



2024年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

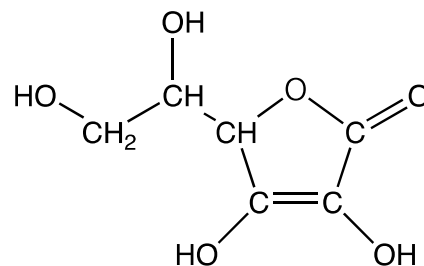
一般選抜 前期日程 問題

化学基礎・化学

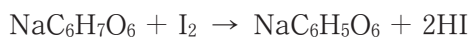
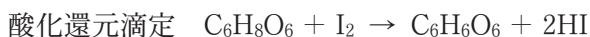
化学基礎・化学

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

アスコルビン酸は、右図の構造を持つ分子であり、ビタミンCとして知られている栄養成分である。アスコルビン酸の分子式は $C_6H_8O_6$ である。アスコルビン酸は、弱酸としての性質とともに還元剤としての性質も示す。一方、アスコルビン酸の塩であるアスコルビン酸ナトリウム ($NaC_6H_7O_6$) は、還元剤としての性質は示すが酸としての性質はない。



アスコルビン酸とアスコルビン酸ナトリウムの混合物（以下、試料混合物）に含まれるそれぞれの成分を定量するため、下記の通り水酸化ナトリウム水溶液を用いる中和滴定およびヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を用いる酸化還元滴定を行った。それぞれの滴定での反応は次の通りである。



【中和滴定】

1. 水酸化ナトリウム水溶液の調製と濃度決定

- ① 水酸化ナトリウム ($NaOH$) をはかり取り、水に溶かして500 mLの水溶液を調製した。
- ② 0.300 mol/L シュウ酸 ($H_2C_2O_4$) 水溶液をコニカルビーカーに20.00 mLとり、指示薬を加えたのち①にて調製した水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、16.00 mL滴下したときに指示薬が変色したので、このときを中和点とした。

2. 試料混合物の中和滴定

- ① 試料混合物をはかり取り、コニカルビーカー中で水50 mLに溶かして試料溶液を調製した。
- ② ①の試料溶液に指示薬を加えたのち、1. で調製した水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、32.80 mL滴下したときに指示薬が変色したので、このときを中和点とした。

【酸化還元滴定】

3. ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液の調製と濃度決定

- ① ヨウ素 (I_2) をはかり取り、ヨウ化カリウム (KI) 水溶液に溶かして500 mLの水溶液を調製した。(滴定において酸化剤としてはたらくのは I_2 である。)
- ② あらかじめ濃度を正確に測定した0.500 mol/L チオ硫酸ナトリウム ($Na_2S_2O_3$) 水溶液をコニカルビーカーに20.00 mLとり、①にて調製したヨウ素ヨウ化カリウム水溶液で滴定したところ、8.00 mL滴下した時点で溶液の変色が確認された。指示薬としてデンプン水溶液を用いた。

4. 試料混合物の酸化還元滴定

- ① 試料混合物を 2. ①と同じ量だけばかり取り、コニカルビーカー中で水50 mL に溶かしたのちメタリン酸を少量添加し、試料溶液を調製した。(メタリン酸は、酸化還元滴定以外の反応を防ぐための成分で、滴定そのものには関与しない。)
- ② ①の試料溶液を、 3. で調製したヨウ素ヨウ化カリウム水溶液で滴定したところ、65.60 mL 滴下した時点で溶液の変色が確認された。指示薬としてデンプン水溶液を用いた。

(1) 水酸化ナトリウムとシュウ酸の中和反応は、 $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ で表される。1. で調製した水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度[mol/L]を有効数字3桁で求めなさい。

(2) 2. ②で中和点となった溶液は、酸性・中性・塩基性のいずれを示すか。

(3) ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムの酸化還元反応は、 $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ で表される。3. で調製したヨウ素ヨウ化カリウム水溶液中のヨウ素のモル濃度[mol/L]を有効数字3桁で求めなさい。

