

令和 2 年度 入 試
個別学力試験問題(前期日程)

化 学

学部・学科	問 題
総合理工学部(物質化学科)	1, 2, 3, 4
総合理工学部(物質化学科を除く) 生物資源科学部	1 問 1 ~ 4, 2 問 1 ~ 5, 3 問 1 ~ 4, 5

注 意

1. 志望学部・学科により，問題，解答用紙が異なるので，解答前に確認してください。
2. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
3. 問題紙は 10 ページです。
4. 解答用紙は 4 枚です。指示があってから確認し，解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
5. 総合理工学部物質化学科受験生は 1, 2, 3, 4 の問題を，総合理工学部(物質化学科を除く)受験生，生物資源科学部受験生は 1 問 1 ~ 4, 2 問 1 ~ 5, 3 問 1 ~ 4, 5 の問題を解答してください。
6. 答えはすべて解答用紙の所定の欄に記入してください。
7. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
8. 試験終了後，問題紙は持ち帰ってください。

1 次の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として
 $H = 1.0$, $O = 16$, $S = 32$, $Cu = 63$ を用いよ。

【共通問題】 問1～4は、すべての受験生が解答すること。

I 周期表において、1,2族と12～18族の元素を **ア** といい、3～11族の元素を **イ** という。**イ** はすべて金属元素である。金属元素は、電子を失って陽イオンになりやすい性質をもつ。金属イオンに、非共有電子対をもつ分子や陰イオンが **ウ** 結合してできたイオンを **エ** という。**エ** は、同じ金属イオンであっても **ウ** 結合する分子や陰イオンの種類と構造によって、その水溶液の色が異なることがある。

イ のひとつである銅は、赤みを帯びた軟らかい金属で、展性、延性に富む。銅は、塩酸や希硫酸には溶けないが、酸化力のある熱濃硫酸には溶ける。硫酸銅(II)の水溶液から結晶を析出させると、硫酸銅(II)五水和物の青色結晶が得られる。

問1 **ア** ～ **エ** に適当な語句を入れよ。

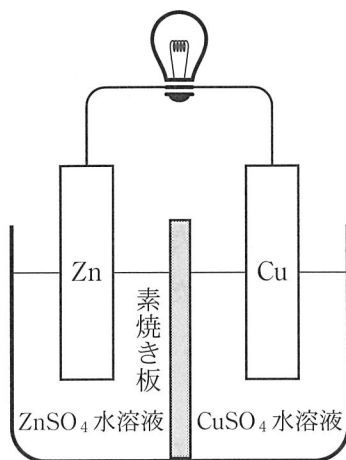
問2 下線部について、銅が熱濃硫酸に溶けるときの反応を化学反応式で書け。

問3 硫酸銅(II)五水和物の結晶 0.498 g を空气中、ある温度で加熱したところ、加熱後に生成した物質の質量は 0.158 g であった。生成した物質の組成として、適当なものを次の(1)～(4)から一つ選び、番号で答えよ。また、そのように考えた理由を、計算の過程を示して説明せよ。ただし、加熱の前後で、物質に含まれる銅の物質質量は変化しないものとする。

(1) Cu (2) Cu_2O (3) CuO (4) CuSO_4

II 酸化還元反応を利用して，化学エネルギーを電気エネルギーに変換する装置を電池(化学電池)という。電池は，電極として用いる物質などによって，いくつかの種類に分類される。

図のように，銅板を硫酸銅(II)水溶液に浸したものと亜鉛板を硫酸亜鉛水溶液に浸したものを，素焼き板やセロハンなどで仕切った構造の電池をダニエル電池という。ダニエル電池では，亜鉛が負極，銅が正極となる。この電池の起電力は約 1.1 V である。



問 4 ダニエル電池の放電時において，正極と負極で進行する反応を，電子(e^-)を用いた反応式でそれぞれ書け。

【選択問題】 問 5，6 は，総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 5 ダニエル電池において，水溶液を仕切っている素焼き板やセロハンは，どのような役割をもっているか，説明せよ。

