

〔 I 〕 次の(i)および(ii)に答えよ。

(i) 次の文を読み、問1～問5の答えを解答欄に記入せよ。

元素は  や単体を構成する最も基本的な成分であるが、なかには同じ元素でありながら性質の異なる単体があり、これらは  と呼ばれる。たとえば、炭素には無色透明で電気伝導性のない  と、黒色で光沢があり電気伝導性のよい黒鉛、および近年になって発見されたフラーレンなどがある。また、酸素は無色無臭な気体であるが、酸素に紫外線を照射して生じるオゾンは微青色で特異臭をもつ気体である。同じ 16 属の硫黄には  として弾力のある  ，斜方硫黄，単斜硫黄などがあり、セレンにも赤色セレンと金属セレンなどがある。また、リンにおける  の例としては、猛毒な  とマッチ箱の摩擦面に利用される  があげられ、いずれも燃焼すると  になる。なお、 は、通常、 の中で保存される。さらに、金属元素においても、スズの  には白色スズと灰色スズなどが存在する。

問 1 文中の  ～  に適当な語句を入れよ。

問 2  の結晶構造において、各炭素原子は隣接する 4 個の炭素原子と共有結合を作っている。一方、黒鉛の結晶構造においては、3 個の隣接原子と共有結合を作っている。このことを参考にして、黒鉛に電気伝導性がある理由を 30 字以内で記せ。

問 3 オゾン 5.4 l を得るには、これと同温・同圧で何 l の酸素が必要か。

問 4 2 種類の結晶性の硫黄は、結晶構造が異なるものの、いずれも同じ分子で構成される。その分子式と分子の形状(語句)を記せ。

問 5 金属ナトリウムは、空気中で保存すると E と同じように危険であるため、通常はどのような物質の中で保存されるか。次の(ア)~(エ)のうちから適当なものを一つ選び、その記号を記せ。

- (ア) 水酸化ナトリウム水溶液                      (イ) エタノール  
 (ウ) フェノール                                      (エ) 灯油

(ii) 次の表は各温度における窒素と酸素の水に対する溶解度であり、水に接している気体の分圧が 1.0 atm のとき、水 1.0 l に溶けることのできる気体の物質量(mol/1 l 水)を示す。次の問 1 から問 3 の答えを解答欄に記入せよ。なお、答えの数値は有効数字 2 桁で求めよ。

温度(°C) 気体	0	20	40	60
窒素	$1.03 \times 10^{-3}$	$0.68 \times 10^{-3}$	$0.52 \times 10^{-3}$	$0.46 \times 10^{-3}$
酸素	$2.18 \times 10^{-3}$	$1.38 \times 10^{-3}$	$1.03 \times 10^{-3}$	$0.87 \times 10^{-3}$

問 1 1.5 atm, 20°Cにおける酸素の溶解度(mol/1 l 水)を求めよ。

問 2 0°C, 1.0 atm の低温室で 1.0 l の水をフラスコに入れてよく振り、飽和に達するまで空気を溶かした。そののち 40°C に加熱した場合、溶けきれずに出てくる気体は何 g か。ただし、空気の組成は窒素 80 %, 酸素 20 %として計算することとし、また水の蒸気圧は無視する。

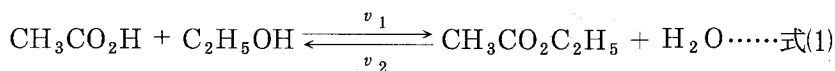
問 3 窒素や酸素が水に溶解する反応は、発熱反応または吸熱反応のいずれと考えられるか。また、その理由を‘平衡’という言葉を用いて 40 字以内で記せ。

〔Ⅱ〕 次の文を読み、問1～問4の答えを解答欄に記入せよ。

※問3の(1)及び(2)、問4の(2)及び(3)の解答は、対応する解答欄の図中に図示すること。

酢酸とエタノールから酢酸エチルを生成させる反応は式(1)に示すように可逆反応であり、正反応と逆反応の速度はそれぞれの反応物の濃度に比例する。正反応の反応速度と反応速度定数をそれぞれ $v_1$ と $k_1$ 、逆反応の反応速度と反応速度定数をそれぞれ $v_2$ と $k_2$ とする。このとき、反応速度定数と反応物の濃度を用いて、正反応の反応速度は $v_1 = \boxed{\text{A}}$ 、逆反応の反応速度は $v_2 = \boxed{\text{B}}$ と表すことができる。また、酢酸エチルの見かけの生成速度を $v_3$ とすると、 $v_1$ と $v_2$ を用いて $v_3 = \boxed{\text{C}}$ と表すことができる。