(4) 3. ②, 4. ②での滴定終了時の水溶液の色は次のうちどれか。

- a. 淡緑色 b. 黄褐色 c. 赤褐色 d. 青紫色 e. 橙赤色

(5) 試料混合物中のアスコルビン酸とアスコルビン酸ナトリウムの物質量の比 ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$: $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ の比で表す) を整数比で求めなさい。

化学基礎・化学

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。原子量は $O = 16.00$, $H = 1.00$ とし、ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

宇宙ステーションで消費される酸素は、水の電気分解により供給される。図1に、酸素供給システムの模式図を示す。太陽電池により得られる電気を電解装置に送り、 H^+ イオン交換膜を介して配置された電極にて水蒸気を電気分解し酸素と水素を発生させる。ここでは、宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士が1人1日あたり20.00 molの酸素を呼吸により消費する（従って、20.00 molの二酸化炭素を排出する）と仮定する。

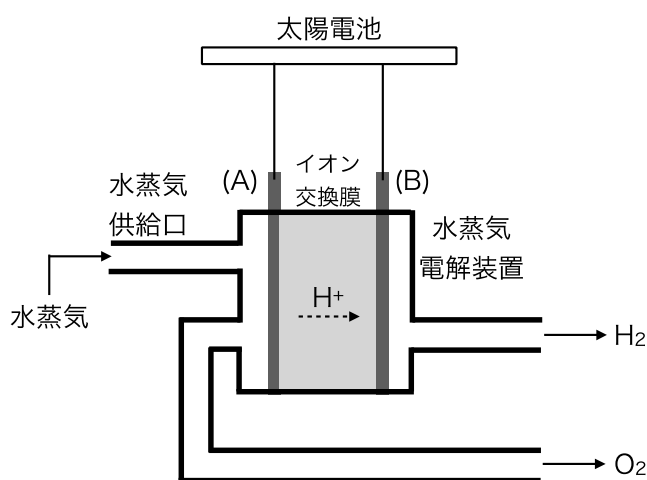


図1

- (1) この電解装置では、まず電極 (A) にて水蒸気から酸素と H^+ が生じ、 H^+ がイオン交換膜中を移動したのち電極 (B) にて水素となる。電極 (A) での酸素発生および電極 (B) での水素発生の化学反応式を書きなさい。電子は e^- で表すものとする。また、電極 (A)・(B) のそれぞれどちらが陽極・陰極であるかを答えなさい。
- (2) 宇宙飛行士1人が1日あたりに消費する酸素を供給するための電気量 [C] を、有効数字3桁で求めなさい。また、この電気量を 8.00×10^4 秒 (約22時間) かけて流すための電流 [A] を、有効数字3桁で求めなさい。
- (3) 宇宙飛行士1人が、宇宙ステーションに1年間 (365.0日) 滞在するための酸素供給に必要な水量 (地球から輸送すべき水の質量) [kg] を、小数第1位まで求めなさい。

(4) はじめに示した酸素供給システムでは、電極 (B) で生じた水素は利用されずに廃棄されている。この水素を有効利用するために、人間の呼吸で生じた二酸化炭素を水素と反応させてメタンと水を生成させ ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$)、生じた水の電気分解により酸素を得る方法が検討されている。この水素利用の経路を加えた酸素供給システムを図2に示す。このように、上記の反応で生成する水を再利用することで、地球から輸送する水の量を削減することができる。このシステムを採用した場合について、問(3)の水量 [kg] を小数第1位まで求めなさい。なお、反応の過程で生成した水素や水蒸気はすべて再利用されるものとする。