問 6 ダニエル電池のような構造の電池の起電力は，正極および負極の金属の種類によって変化する。銅と亜鉛を電極に用いる電池よりも起電力を大きくするために，亜鉛の代わりに用いる金属として最も適当なものを次の(1)~(4)から選び，番号で答えよ。また，そのように考えた理由を説明せよ。

- (1) マグネシウム (2) 鉄 (3) ニッケル (4) 鉛

2 次の文を読み，問いに答えよ。

【共通問題】 問 1～5 は，すべての受験生が解答すること。

Ca^{2+} ， Cu^{2+} ， Ag^+ および Pb^{2+} の 4 種類の金属イオンを含む混合水溶液に，アンモニア水を過剰に加えた。十分に放置してからろ過を行い，沈殿 1 とろ液 1 に分離した。次に，ろ液 1 に，青色リトマス紙が赤色に変色するまで試薬 A を加えた。十分に放置してからろ過を行い，沈殿 2 とろ液 2 に分離した。ろ液 2 に試薬 B を通じると，黒色の沈殿が生じた。十分に放置してからろ過を行い，黒色の沈殿 3 とろ液 3 に分離した。

問 1 アンモニア水を過剰に加えたときに，それぞれの金属イオンが起こす反応を，イオン反応式で示せ。ただし，アンモニア水を過剰に加えても反応しない場合は「変化なし」と答えよ。

問 2 試薬 A を次の(1)～(4)から選び，番号で答えよ。

- | | |
|---------|-----------------|
| (1) 希塩酸 | (2) 希硝酸 |
| (3) 酢酸 | (4) 水酸化ナトリウム水溶液 |

問 3 ろ液 2 の色を次の(1)～(6)から選び，番号で答えよ。

- | | | |
|--------|---------|---------|
| (1) 褐色 | (2) 無色 | (3) 紫色 |
| (4) 青色 | (5) 血赤色 | (6) 淡緑色 |

問 4 試薬 B は何か，名称を答えよ。

問 5 ろ液 3 に含まれる金属イオンの検出方法を，簡単に述べよ。

【選択問題】 問 6, 7 は, 総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

問 6 下線部で, 試薬を添加した後, 十分に放置せずにろ過を行うと, どのようなことが起こり得るか, 簡単に述べよ。

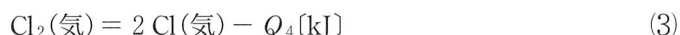
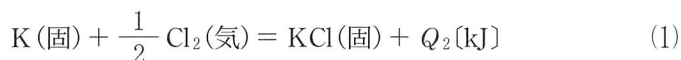
問 7 沈殿 1 に付着した不純物を取り除くため, 沈殿 1 をろ紙からビーカーにうつし, アンモニア水で洗浄した。このとき, アンモニア水ではなく純水を使って沈殿 1 を洗浄した場合, どのようなことが起こり得るか, 共通イオン効果をふまえ, 説明せよ。

3 次の文を読み、問いに答えよ。

【共通問題】 問1～4は、すべての受験生が解答すること。

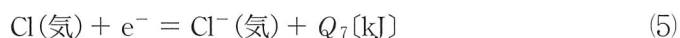
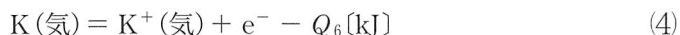
I 陽イオンと陰イオンの電気的な引力による結合をイオン結合といい、陽イオンと陰イオンがイオン結合により規則正しく配列してできた結晶をイオン結晶という。また、イオン結晶を構成するすべてのイオンを完全に引き離してばらばらにするのに必要なエネルギーを、イオン結晶の格子エネルギーという。格子エネルギーを実際に測定することは難しいが、ヘスの法則を用いて求めることができる。例えば、KClの格子エネルギーは、以下のように計算して求める。

〔計算1〕 1 molのKCl結晶を中性のK原子とCl原子に引き離すのに必要なエネルギー Q_1 を求める。 Q_1 は、以下の式(1)～式(3)から求められる。



Q_2 はKCl(固)の生成熱、 Q_3 はK(固)の ア であり、それらの値はそれぞれ437 kJ/mol、90 kJ/molである。また、 Q_4 は、Cl-Cl結合の結合エネルギーであり、240 kJ/molである。

