

化 学

学 部	学 科 (コース)	配 点
理工学部	化学・生命理工学科(化学コース)	300 点
	化学・生命理工学科(生命コース), 物理・材料理工学科, システム創成工学科	200 点

注 意 事 項

1. 問題は, ①と②の計2問です。
2. ①と②のすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は, (5の1)から(5の5)までの計5枚です。解答は, すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに, 本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後, 問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

[注意]

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

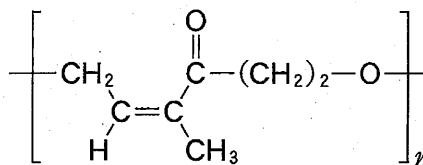
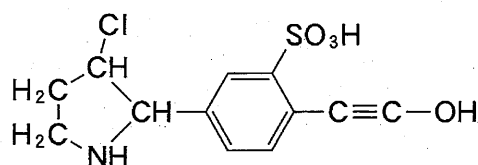
H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Cu : 63.5 Zn : 65.4

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

2) 気体はすべて理想気体とし、標準状態(0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)で1 molの気体の体積は22.4 Lとする。

3) 構造式は例にならって書け。

(例)



1 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問7に答えよ。

[I] 炭化水素化合物の水素原子をヒドロキシ基で置換した化合物をアルコールという。アルコール類はさまざまな有機化合物に変換でき、例えば、メタノールを酸化すると有機化合物 A となり、さらに有機化合物 A を酸化することで有機化合物 B となる。エタノールの酸化では、有機化合物 C を經由して有機化合物 D が生成する。^①さらに、エタノールと有機化合物 D を分子間脱水すれば有機化合物 E を得ることができる。また、シクロヘキサノール(シクロヘキサンの水素原子1個をヒドロキシ基で置換したアルコール)を分子内脱水すれば有機化合物 F が得られる。一方、1-ドデカノール(炭素数12)を硫酸と反応させて硫酸エステルとし、この硫酸エステルを水酸化ナトリウム水溶液で中和すると硫酸エステル塩(合成洗剤)になる。^{②③}

問 1. 有機化合物 A～E の構造式を書け。また、有機化合物 A～E それぞれの説明としてあてはまるものを(あ)～(お)の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) 水に溶けにくい。
- (い) アセチレンに水を付加させると生成する。
- (う) ヨードホルム反応を示す。
- (え) 銀鏡反応を示す。
- (お) 構造異性体としてエステルが存在する。

問 2. 下線部①のエタノールは、酵母によるグルコースなどのアルコール発酵によって生産される。アルコール発酵によってグルコースをエタノールと二酸化炭素に分解した後、得られたエタノールを金属ナトリウムと反応させたところ、標準状態で 4.48 L の気体が発生した。次の設問(1)と設問(2)に答えよ。ただし、反応は完全に進行するものとする。

- (1) 金属ナトリウムと反応したエタノールの物質量[mol]を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。
- (2) アルコール発酵に用いたグルコースの質量[g]を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。

問 3. 有機化合物 F は、触媒存在下で水素を反応させると有機化合物 G となり、光をあてずに臭素を反応させると有機化合物 H となる。有機化合物 F～H の構造式を書け。

問 4. 下線部②と③の反応を化学反応式で示せ。ただし、炭化水素基の表記については $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_x-$ (x は繰り返し数) と省略してよい。

[II] 私たちの身のまわりの食品や住居などを構成するさまざまな物質の中には分子量の非常に大きな化合物が多く存在する。これらの化合物は^④高分子化合物と呼ばれ、分子量の小さな化合物とは異なる性質を示す。高分子化合物は、人工的につくられる合成高分子化合物と、自然界に存在する天然高分子化合物に大別される。合成高分子化合物は、その用途の違いにより、合成繊維、合成樹脂、合成ゴムに分類され、身近で広く使われている。^⑤植物中に存在するデンプンやセルロースは天然高分子化合物であり、それぞれ食料や衣料などに利用されている。^⑥

