

解答はすべて「解答用紙」の指定された箇所に記入せよ。

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：**H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5,**
Fe = 56

アボガドロ定数： **$6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$**

気体定数： **$8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$**

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

セルシウス温度目盛りのゼロ点 **$0^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$**

『余 白』

1

問1 次の(1)～(7)の問いについて、記号で答えよ。

(18点)

(1) 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- (ア) 氷が融けて水になる変化は、化学変化である。
- (イ) 純物質の凝固点は融点に等しい。
- (ウ) 水素結合は、共有結合より強い結合である。
- (エ) 一定質量の水の体積は、固体、液体、気体の順に大きくなる。
- (オ) 一般に、性質や構造の似た分子では、分子間力が大きいほど沸点が低い。

(2) 次の5つの化合物のうち、同じ質量中に含まれる硫黄の量が最も多いものはどれか。

- (ア) FeSO_4
- (イ) H_2SO_3
- (ウ) Fe_2S_3
- (エ) SO_2
- (オ) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

(3) 銅には相対質量63.0の ^{63}Cu と相対質量65.0の ^{65}Cu の同位体が存在する。

^{63}Cu と ^{65}Cu の天然存在比を7:3とすると、水酸化銅(II)の式量として最も近いものはどれか。

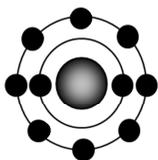
- (ア) 63.0
- (イ) 63.6
- (ウ) 79.0
- (エ) 79.6
- (オ) 80.0
- (カ) 80.6
- (キ) 97.0
- (ク) 97.6

(4) 橙赤色の炎色反応を示すアルカリ土類金属元素 **X** と、電気陰性度が最大の元素 **Y** がイオン結合した化合物 **Z** は、ホタル石の主成分である。この化合物 **Z** 中の **X** イオンと **Y** イオンの電子配置として正しいものはどれか。ただし、解答は重複してもよい。

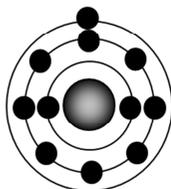
X イオンの電子配置 (a)

Y イオンの電子配置 (b)

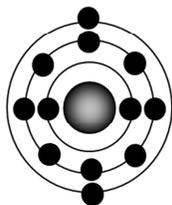
(ア)



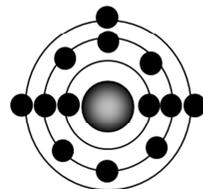
(イ)



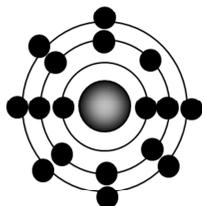
(ウ)



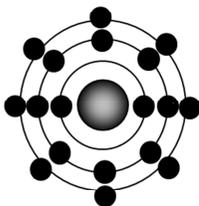
(エ)



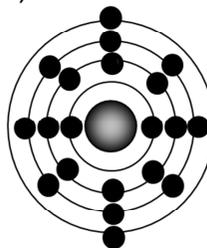
(オ)



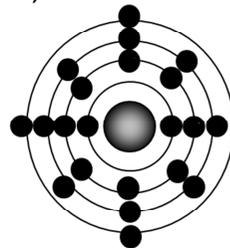
(カ)



(キ)



(ク)



原子核



電子



電子殻

『余 白』

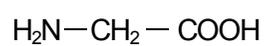
(5) 食塩水 240 g を蒸発させると、72 g の塩化ナトリウムが残った。この食塩水のモル濃度 [mol/L] に最も近い値は、次のうちのどれか。ただし、この食塩水の密度は 1.2 g/cm^3 とする。

- | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|
| (ア) | 1.2 | (イ) | 2.5 | (ウ) | 4.3 | (エ) | 6.2 |
| (オ) | 7.3 | (カ) | 12.4 | (キ) | 25.0 | (ク) | 250 |

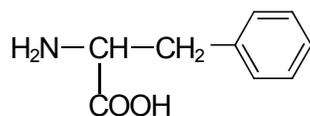
(6) 設問のうち、記述内容に不備があるため問題を削除

『余 白』

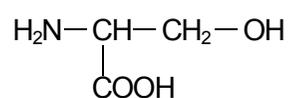
(7) 塩基性アミノ酸は、次のうちどれか。



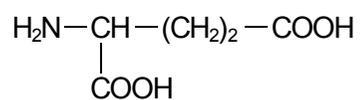
(ア)