〔計算2〕 1 molの中性のK原子とCl原子を、それぞれ K^+ 、 Cl^- とするのに必要なエネルギーの合計 Q_5 を求める。 Q_5 は、以下の式(4)と式(5)から求められる。ただし、 Q_6 は、K(気)の イ エネルギーであり、419 kJ/molである。また、 Q_7 はCl(気)の ウ であり、349 kJ/molである。



〔計算3〕 KClの格子エネルギーを Q_8 [kJ/mol]とすると、その熱化学方程式は式(6)で表される。

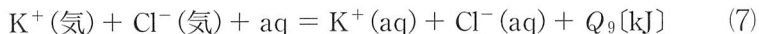


式(6)と、計算1、計算2の結果を用いて、 Q_8 を求める。

- 問1 ~ に適当な語句を入れよ。
- 問2 下線部の反応の熱化学方程式を、 Q_1 を用いて記せ。また、 Q_1 を $Q_2 \sim Q_4$ を用いて表せ。
- 問3 Q_5 を Q_6 と Q_7 を用いて表せ。
- 問4 Q_8 の値を有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

【選択問題】 問5、6は総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

II イオン結晶を構成するイオンを引き離すには、大きなエネルギーが必要であるが、イオン結晶を水に溶解させると、イオンは水分子に取り囲まれて安定化し、ばらばらに存在することができる。このような現象を水和といい、水和により放出されるエネルギーを水和熱という。 K^+ の水和熱と Cl^- の水和熱の合計を Q_9 [kJ/mol]とすると、その熱化学方程式は式(7)で表される。



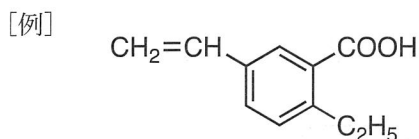
Q_9 は、KClの格子エネルギー Q_8 と、KClの溶解熱から計算することができる。KClの溶解熱は -17 kJ/molである。

問5 7.4 gのKClを 20.0°C の水に溶かし、100 gとした。このKCl水溶液の温度は何 $^\circ\text{C}$ か、小数第1位まで求めよ。また、その計算の過程も示せ。ただし、原子量は $\text{K} = 39$ 、 $\text{Cl} = 35$ とし、このKCl水溶液の比熱容量(比熱)を $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。また、溶解熱は、すべて水溶液の温度変化に使われたものとする。

問6 Q_9 の値を有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程も示せ。

【選択問題】 この問題は、総合理工学部物質化学科受験生が解答すること。

4 次の文を読み、問いに答えよ。ただし、構造式は下の例にならって書け。



ベンゼン是不飽和結合をもつ炭化水素であるが非常に安定で、アルケンなどとは異なり付加反応が起こりにくく、置換反応が起こりやすい。例えば、ベンゼンと濃硫酸を混合し加熱すると、スルホン化が進行して、ベンゼンスルホン酸を与える。この反応は、セッケンと同様に洗剤として用いられている直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムの合成にも利用されている。

問 1 ベンゼンは水に溶けにくい。この理由を、分子の極性に着目して説明せよ。

問 2 次の(1)~(4)の反応により生成する有機化合物を、構造式で示せ。また、これらの反応のうち、ベンゼン環の置換反応はどれか、(1)~(4)の番号で答えよ。

- (1) フェノールの水溶液に臭素水を十分に加える。
- (2) トルエンを塩基性過マンガン酸カリウム水溶液とともに加熱する。
- (3) ベンゼンと塩素の混合物に紫外線を照射する。
- (4) スチレンに臭素を加える。

問 3 ベンゼンスルホン酸をナトリウムの小片とともに加熱融解し、水に溶かした。次に、この水溶液を酢酸酸性にした後、酢酸鉛(II)水溶液を加えた。これらの操作により、ベンゼンスルホン酸に硫黄原子が含まれることを確認できる。この理由を、生成する物質を示して説明せよ。

