

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, Si = 28, S = 32**

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)～(10)の問いについて、記号で答えよ。

(20点)

(1) 次の5つのイオンのうち、他の4つのイオンと異なる電子配置をもつものはどれか。

(ア)  $\text{Na}^+$  (イ)  $\text{O}^{2-}$  (ウ)  $\text{Al}^{3+}$  (エ)  $\text{S}^{2-}$  (オ)  $\text{Mg}^{2+}$

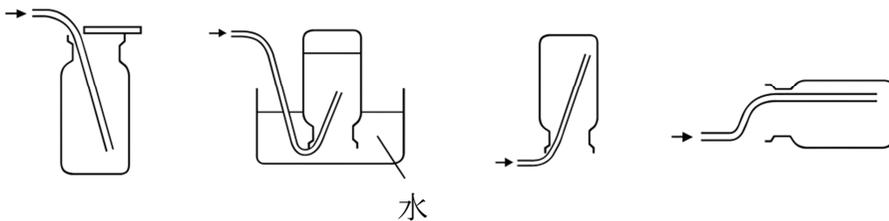
(2) 次の5つの原子のうち、電気陰性度の最も大きいものはどれか。

(ア) H (イ) Na (ウ) S (エ) O (オ) N

(3) 同数の中性子を含む原子の組み合わせは、次のうちどれか。

(ア)  $^2\text{H}$  と  $^4\text{He}$  (イ)  $^9\text{Be}$  と  $^{11}\text{B}$  (ウ)  $^{19}\text{F}$  と  $^{22}\text{Ne}$   
(エ)  $^{31}\text{P}$  と  $^{34}\text{S}$  (オ)  $^{37}\text{Cl}$  と  $^{39}\text{K}$

(4) 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え加熱して得られる気体の捕集方法として適切なものは、次のうちどれか。



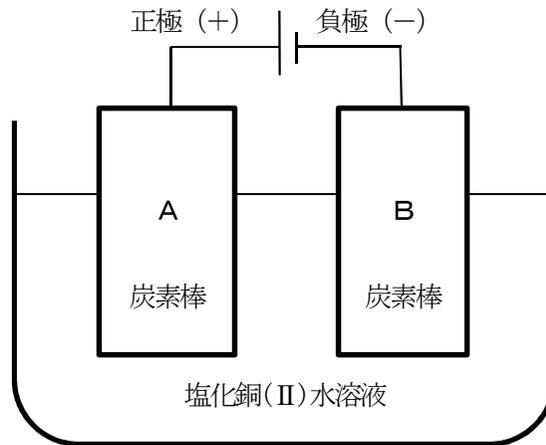
(ア)

(イ)

(ウ)

(エ)

- (5) 下図は、炭素棒を電極とした塩化銅(II)水溶液の電気分解を示している。  
電極Aで起こる変化は、次のうちどれか。



- (ア) 銅が析出する      (イ) 水素が発生する      (ウ) 酸素が発生する  
(エ) 塩素が発生する      (オ) 炭素棒が溶け出す
- (6) 質量パーセント濃度 95%の濃硫酸を水でうすめて、0.20 mol/L の希硫酸を 500 mL 調製したい。このとき必要な 95%濃硫酸の体積 [mL] に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、95%濃硫酸の密度は  $1.8 \text{ g/cm}^3$  とする。
- (ア) 5.3      (イ) 5.7      (ウ) 8.5  
(エ) 11      (オ) 17

『余 白』

(7) ある一定の温度で、1.0 Lの密閉容器に水素とヨウ素をそれぞれ 0.12 mol 入れてヨウ化水素を生成する反応を 4.0 時間行ったところ、水素が 0.060 mol になっていた。この間のヨウ化水素の生成速度〔mol/(L・h)〕として最も近いのは、次のうちどれか。ただし、水素はヨウ化水素の生成以外には消費されないものとする。

- (ア) 0.012                      (イ) 0.015                      (ウ) 0.030  
(エ) 0.060                      (オ) 0.12

(8) 無極性分子は、次のうちどれか。

- (ア) 水                              (イ) アンモニア                      (ウ) 酢酸  
(エ) メタン                              (オ) メタノール

(9) 塩化鉄(III)水溶液によって青紫～赤紫色に呈色する化合物は、次のうちどれか。

- (ア) サリチル酸                      (イ) ベンジルアルコール                      (ウ) 安息香酸  
(エ) トルエン                              (オ) ベンゼンスルホン酸

(10) 単糖は、次のうちどれか。

- (ア) セルロース                      (イ) マルトース                      (ウ) スクロース  
(エ) ラクトース                              (オ) フルクトース