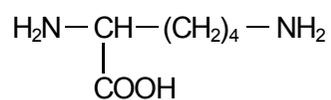
(イ)



(ウ)



(エ)



(オ)

『余 白』

2

次の記述を読んで、問い(問2~問6)に答えよ。

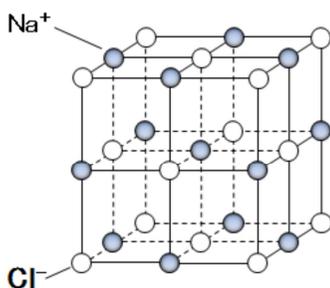
(35点)

周期表1族のうち、水素を除く元素を[ア]という。[ア]の原子は1価の[イ]となりやすく、酸化されやすいので、天然には単体として存在することはない。また、[ア]の単体は、常温で水と激しく反応して気体の[ウ]を発生させる。

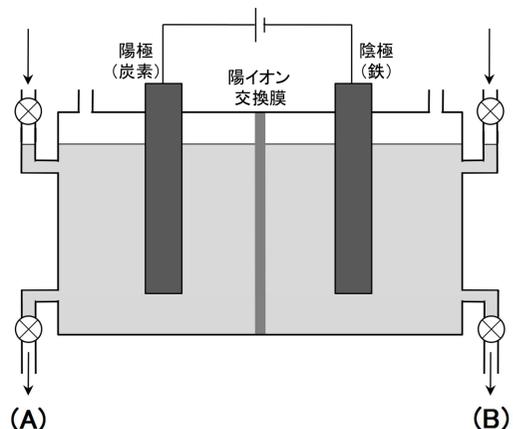
熱したナトリウムと塩素は激しく反応して塩化ナトリウムとなる。塩化ナトリウムの結晶は、ナトリウムイオンと塩化物イオンが互いに[エ]で引きあい、交互に規則正しく配列したイオン結晶の構造となる(図a)。塩化ナトリウムの結晶は、1個のナトリウムイオンが6個の塩化物イオンに囲まれて接している。塩化ナトリウムを水に入れると、ナトリウムイオンと塩化物イオンが極性分子である水分子と強く引き合い、安定な[オ]イオンを形成する。このような現象を[オ]という。

塩化ナトリウムを融解塩電解(熔融塩電解)すると、陽極に[カ]、陰極に[キ]が得られる。また、塩化ナトリウム水溶液の電気分解は、水酸化ナトリウムを製造する方法として用いられる。工業的には、(1) [ク]極側に塩化ナトリウム水溶液、もう一方の電極側に水を入れる。陽極に炭素、陰極に鉄を用い、両極間を陽イオン交換膜で仕切って電気分解し、純度の高い水酸化ナトリウムを[ケ]の流出口から得る(図b)。

(a) 塩化ナトリウムの結晶構造
(単位格子)



(b) 水酸化ナトリウムの工業的製法
(陽イオン交換膜法)



問2 文中の [ア] ~ [ケ] に適切な語句を記入せよ。ただし, [ケ] には図 **b** 中の **(A)** あるいは **(B)** を記入せよ。

問3 図 **a** のような構造をもつ塩化ナトリウムの結晶の単位格子の一辺の長さ [nm] はいくらか。有効数字 **2** 桁で答えよ。また, 単位格子中に含まれる塩化物イオンの個数を答えよ。ただし, ナトリウムイオンの半径を **0.116 nm**, 塩化物イオンの半径を **0.167 nm** とする。

問4 下線部 (i) で示した電気分解において, 陽極と陰極で起こる変化を, 電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

問5 下線部 (i) で示した製造法において, 水酸化ナトリウムを **1.0 g** 生成するのに必要な電気量 [C] はいくらか。有効数字 **2** 桁で答えよ。ただし, 反応は完全に進行するものとする。

問6 下線部 (i) で用いられる陽イオン交換膜の一般的な性質について, **20** 字以内で書け。

3

次の記述を読んで、問い（問7～問13）に答えよ。

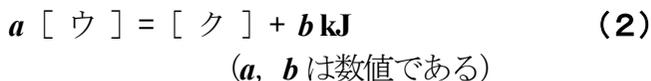
（37点）

大気中にはノックス（NO_x）と総称されるいろいろな〔ア〕が存在する。なかでも〔イ〕,〔ウ〕は工場や自動車などから多く排出されていたため、大気汚染物質として大きな社会問題となった。しかし、〔イ〕は近年、体内での重要な働きを担っていることが明らかになってきた。例えば、心臓病の治療薬として用いられる⁽ⁱ⁾ニトログリセリンは、体内に取りこまれると〔イ〕を生成し、血管を拡張させる。