問 4 炭素数 12 の直鎖アルキル基をもつアルキルベンゼンは、濃硫酸を用いたスルホン化により化合物 A を生じた。この反応を化学反応式で表せ。ただし、スルホン化はアルキルベンゼンの p -位で起こったものとし、有機化合物は構造式で表せ。

問 5 A のナトリウム塩(B)の水溶液は、チンダル現象を示した。一方、ベンゼンスルホン酸ナトリウム水溶液はチンダル現象を示さなかった。なぜこのような違いが生じたか、その理由を、アルキル基の役割に着目して説明せよ。

問 6 B の水溶液に塩酸を加えて酸性にしたが、沈殿は生じなかった。一方、セッケンであるステアリン酸ナトリウム(炭素数 18 の飽和脂肪酸ナトリウム)の水溶液に塩酸を加えて酸性にすると、沈殿が生じた。なぜこのような違いが生じたか、その理由を説明せよ。

【選択問題】 この問題は、総合理工学部(物質化学科を除く)と生物資源科学部の受験生が解答すること。

5 次の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Cu = 63.5$ を用いよ。

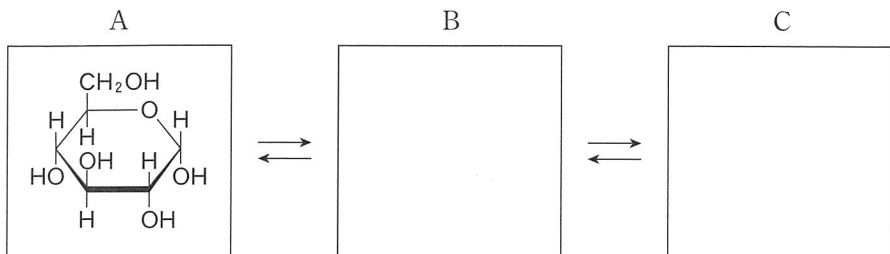
炭水化物の一種である糖類は、 の一般式で表される。単糖であるグルコースは、無色の結晶で水に溶け、生物にとってエネルギー源として重要な役割をもつ。二糖であるスクロースは、 α -グルコースと が、脱水縮合した構造をもつ。植物の細胞壁の主成分であるセルロースは、 β -グルコースが脱水縮合した構造をもつ多糖である。グリコーゲンは、一般式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される多糖であり、動物の体内に、エネルギー貯蔵物質として存在する。同じく多糖であるデンプンは、一般式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表され、 α -グルコースが脱水縮合した構造をもち、室温でヨウ素溶液と反応すると、 色を示す。この溶液を加熱すると、ほぼ 色になる。

問 1 に一般式を、 に化合物名を、 と に適当な語句を入れよ。

問 2 セルロースに関する以下の記述のうち、正しいものを三つ選び、番号で答えよ。

- (1) セルロースを構成する β -グルコースは、隣り合うグルコース単位が、一つおきに反転して結合している。
- (2) β -グルコースが直鎖状に連なった分子であり、分子間で水素結合が形成される。
- (3) 酸の存在下で加熱すると、二糖のスクロースを経てグルコースになる。
- (4) セルロースを原料として、セロハンやレーヨンが作られる。
- (5) ヒドロキシ基が部分的にアセチル化されたジアセチルセルロースは、アセトンに溶けない。

問 3 以下の図の A は、水中におけるグルコースの、三つの構造の平衡混合物の中の一つを示している。B と C の構造を、図にならってそれぞれ書け。



問 4 300 g のグリコーゲンを完全に加水分解し、純粋なグルコースを得た。得られたグルコースの水溶液に、十分な量のフェーリング液を加えて加熱した。この反応により生じる、 Cu_2O からなる赤色沈殿の質量を、有効数字 3 桁で示せ。また、その計算の過程も示せ。ただし、1 mol のグルコースに対し、1 mol の Cu_2O が生じるものとする。

問 5 350 g のデンプンに、ある酵素を作用させると、全てのデンプンがグルコースとマルトースに加水分解された。そのうち、グルコースの質量は 168 g であった。反応により生じたグルコースとマルトースの物質量を、有効数字 3 桁でそれぞれ求めよ。また、その計算の過程も示せ。