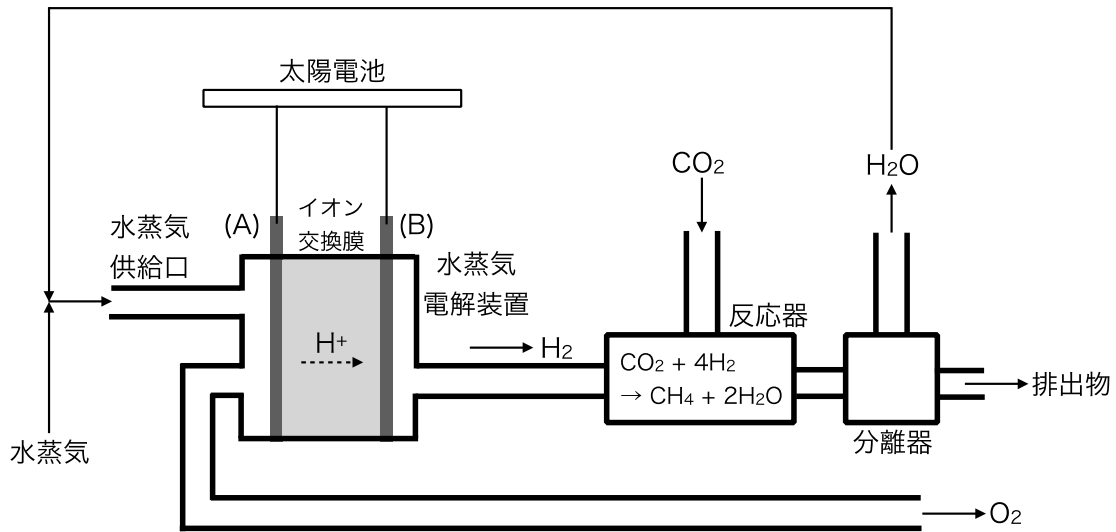


図2

化学基礎・化学

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。ただし、水の凝固点は 0°C 、モル凝固点降下は 1.85 [$\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$] とする。

一般に、溶液を冷却していくと、溶媒の凝固点よりも低い温度で溶媒が凝固しはじめる。この現象を凝固点降下といい、溶媒と溶液の凝固点（溶液中の溶媒が凝固し始める温度）との差を凝固点降下度という。

液体を冷却していくと、凝固点よりも低い温度になっても凝固しないことがある。このような状態を（ア）という。凝固がはじまると、凝固熱が発生して、いったん温度が上昇する。溶媒の場合、凝固が進む間は冷却を続けても温度が一定に保たれる。このときの温度が溶媒の凝固点である。一方、溶液の場合、凝固が進む間も温度は一定にならず、①徐々に温度が低下していく。

凝固点降下を利用して、道路に塩化カルシウム (CaCl_2) をまくことで水の凝固点を下げ、路面の凍結を防ぐことができる。 CaCl_2 は完全に電離すると粒子数が（イ）倍になり、凝固点降下の効果が大きい。さらに、降雪後に CaCl_2 を散布した場合も、 CaCl_2 は潮解性が強く、周囲からの水を吸収して（ウ）熱が発生するので、雪の一部を融解させて路面の凍結防止に役立つ。また、自動車のエンジンを冷却する冷却水にエチレングリコール ($\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$) を添加することで水の凝固点を下げ、冷却水が凍結するのを防止している。

- (1) 文章中の（ア）～（ウ）に当てはまる適切な語句または数字を答えなさい。
- (2) 下線部①の徐々に温度が低下していく理由を述べなさい。
- (3) モル質量 M [g/mol] の非電解質の溶質 W_2 [g] を、溶媒 W_1 [g] に溶かした溶液の質量モル濃度 m [mol/kg] はどのように表されるかを書きなさい。
- (4) 水の凝固点を -0.100°C にするには、水 100 g に何 g のエチレングリコールを溶かせばよいかを有効数字3桁で求めなさい。ただし、必要があれば、原子量は、 $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12.0$, $\text{O} = 16.0$ を用いなさい。
- (5) 水 100 g に塩化ナトリウム (NaCl) を 0.0040 mol 溶かした溶液の凝固点は何 $^{\circ}\text{C}$ になるかを有効数字2桁で求めなさい。ただし、塩化ナトリウムは水溶液中で完全に電離しているものとする。
- (6) 水 50.0 g に塩化カルシウム (CaCl_2) (式量： $\text{CaCl}_2 = 111$) を 0.111 g 溶かした。塩化カルシウムが水溶液中で完全に電離していると仮定した場合、溶液の凝固点は何 $^{\circ}\text{C}$ になるかを有効数字3桁で求めなさい。

(7) (6) の実験を行ったところ、実際の塩化カルシウム水溶液の凝固点は -0.100°C であった。このときの水溶液中での CaCl_2 の電離度を有効数字 2 桁で求めなさい。