〔イ〕は〔エ〕色の気体で、実験室では、⁽ⁱⁱ⁾銅と希硝酸を反応させると発生する。また、〔ウ〕は〔オ〕色の気体で、⁽ⁱⁱⁱ⁾銅と濃硝酸を反応させると発生する。

硝酸の工業的製法は〔カ〕といい、白金を触媒として〔キ〕を空気中の酸素と反応させ〔イ〕とし、〔イ〕をさらに酸素と反応させて〔ウ〕を得る。この〔ウ〕を温水に吸収させて硝酸を製造する。

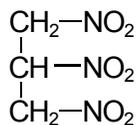
^(iv)〔ウ〕は〔ク〕と（1）式のような平衡状態にあり、その熱化学方程式は（2）式の通りである。



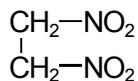
問7 文中の〔ア〕,〔エ〕～〔キ〕には適切な語句を,〔イ〕,〔ウ〕,〔ク〕には適切な化学式を記入せよ。

問8 下線部 (i) の構造式として正しいものを記号で答えよ。

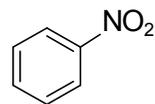
(a)



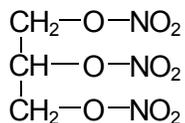
(b)



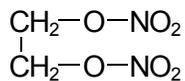
(c)



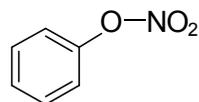
(d)



(e)



(f)



問9 下線部 (ii) の反応式を書け。

問10 下線部 (iii) の反応式を書け。

問11 [イ], [ク]の生成熱はそれぞれ -90.3 kJ/mol , -9.2 kJ/mol , [イ]から[ウ]が 1 mol 生じる反応熱は $+57.1 \text{ kJ/mol}$ である。熱化学方程式(2)における反応熱 $b \text{ [kJ]}$ はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

問12 気体 [ク] **0.050 mol** を容積 **1.0 L** の容器に入れ **300 K** で放置すると、下線部 (iv) の平衡反応に従って分解し、平衡に達した。**300 K** での平衡定数は **160 L/mol** である。この時の容器中での [ク] のモル分率はいくらか。

さらに温度を **400 K** に上昇させたところ、平衡定数は **0.75 L/mol** になった。この時の容器中での [ク] のモル分率はいくらか。どちらも小数点以下第2位まで答えよ。ただし、気体は理想気体とみなし、 $\sqrt{129} = 11.36$, $\sqrt{160} = 12.65$ として計算せよ。

問13 問12における温度上昇に伴い、どのような変化が目視できるか、理由とともに **20** 字以内で説明せよ。

『余 白』

下書き用紙

4

ある薬物 **A** の分解反応は、 $A \rightarrow B + C$ という反応式で表される。**A** の 37°C における水溶液中での分解を調べ、下表の結果を得た。この結果に基づいて、以下の問い (問14～問16) に答えよ。

(13点)

薬物 A の初濃度 [mol/L]	薬物 A の分解速度 [mol/(L·h)]
0.170	0.0500
0.340	0.100
0.680	0.200
1.36	0.400

h は時間 [hour] を表す単位である。

問14 上記の実験結果から、薬物の濃度を $[A]$ 、薬物 **A** の分解速度定数 (分解反応における速度定数) を k とするとき、薬物 **A** の分解速度 v はどのような式で表されるかを答えよ。

 $v =$

問15 薬物 **A** の 37°C における分解速度定数 k はいくらか。有効数字3桁で答えよ。また、その単位も記せ。

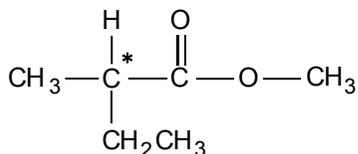
問16 上記の実験において、次のように反応条件を変えたとき、分解速度と分解速度定数は、一般的にどうなるか。正しいものに○印を、間違っているものに×印を記入せよ。

- (a) 薬物 **A** の初濃度を大きくすると、分解速度は大きくなる。
- (b) 薬物 **A** の初濃度を大きくすると、分解速度定数は大きくなる。
- (c) 反応温度を高くすると、分解速度は大きくなる。
- (d) 反応温度を高くしても、分解速度定数は変わらない。
- (e) この反応に適した触媒を加えると、分解速度は大きくなる。
- (f) この反応に適した触媒を加えると、分解速度定数は小さくなる。