この反応において強酸は触媒として働く。強酸を加えることによって、正反応の活性化エネルギーは $\boxed{\text{D}}$ 。また、このとき、逆反応も同じ活性化状態を通るものとする、その速度は強酸を加えない場合と比べて $\boxed{\text{E}}$ 。



問1 文中の $\boxed{\text{A}}$ ～ $\boxed{\text{C}}$ に適切な式を入れよ。

問2 文中の $\boxed{\text{D}}$ および $\boxed{\text{E}}$ に適切なものを、次の(ア)～(ウ)のうちから選び、その記号を記せ。

(ア) 大きくなる      (イ) 変わらない      (ウ) 小さくなる

問3 酢酸とエタノールの初濃度を等しいものとし、酢酸エチルと水の初濃度とともに $0.0 \text{ mol/l}$ として、以下の問いに答えよ。

(1) 図1中の曲線は $v_1$ の時間変化を模式的に示したものであり、 $v_e$ は平衡状態における $v_1$ の値を示す。これにならって、 $v_2$ の時間変化を図1中に模式的に図示せよ。ただし、時間 $t_e$ で反応が平衡に達したと近似できるものとする。

(2) この反応で、触媒として強酸を加えた場合の正反応の初速度を図1中の $v_a$ とする。このときの $v_1$ および $v_2$ の時間変化を模式的に図1中に図示せよ。ただし、強酸を加えることによる体積変化はないものとする。

問 4 酢酸とエタノールの初濃度をともに  $C \text{ mol/l}$ , 酢酸エチルと水の初濃度をともに  $0.0 \text{ mol/l}$ , 反応の平衡定数を  $K = 4.00$  として, 以下の問いに答えよ。

- (1) 平衡状態における酢酸エチルの濃度を  $C_e \text{ mol/l}$  とすると,  $C_e$  は  $C$  を用いてどのように表されるか答えよ。
- (2) 図 2 中の曲線は酢酸エチルの濃度の時間変化を模式的に示したものである。時間  $t_e$  で反応が平衡に達したと近似できるものとして, そのときの酢酸エチルの平衡濃度  $C_e$  を黒点で示している。縦軸の濃度めもりを考慮して, 時間 0 および  $t_e$  における酢酸の濃度の位置をそれぞれ黒点ではっきりと示し, 酢酸の濃度の時間変化を図 2 中に模式的に図示せよ。
- (3) この反応で, 触媒として強酸を加えた場合, 酢酸エチルの濃度が時間とともにどのように変化するかを図 2 中に模式的に図示せよ。ただし, 強酸を加えることによる体積変化はないものとする。
- (4) 酢酸とエタノールをそれぞれ  $1.00 \text{ mol}$  反応させ, 反応溶液から生成した水を  $14.4 \text{ g}$  とりのぞいた。十分に時間が経過して平衡に達したときの酢酸エチルの物質量は何  $\text{mol}$  か。有効数字 2 桁で答えよ。必要ならば  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$ ,  $\sqrt{7} = 2.65$ ,  $\sqrt{11} = 3.32$  を用いよ。