『余 白』

# 下書き用紙

2

次の記述を読んで、問い（問2～問5）に答えよ。

（32点）

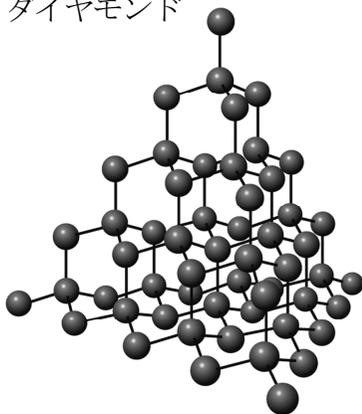
周期表〔ア〕族の非金属元素には炭素とケイ素があり、いずれも価電子を〔イ〕個もち、一般に共有結合の化合物をつくる。

炭素の単体は、天然にはダイヤモンドや黒鉛の形で存在する。ダイヤモンドは、炭素原子が全ての価電子を使い、立体網目構造の結晶をつくる（図a）。一方、黒鉛は、炭素原子が〔ウ〕個の価電子を使って平面構造をつくっており、この平面構造が層状に重なっている（図b）。ダイヤモンドには電気伝導性がないが、(i)黒鉛は電気伝導性をもつ。

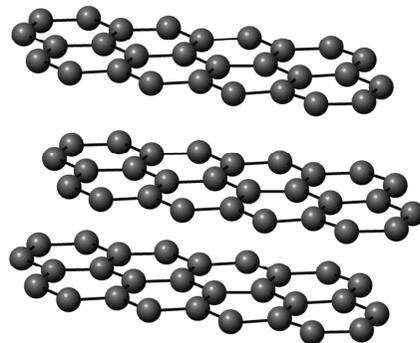
ケイ素は地殻中で〔エ〕の次に多く存在する元素である。(ii)単体は地殻中に存在する二酸化ケイ素を還元してつくられる。単体のケイ素は〔オ〕の性質を示し、その特性を生かしてコンピュータの集積回路や太陽電池などに用いられる。

二酸化ケイ素に炭酸ナトリウムを加えて加熱すると〔カ〕が生じる。これに水を加えて加熱すると、〔キ〕とよばれる無色透明で粘性の大きな水あめ状の液体が得られる。〔キ〕に酸を加えると白色ゲル状のケイ酸が生じる。ケイ酸を加熱、脱水すると〔ク〕が得られる。〔ク〕の中には微細な空間が多数あるため、吸着剤、乾燥剤として利用される。

(a) ダイヤモンド



(b) 黒鉛



**問2** 文中の [ ア ] ～ [ ク ] に適切な数字または語句を記入せよ。

**問3** 下線部 ( i ) の黒鉛に電気伝導性がある理由について **25** 字以内で説明せよ。

**問4** 下線部 ( ii ) の反応において、二酸化ケイ素を高温で炭素により還元すると、単体のケイ素と一酸化炭素が得られる。不純物を含む二酸化ケイ素 **20 kg** を高温電気炉で炭素を用いて完全に還元したところ、**8.4 kg** のケイ素が得られた。反応に用いた二酸化ケイ素の純度 (混合物中の質量の割合) [%] はいくらか。また、このとき発生する一酸化炭素の体積 [L] は標準状態でいくらか。それぞれを有効数字 2 桁で答えよ。ただし、不純物は反応しないものとする。

**問5** 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。

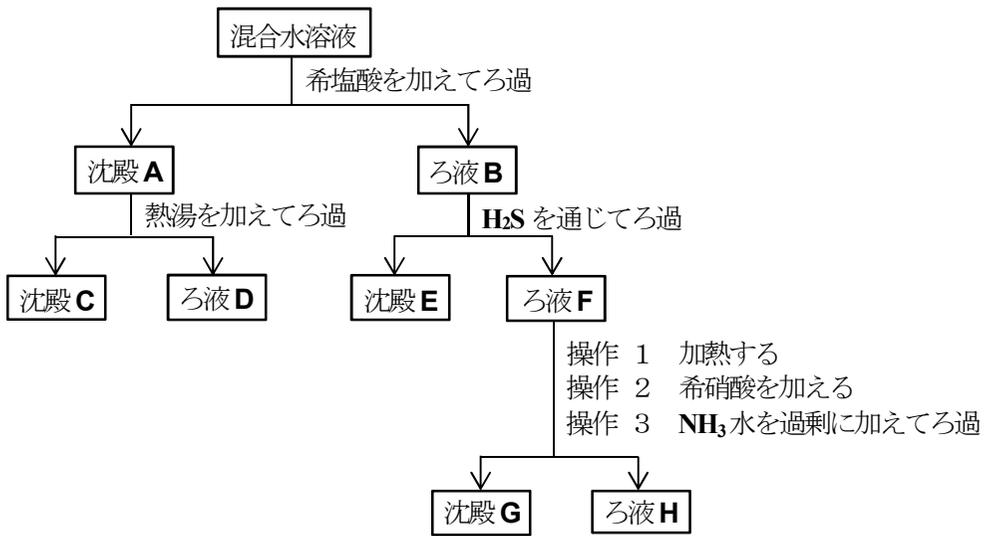
- (a) ダイヤモンドと黒鉛は互いに同位体である。
- (b) 無定形炭素である活性炭は、吸着剤として用いられる。
- (c) 単体のケイ素はダイヤモンド型の結晶で、かたくてろい。
- (d) 二酸化ケイ素はフッ化水素酸に溶ける。