問 5. 下線部④の高分子化合物の性質について述べた次の文章(a)～(d)を読み、空欄 ～空欄 にあてはまる適切な語句を、下記の語群から選択し答えよ。

- (a) ポリエチレンなどの高分子化合物の固体には、分子鎖が密に規則的に配列した 構造の部分と分子鎖が不規則に配列した 構造の部分の部分が混在する。
- (b) 重合度の異なる分子が混在するため、高分子化合物の分子量は 分子量で表されることが多い。 分子量は、浸透圧の測定などで求められる。
- (c) 低分子化合物とは異なり、高分子化合物には、一定の融点を示さず、加熱していくと、ある温度で軟らかくなり変形するものが多い。このときの温度を という。
- (d) タンパク質などの高分子化合物は、分子1個がコロイド粒子の大きさであるため、適当な溶媒に溶解させるとコロイド溶液になる。このようなコロイドを コロイドという。

語群

液状	結晶	硬化点	最小	最大
軟化点	非晶	分散	分子	平均

問 6. 下線部⑤について、設問(1)～設問(3)に答えよ。

(1) 合成繊維の例として、ナイロンが挙げられる。ナイロンは、天然繊維である絹に似た性質をもち、その代表としてナイロン6がある。ナイロン6の構造式を書け。

(2) 合成樹脂は、熱に対する性質の違いから、熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分類される。次の合成高分子化合物(i)～(vi)のうち、熱可塑性樹脂であるものをすべて選り記号で答えよ。

- (i) フェノール樹脂 (ii) ポリエチレン (iii) ポリスチレン
(iv) メラミン樹脂 (v) ポリ塩化ビニル (vi) アルキド樹脂

(3) 合成ゴムの例として、1,3-ブタジエンが付加重合したポリブタジエン(ブタジエンゴム)が挙げられる。ポリブタジエンには、1,3-ブタジエン1個あたり1個の二重結合が残り、シス形とトランス形が混在する。ポリブタジエンの二重結合まわりの立体配置がすべてシス形またはトランス形とした場合の構造式を書け。

問 7. 下線部⑥について、設問(1)と設問(2)に答えよ。

(1) デンプンは植物の光合成によってつくられ、植物体内にデンプン粒として蓄えられている。デンプン粒は、 α -グルコースが縮合重合した構造をもつアミロースとアミロペクチンから構成されている。セルロースは植物の細胞壁の主成分で、 β -グルコースが縮合重合した構造をもつ。アミロース、アミロペクチン、セルロースそれぞれの特徴としてあてはまるものを(か)～(こ)の中からすべて選り、記号で答えよ。

- (か) 熱水に溶解する。
(き) 分子鎖に枝分かれがない。
(く) 分子鎖がらせん構造をとっている。
(け) ヨウ素溶液を加えると呈色する。
(こ) フェーリング液を還元する。

- (2) セルロースは、式量 162 の繰り返し単位の中にヒドロキシ基を 3 個もつ。セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合溶液(混酸)を作用させると、ヒドロキシ基と硝酸との間で脱水縮合が起こり、硝酸エステルであるトリニトロセルロースが得られる。トリニトロセルロース 148.5 g を得るために必要なセルロースの質量[g]を整数で求めよ。計算過程も示せ。ただし、反応はすべて理想的に進むものとし、セルロースの分子量は十分に大きいものとする。

2 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 化学電池は、化学反応によって発生するエネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。例えば、図1に示した電池は (ア) 電池とよばれ、素焼き板で隔てた容器に硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を入れ、亜鉛板と銅板をそれぞれの水溶液に浸して電極として用いる。これら二つの電極を電球、電流計、スイッチを介して導線でつなぎ、スイッチを入れると電流が流れ、放電が起こる。このとき、亜鉛は銅より (イ) が大きいいため負極となる。放電中、水溶液内の電荷がつり合う状態を保つため、負極側で生じた金属イオンは、素焼き板を通して正極側に移動し、正極側の (ウ) は、素焼き板を通して負極側に移動する。