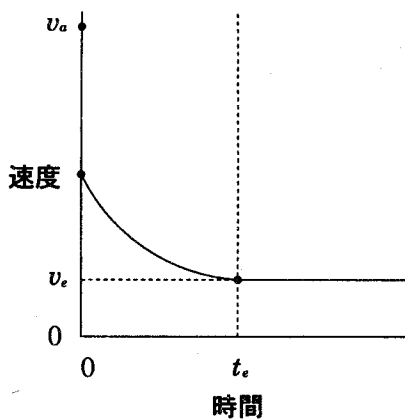


図 1

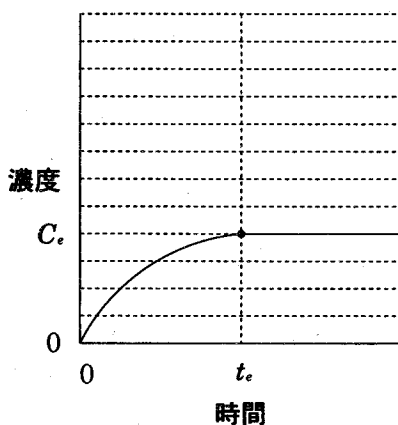
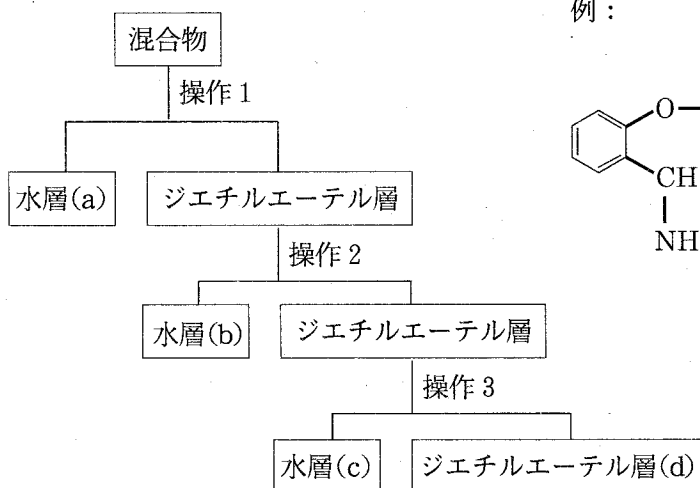


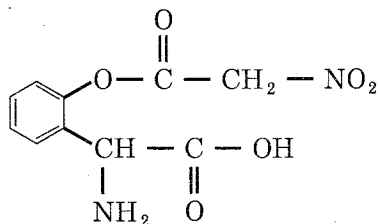
図 2

〔Ⅲ〕 次の文を読み、問1～問6の答えを解答欄に記入せよ。ただし、構造式は例に  
 ならない簡略化して記せ。

3種類の芳香族化合物(A, B, C)の混合物がある。これを下図の操作1～3  
 により、水層(a)～(c)およびジエチルエーテル層(d)に分離した。さらに、①～⑥の  
 実験を行った。



例：



操作1 混合物のジエチルエーテル溶液に5%炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、よく振り混ぜたあと静置し、水層(a)とジエチルエーテル層に分離した。

操作2 操作1で得たジエチルエーテル層に5%の水酸化ナトリウム水溶液を加え、よく振り混ぜたあと静置し、水層(b)とジエチルエーテル層に分離した。

操作3 操作2で得たジエチルエーテル層に10%塩酸を加え、よく振り混ぜたあと静置し、水層(c)とジエチルエーテル層(d)に分離した。

- ① 水層(a)に塩酸を加え酸性にすると、化合物Aの結晶が析出した。
- ② 水層(c)に水酸化ナトリウム水溶液を加えアルカリ性にすると、化合物Bが油状物質として遊離した。

- ③ ジエチルエーテル層(d)から蒸留によりジエチルエーテルのみを除くと、化合物Cが液体として残った。
- ④ 化合物Aは、分子式  $C_7H_6O_3$  で示される。化合物Aのエタノール溶液に塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えると赤紫色を呈した。
- ⑤ 化合物Bは、分子式  $C_6H_7N$  で示される。化合物Bにさらし粉水溶液を加えると赤紫色を呈した。
- ⑥ 化合物Cは、ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混液を作用させると生成した。また、化合物Cにスズと塩酸を加え加熱すると化合物Bが生成した。

問 1 操作1～3の分離操作に最も適したガラス器具の名称を記せ。

問 2 化合物A, B, Cの構造式を記せ。ただし、ベンゼン環に二つの置換基が存在する場合は、互いにオルト位に存在するものとする。

問 3 化合物Aとメタノールに少量の濃硫酸を加え加熱したところ、化合物Dが得られた。また、化合物Aに無水酢酸を加えて加熱すると、化合物Eが得られた。化合物D, Eの構造式を記せ。

問 4 化合物Bに無水酢酸を加え加熱したところ、化合物Fが得られた。化合物Fの構造式を記せ。

問 5 化合物D, E, Fの混合物について、操作1～3による分離実験を行った。それぞれの化合物は(a)～(d)のどの層に移行したか、記号で答えよ。ただし、溶液中では酸塩基反応以外の化学反応は起こらないものとする。

問 6 操作1～3では有機溶媒としてジエチルエーテルを使用した。次の(ア)～(エ)のうち、ジエチルエーテルに代えて本実験に用いることのできるものをすべて選び、記号で答えよ。また、それ以外の溶媒が使用できない理由を30字以内で述べよ。

(ア) アセトン      (イ) エタノール      (ウ) ベンゼン      (エ) 酢酸

〔IV〕 次の文を読み、問1～問6の答えを解答欄に記入せよ。

水溶液A～Eは次の(ア)～(オ)のいずれかである。これらの水溶液を用いて、実験1～6を行った。

- (ア)  $\text{FeCl}_2$  水溶液      (イ)  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  水溶液      (ウ)  $\text{AgNO}_3$  水溶液  
(エ)  $\text{CuSO}_4$  水溶液      (オ)  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  水溶液