下書き用紙

5

次の記述を読んで、問い（問17～問23）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（37点）



構造式の例

(C* は [ア] 原子を表す)

化合物 **X** の分子式は $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ であり、その分子内に 1 個の [ア] 原子をもつので、1 対の鏡像異性体が存在する。鏡像異性体は、偏光に対する性質が異なるので [イ] 異性体とも呼ばれる。この [ア] 原子には、水素原子 **H** のほかに [ウ] 基、[エ] 基、[オ] 基が結合している。

化合物 **X** の水溶液は酸性を示す。この性質は、[ウ] 基、[エ] 基、[オ] 基の 3 種の官能基のうちの [ウ] 基によるものであり、1 価の酸である。化合物 **X** の酸の電離定数 K_a は $1.4 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ である。酢酸の K_a は $2.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ なので、酢酸の酸性よりも化合物 **X** の酸性は [カ] い。

化合物 **X** の 2 個の [ウ] 基から水 1 分子がとれて縮合すると、一般に [キ] とよばれる化合物が生成する。また、化合物 **X** の 2 個の分子の間で、一方の分子の [ウ] 基と別の分子の [エ] 基から水分子がとれて [ク] 結合が 2 箇所形成されると、⁽ⁱ⁾ 分子式 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_4$ の環状化合物 **Y** が生成する。

化合物 **X** を含む試料中の化合物 **X** の純度（混合物中の質量の割合）を求めるために、次の実験を行った。

(ii) 化合物 **X** を含む試料 3.0 g を滴定用のフラスコに精密にはかりとり、1.0 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 40 mL を正確に加え、水浴上で 10 分間加熱し試料を完全に溶解させた。そのうち、未反応の水酸化ナトリウムに 0.50 mol/L 硫酸 10 mL を滴下したところ、終点(中和点)に達した。このように、測定したい物質に過剰かつ一定量の反応試薬を一度に加えて反応を完結させたのちに、未反応の試薬の量を滴定により求める方法を逆滴定という。

問17 文中の [ア] ~ [ク] に適切な語句を記入せよ。

問18 化合物 **X** の構造式を書いて, [ア] 原子の右肩に * 印を付けよ。

問19 化合物 **X** の構造異性体のうち, [ウ] 基を持つ化合物の構造式をすべて書け。ただし, [ウ] 基が酸素原子に結合した化合物は不安定なので除外せよ。

問20 化合物 **X** の [エ] 基をアミノ基に換えた化合物の名称を書け。

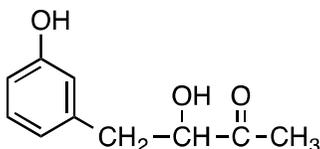
問21 下線部 (i) の環状化合物 **Y** の構造式を書け。構造式は, 立体異性体を区別できる方法で書く必要はない。

問22 化合物 **X** の 0.014 mol/L 水溶液の pH はいくらか。小数点以下第 2 位まで答えよ。必要ならば, $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$, $\log_{10}5 = 0.70$, $\log_{10}7 = 0.85$ とし計算せよ。

問23 下線部 (ii) において, 試料中に含まれる化合物 **X** の純度 [%] はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし, 試料中に含まれる化合物 **X** 以外の物質は, 水酸化ナトリウムや硫酸と反応しないものとする。

6

次の記述を読んで、問い（問24～問28）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（30点）



構造式の例

1. 化合物 **A** は、分子式 $C_{13}H_{14}O_4$ で表されるベンゼン環に 2 つの置換基をもつ中性の化合物である。
2. **A** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、塩酸を加えて反応液を酸性にすると、ベンゼン環をもつ化合物 **B** と、鎖状構造をもつ化合物 **C** および **D** が生成した。
3. **B** は、ナトリウムフェノキシドに二酸化炭素を高温・高圧下で反応させた後、塩酸を加えて反応液を酸性にすることによっても生成する。
4. **B** と無水酢酸とを反応させると、医薬品として使用されている化合物 **E** が生成した。
5. **C** は、銀鏡反応を示さなかった。また、**C** に白金を触媒にして水素を付加させると、化合物 **F** が生成した。
6. **F** に二クロム酸カリウムの希硫酸水溶液を加えて反応させると、化合物 **G** を経由して **D** が生成した。