化学基礎・化学

4. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

衣料などに用いられる繊維には、天然繊維と化学繊維がある。天然繊維は、木綿、麻などの植物繊維と、絹、羊毛などの動物繊維に分類される。また、化学繊維には、合成高分子化合物を紡糸して繊維構造を形成した合成繊維、天然高分子を適切な溶媒に溶解した後、紡糸により繊維を再生した再生繊維、および、天然高分子を化学的に処理し、構造の一部を化学変化させてつくられた半合成繊維がある。

木綿や麻の主成分はセルロースである。セルロースは、(ア)が次々に縮合重合して、直鎖状に連なった構造を持つ分子であり、平行に並んだ分子間の(イ)結合によって、繊維を形成している。木材から得られるパルプは、セルロースを主成分とするが、繊維としては短いので、適当な溶媒に溶かした後に細孔から押し出して長い繊維として再生する。セルロースを水酸化ナトリウム水溶液でアルカリ処理した後、二硫化炭素と反応させると(ウ)というとても粘りのある赤橙色コロイド溶液が得られる。この(ウ)を細孔から希硫酸中に押し出すとセルロースが再生されて(エ)という繊維になる。(エ)は広く衣料に利用されている。(ウ)を薄い膜状に再生したものを(オ)といい、テープや包装材料などに使われる。

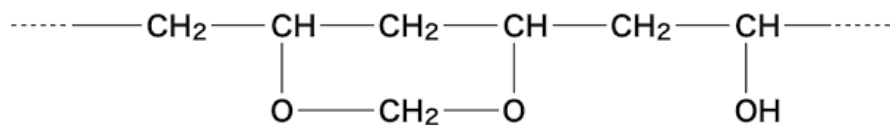
合成繊維には、縮合重合で合成されるナイロン、ポリエステル、(カ)重合で合成されるアクリル繊維、ビニロンなどがある。ビニロンは1939年に桜田一郎によって開発された日本初の合成繊維で、木綿によく似た性質を示す。ビニロンは次のような工程で作られる。

酢酸ビニルを(カ)重合させてポリ酢酸ビニルをつくる。これに水酸化ナトリウム水溶液を作用させてけん化すると(キ)が得られる。(キ)は、分子中に親水性の(ク)基を多く含み、水に溶けやすい。そこで、その一部を(ケ)で処理し、(コ)化すると、水に不溶な繊維であるビニロンが得られる。

また、超高分子量のポリエチレンから得られる①ポリエチレン繊維、アミド結合がベンゼン環を結びつけた構造からなるアラミド繊維などは、高強度が要求される用途に用いられている。

- (1) 文章中の(ア)～(コ)に当てはまる適切な語句を答えなさい。なお、(ア)については異性体を区別した名称を答えなさい。
- (2) セルロース(示性式： $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$)をシュワイツァー試薬に溶かし、これを希硫酸中に噴出させてできる物質名とその示性式を書きなさい。
- (3) セルロースに十分量の無水酢酸を作用させるとトリアセチルセルロースが生成する。トリアセチルセルロースの示性式を書きなさい。

- (4) セルロース81.0 g を無水酢酸と反応させて、すべてトリアセチルセルロースにした。このとき、トリアセチルセルロースは理論上何 g 生成するかを答えなさい。なお、答えは整数で書きなさい。また、必要があれば、原子量は、 $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$ を用いなさい。
- (5) ポリ酢酸ビニル1.0 kg から、下記の繰り返し単位の化学構造を持つビニロンは、理論上何 kg 得られるかを有効数字2桁で求めなさい。また、必要があれば、原子量は、 $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$ を用いなさい。



- (6) 下線部①のポリエチレン繊維の密度を測定したところ 0.97 g/cm^3 であった。ポリエチレンの結晶部分の密度を 1.0 g/cm^3 、非結晶部分の密度を 0.85 g/cm^3 として、繊維の全体の質量における結晶部分の質量の割合〔%〕を有効数字2桁で求めなさい。ただし、ポリエチレン繊維は結晶部分と非結晶部分のみで構成されているものとする。