実験1 A～Eにそれぞれアンモニア(気体)を通じたところ、すべての水溶液から沈殿が生成した。<sup>(a)</sup>さらにアンモニアを通じ続けると、A、BおよびDで生成した沈殿はそれぞれ錯イオンを形成して溶け出し、AおよびDは無色透明の溶液に、またBは深青色の溶液に変化した。

実験2 A～Eにそれぞれ希塩酸を加えたところ、DおよびEから白色沈殿が生成した。

実験3 A、BおよびCに希塩酸を加えて水溶液のpHを1程度に調節した後、それぞれ硫化水素(気体)を通じたところ、Bのみから黒色沈殿が生成した。<sup>(b)</sup><sup>(c)</sup>

実験4 DおよびEにそれぞれクロム酸カリウム水溶液を加えたところ、Dから暗赤色沈殿が、またEから黄色沈殿が生成した。<sup>(d)</sup>

実験5 Cに少量の希塩酸を加えた後、過酸化水素水を加えたところ、水溶液は黄褐色に変化した。<sup>(2)</sup>

実験6 Bをゆっくりと加熱濃縮して飽和水溶液とした後、室温まで冷却すると青色の結晶が析出した。この結晶を室温から約400℃までゆっくりと加熱すると、水蒸気を発生して白色粉末が生成した。<sup>(3)</sup>

問 1 A～Eに該当する水溶液を前記の(ア)～(ケ)から選び、記号で答えよ。

問 2 次の(あ)～(け)の試薬のいくつかを用いて、下線部(a)および(b)の気体を発生させたい。それぞれの気体を効率よく発生させるために使用する試薬をすべて選び記号で答えよ。

- |                |             |              |
|----------------|-------------|--------------|
| (あ) 水酸化カルシウム   | (い) 希塩酸     | (う) 塩化ナトリウム  |
| (え) 酸化マンガン(IV) | (お) 硫黄      | (か) 塩化アンモニウム |
| (き) 酸化銅(II)    | (く) 硫化鉄(II) | (け) 過酸化水素水   |

問 3 下線部(1)でAおよびDから生じた錯イオンをイオン式で示せ。

問 4 下線部(c)および(d)の沈殿を組成式で示せ。

問 5 下線部(2)の変化を化学反応式で示せ。

問 6 次の文は実験6についての説明である。文中の ① ～ ④ に  
適当な語句、化学式または数値を記せ。数値は有効数字2桁で答えよ。

実験6と同様に、加熱濃縮して得た飽和水溶液を冷却して、純度の高い化合物の結晶を得る方法により物質を精製する操作を ①(語句) という。Bから得た青色の結晶は、結晶中に ②(語句) と呼ばれる水分子を含んでおり、③(化学式) で表される。下線部(3)の反応においては、加熱によりすべての ② が失われ、無水物の白色粉末が生成した。このとき、放出された水蒸気の質量は、反応に用いた青色結晶の質量の ④(数値) %にあたる。

〔V〕 次の文を読み、問1～問7の答えを解答欄に記入せよ。ただし、ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4$  C/mol とし、答えの数値は有効数字2桁で求めよ。

白金板を両極とした電解槽を作成し、それに 0.14 mol の塩化銅(Ⅱ)を含む水溶液を入れて、電気分解の実験を行った。1.0 A(アンペア)の直流電流を、2時間9分通じた。このとき、片方の電極から塩素ガスが発生し、もう一方の電極には銅が析出した。<sup>(1)</sup> 電解槽から、銅が析出した電極を取り出し、質量を測定して、析出した銅の量を調べた。 また、発生した塩素のすべてを、電解槽から追い出<sup>(2)</sup>し、その電解槽の水溶液に 0.28 mol の硝酸銀を含む水溶液を加えて、白色沈殿<sup>(3)</sup>を得た。その後、電解槽の水溶液に、取り出した電極をそのまま戻した。<sup>(4)</sup>

問1 下線部(1)で示した電極は、陽極あるいは陰極のどちらか。また、塩化銅(Ⅱ)水溶液の代わりに硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いて、同様の電気分解を行った場合に、下線部(1)の電極で生成する気体は何か。その化学式を記せ。

問2 この実験で流れた電気量は何 C(クーロン)か。また下線部(2)で示した銅の析出量は何 g か。

問3 電解槽から追い出した塩素を効率よく吸収させて回収するには、どのような物質を使用するとよいか。次の物質(ア)～(オ)のうちから適当なものを選び、その記号を記せ。また、塩素が、その物質と反応して吸収されるとき化学反応式を記せ。