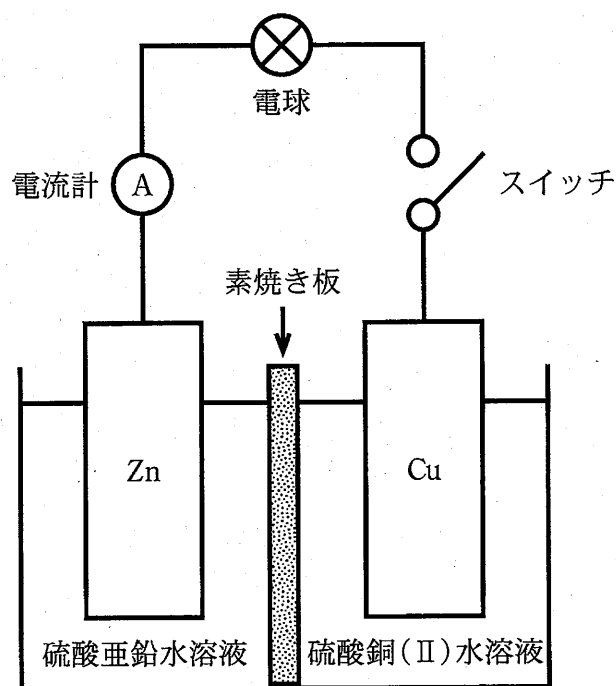


図1. 電池の概略図

問1. 文章中の空欄 (ア) と空欄 (イ) に入る適切な語句、および、空欄 (ウ) に入る適切なイオン式を書け。

問 2. 図 1 に示した電池の電池式(電池の構成)を, 解答欄の空欄 をうめて完成させよ。また, 負極と正極で起こる化学反応を, 電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

問 3. 図 1 の電池のスイッチを入れ, 電球を 60.0 分間点灯させた。このときの電流は 0.193 A であった。その後スイッチを切り, 電極の質量を測定した。このときの電極(銅板または亜鉛板)の質量の変化量[g]をそれぞれ有効数字 3 桁^{有効}で求めよ。計算過程も示せ。また, 電極の質量の変化を, 「増加」または「減少」で答えよ。

問 4. 下線部①の硫酸銅(Ⅱ)水溶液は, 工業的な製造法として, 銅を硫酸に入れ空気を吹き込みながら加熱する方法が用いられる。銅と下記の酸との化学反応式を書け。

- (1) 濃硝酸
- (2) 希硝酸
- (3) 熱濃硫酸

[Ⅱ] 気体の水素と気体のヨウ素を容積が一定の密閉容器に入れて、ある温度に保つとヨウ化水素を生じる。



式(1)の反応において、反応物から生成物に進む反応(正反応)と、生成物から反応物へ進む反応(逆反応)の両方が起こるため、この反応を可逆反応という。式(1)の反応は、ある温度で反応させ十分に時間が経過すると、平衡状態に達する。このときの各物質のモル濃度を $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{HI}]$ とすると、平衡定数 K は式(2)で表される。

$$K = \boxed{\text{(エ)}} \quad (2)$$

一般に平衡定数 K の値が大きい場合、平衡状態における生成物のモル濃度は $\boxed{\text{(オ)}}$ く、反応物のモル濃度は $\boxed{\text{(カ)}}$ くなる。

式(1)の反応について、次の実験を行った。2.00 mol の水素と 2.00 mol のヨウ素を容積 10.0 L の容器に封入し、ある温度で一定に保ったところ、平衡状態に達し、3.20 mol のヨウ化水素が生じた。つぎに、下線部⑤のある温度から温度を上昇させて一定に保ったところ、新たな平衡状態に達した。このときの平衡定数 K_h は 36.0 であった。

問 5. 文章中の空欄 $\boxed{\text{(エ)}}$ ～空欄 $\boxed{\text{(カ)}}$ に入る適切な語句または数式を書け。

問 6. 下線部⑤について、このときの平衡定数 K_1 を有効数字3桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。

問 7. 下線部⑥について、生じたヨウ化水素の物質質量[mol]を有効数字2桁^{けた}で求めよ。計算過程も示せ。

問 8. 平衡定数 K_l と平衡定数 K_h の値から，式(1)のヨウ化水素が生成する反応は「発熱反応」か「吸熱反応」か答えよ。また，その理由を簡潔に説明せよ。

問 9. 下線部⑤の反応に触媒を加えて反応させた。触媒の作用により変化するものを，次の(i)～(v)からすべて選び答えよ。ただし，その他の反応条件は同じとする。

- (i) 反応速度
- (ii) 活性化エネルギー
- (iii) 平衡定数
- (iv) 平衡時の生成物の物質量
- (v) 平衡に達する時間