等電点

★★

問題

グリシンは、水溶液中で次のような3種のイオンとして存在する。



(i)式、(ii)式の各電離定数を、 $K_1=1.0\times 10^{-2.3}$ mol/L、 $K_2=1.0\times 10^{-9.7}$ mol/L とする。

□(1) 電離定数 K_1 , K_2 を、モル濃度 $[\text{A}^+]$, $[\text{B}^\pm]$, $[\text{C}^-]$ および、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ 用いて表せ。

□(2) この水溶液では、陽イオン A^+ と陰イオン C^- のモル濃度が等しいときの pH が等電点である。グリシンの等電点はいくつか。

□(3) pH3.0 のグリシン水溶液において、グリシンの陽イオン濃度 $[\text{A}^+]$ は、陰イオン濃度 $[\text{C}^-]$ の何倍か。

96 合成高分子

★★

問題

- (1) 重合度 300 のポリスチレンの分子量を求めよ。
- (2) 分子量が 45200 の 6,6-ナイロンの 1 分子中に含まれるアミド結合の数はいくつか。
- (3) 分子量が 4.8×10^4 のポリエチレンテレフタレート (PET) 120g を，単量体にまで加水分解するのに必要な水は何 g か。

97 合成ゴム

★★

問題

- (1) 分子量 2.5×10^5 のポリイソプレンは、およそ何個のイソプレン単位から構成されているか答えよ。
- (2) ブタジエンとアクリロニトリルを共重合させたアクリロニトリルブタジエンゴム (NBR) の元素分析を行ったところ、窒素の質量パーセントは 6.6 % であった。このゴム中でアクリロニトリルに由来する質量は全体のおよそ何%であるか。

98 ビニロン

★★★

問題

ポリ酢酸ビニル 516 g を完全にけん化して、ポリビニルアルコールとした。得られたポリビニルアルコールにホルムアルデヒド水溶液を作用させたところ、ヒドロキシ基の 30% が反応してビニロンが生じた。

- (1) 必要なホルムアルデヒドの物質量は何 g か。
- (2) 生成したビニロンの質量は何 g か。

99 イオン交換樹脂

★★

問題

陰イオン交換樹脂を詰めた円筒(カラム)に、濃度未知の塩化ナトリウム水溶液 50mL を通し、完全にイオン交換させ、さらに純水を流して溶出液をすべて集めた。この溶出液を 0.10mol/L の希硫酸で滴定したところ、25mL を要した。

- ☐ (1) 溶出液に含まれる化合物は何か答えよ。
- ☐ (2) カラムに通す前の塩化ナトリウム水溶液は何 mol/L か。