問24 化合物 **A**, **C**, **D**, **E** および **G** の構造式を書け。

問25 化合物 **B** の名称を書け。

問26 化合物 **A**～**G** のうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、赤紫～青紫色を呈する化合物はどれか。該当するものすべてを記号で答えよ。

問27 化合物 **A**～**G** のうち、炭酸水素ナトリウム水溶液中で塩を形成して溶解する化合物はどれか。該当するものすべてを記号で答えよ。

問28 次の記述のうち、正しいものに○印を、間違っているものに×印を記入せよ。

- (a) 化合物 **B** および **C** は、いずれも単体のナトリウムと反応して、水素を発生する。
- (b) 化合物 **C** に臭素を付加させた化合物には、不斉炭素原子が **2** つ存在する。
- (c) 化合物 **E** にはエーテル結合が存在する。
- (d) 化合物 **F** の構造異性体のうち、不斉炭素原子をもつものは存在しない。

『余 白』

7

次の記述を読んで、問い（問29～問33）に答えよ。

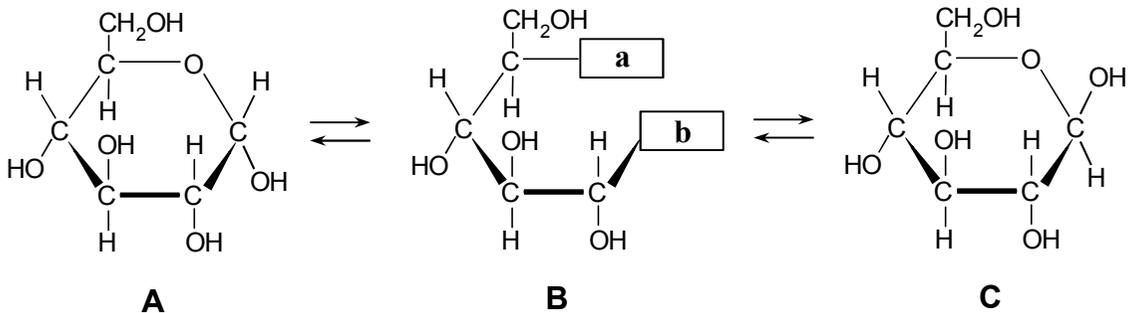
(30点)

糖類は一般式 $C_m(H_2O)_n$ で表される化合物であり、元素組成が炭素と水でできているように見えることから、[ア]とも呼ばれる。グルコースのように、それ以上加水分解されない糖類を[イ]という。また、スクロースのように、加水分解によって[イ]2分子を生じる糖類を[ウ]といい、デンプンのように、加水分解によって多数の[イ]を生じる糖類を[エ]という。

グルコースを水に溶かすと、下図のように3種類の異性体A、B、Cが平衡状態で存在している。図において、六員環の1位の炭素の下側に $-OH$ があるAを[オ]といい、上側に $-OH$ があるCを[カ]という。

(i) グルコースの水溶液はフェーリング液を[キ]して、赤色沈殿を生じる。これは水溶液中にBが存在するためである。また、(ii) グルコースは、酵母のもつ酵素群チマーゼのはたらきで、アルコール発酵される。

スクロースは、砂糖の主成分で、代表的な甘味料である。スクロースはグルコースと[ク]が脱水縮合した構造をもち、フェーリング液を[キ]しない。スクロースを希酸と加熱すると加水分解され、得られたグルコースと[ク]の等量混合物を[ケ]という。[ケ]は[キ]性を示す。



問29 文中の[ア]～[ケ]に適切な語句を記入せよ。

問30 化合物Bの a , b に適切な原子または原子団を記入せよ。

問3 1 下線部 (i) において生じた赤色沈殿の化学式を書け。

問3 2 下線部 (ii) のアルコール発酵において、グルコース **45 g** から得られるエタノールの質量 [g] はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、反応は完全に進行するものとする。

問3 3 次の記述のうち、正しいものに○印を、間違っているものに×印を記入せよ。

- (a) グルコースは、銀鏡反応を示す。
- (b) ガラクトースは、グルコースの構造異性体である。
- (c) グルコースの水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液（ヨウ素溶液）を加えると、濃青色～赤紫色を呈する。
- (d) デンプンは、直鎖状構造のアミロペクチンと、枝分かれ構造のアミロースとで構成されている。

『以 上』