- (ア) 塩酸            (イ) 硫酸            (ウ) 二酸化マンガン  
(エ) 亜硫酸ナトリウム水溶液            (オ) 塩化ナトリウム水溶液

問4 下線部(3)で得られた沈殿は何か。その化学式を記せ。また、その沈殿は全く水に溶けないとしたとき、その沈殿の理論上得られる物質質量は何 mol か。

問 5 下線部(4)の操作の前後で、電解槽の水溶液中の銅(II)イオンの濃度はどのように変化するか。次の(ア)~(ウ)のうちから適当なものを選び、その記号を記せ。また、その理由を 40 字以内で簡潔に説明せよ。

(ア) 増す                      (イ) 変化しない                      (ウ) 減る

問 6 塩素ガスは、水に少し溶け、その塩素の一部は水と反応する。その化学反応式を記せ。また、そのとき、水溶液の pH の値はどのようにになるか。次の(ア)~(ウ)のうちから適当なものを選び、その記号を記せ。

(ア) 大きくなる                      (イ) 変化しない                      (ウ) 小さくなる

問 7 電解槽の水溶液から、溶け込んだ塩素を追い出さなかったならば、下線部(3)で得られる沈殿の量は、どのようになると予測されるか。次の(ア)~(ウ)のうちから適当なものを選び、その記号を記せ。

(ア) 多くなる                      (イ) 変化しない                      (ウ) 少なくなる

〔VI〕 次の文を読み、問1～問4の答えを解答欄に記入せよ。

高分子の有機化合物には、単量体(モノマー)が多数結合しているものが多い。ポリエチレン、デンプン、タンパク質などはその例である。ポリエチレンはエチレンの **A** であり、デンプンは **B** が繰り返し結合した高分子である。タンパク質の繰り返し単位は **C** と呼ばれる。デンプンは **D** の中に **E** が入り込んだ構造をしているが、もち米のデンプンは **E** をほとんど含んでいない。デンプンは **F** と反応して独特の色を示す。デンプンは加水分解を受けるとこの色を示さなくなるが、その代わりに **G** が著しく強まるので、この性質を利用した **H** からの **I** の析出によって、検出が可能になる。これらの変化を利用すれば、**J** によるデンプンの加水分解を観察することができる。分子量の小さい化合物とは異なり、高分子化合物は一般に明確な融点を示さない。ポリエチレンを加熱していくと、100℃前後から徐々に柔らかくなり、最終的には粘度の高い液体になる。タンパク質の多くは水溶液中で加熱していくと、60℃前後から白濁し始め、最終的には凝固する。

問1 文中の **A** ～ **J** に適当な語句を、(ア)～(イ)の中から選び、その記号を記せ。

- |             |                 |           |
|-------------|-----------------|-----------|
| (ア) グルコース   | (イ) マルトース       | (ウ) アミロース |
| (エ) アミラーゼ   | (オ) アミロペクチン     | (カ) アミノ酸  |
| (キ) アスパラギン酸 | (ク) 濃硫酸         | (ケ) 銀     |
| (コ) 銅       | (サ) 酸化銅(I)      | (シ) 酸化力   |
| (ソ) 還元力     | (セ) 付加重合体       | (ソ) 縮合重合体 |
| (タ) ヨウ素溶液   | (チ) アンモニア性硝酸銀溶液 |           |

問2 次の(ア)～(イ)のうち、下線部(1)の説明として適当なものには○を、そうでないものには×を記せ。

- (ア) ポリエチレンの中にエチレンの単量体が混じっている。  
(イ) ポリエチレンの重合度が一定でない。

- (ウ) ポリエチレンの重合度が著しく高い。
- (エ) ポリエチレンは均質な結晶にならない。

問 3 次の(ア)~(エ)のうち、下線部(2)の説明として適当なものには○を、そうでないものには×を記せ。

- (ア) タンパク質の分解が始まった。
- (イ) タンパク質の結晶ができ始めた。
- (ウ) タンパク質の立体的な構造が崩れた。
- (エ) 水分の蒸発によってタンパク質が濃縮された。

問 4 タンパク質を加水分解して得られる  $C_3H_7NO_2$  の分子式で表されるアミノ酸について、以下の問に答えよ。

- (1) このアミノ酸の構造式を記せ。
- (2) このアミノ酸と構造異性体の関係にあるアミノ酸 1 種類を、構造式で記せ。