『余 白』

3

$\text{Ag}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  の金属イオンが含まれる混合水溶液について、下の図に従い金属イオンの分離を行った。この分離に関する次の記述を読んで、問い（問6～問7）に答えよ。

(28点)



混合水溶液に希塩酸を加えたところ、沈殿 **A** が生じた。続いて、この沈殿 **A** に熱湯を加えたところ、沈殿の一部が溶解した。この操作で得られたろ液 **D** に、 $\text{K}_2\text{CrO}_4$  水溶液を加えたところ、**a** 色の沈殿が生じた。この沈殿の化学式は [ア] である。また、熱湯に溶解しなかった **b** 色の沈殿 **C** の化学式は [イ] である。

一方、ろ液 **B** に  $\text{H}_2\text{S}$  を通じると、**c** 色の沈殿 **E** が生じた。この **E** に硝酸を加え加熱して溶解したのち  $\text{NH}_3$  水を加えていくと、化学式 [ウ] で表される沈殿が生じた。さらに過剰に  $\text{NH}_3$  水を加えたところ、沈殿が溶解して **d** 色の溶液となった。この溶液中の金属イオンは  $\text{NH}_3$  と [エ] 結合し、[オ] で表される錯イオンとして存在した。

ろ液 **F** に含まれる金属イオンを分離するために、図中の操作1～操作3を行った。操作1は、ろ液中に含まれる [カ] を除去する目的で行った。[カ] の除去が不完全である場合、操作3で  $\text{NH}_3$  水を加えたとき、金属イオン [キ] が

[カ]と反応して沈殿を生じる可能性がある。操作2では、[カ]により生じた金属イオン[ク]を[ケ]に変化させるために希硝酸を加えた。操作3において、 $\text{NH}_3$ 水を過剰に加えてろ過すると、ろ液Hには金属イオン[キ]が[コ]で表される錯イオンとして存在した。一方、操作3において、 $\text{NH}_3$ 水のかわりに、 $\text{NaOH}$ 水溶液を過剰に加えてろ過した場合には、ろ液Hには錯イオン[サ]と[シ]が存在する。

**問6** 文中の[ア]～[シ]に適切な語句を記入せよ。ただし、[オ]、[キ]、[ク]、[ケ]、[コ]、[サ]、[シ]にはイオン式を記入せよ。

**問7** 文中の  ～  に適切な色を下の色の中から選び、記入せよ。

[ 白, 赤, 橙, 黄, 黒, 緑, 濃青, 褐, 赤褐, 淡赤 ]

『余 白』

4

次の記述を読んで、問い（問8～問11）に答えよ。（30点）

メタンやエタンのように、すべて単結合からなる鎖式炭化水素をアルカンとよび、炭素数を  $n$  とすると一般式  $C_nH_{2n+2}$  で表される。アルカンのように共通の一般式で表される一群の化合物を [ア] といい、化学的性質がよく似ている。アルカンでは炭素数  $n$  が大きくなるにつれて沸点は少しずつ [イ] になっていく。

(i) 体積比が **7:2:1** のメタン、エタン、二酸化炭素の混合気体を標準状態で **5.6 L** とり、酸素 **20 g** とともに **8.3 L** の密閉容器に入れた。この容器を **37 °C** にしたときの容器内の全圧は [ウ] [Pa] となった。次に、(ii) この容器内の気体に点火し、燃焼させると、容器内の二酸化炭素の物質量は [エ] [mol] となった。 また、燃焼後の容器を **27 °C** まで冷却すると、容器内の全圧は [オ] [Pa] となった。ただし、密閉容器の体積は変化しないものとする。また、可燃性ガスは完全に燃焼し、生成した水の体積および水蒸気圧は無視できるものとする。気体はすべて理想気体とみなす。

**問8** 酢酸ナトリウムを水酸化ナトリウムとともに加熱すると、メタンが生成する。この反応を化学反応式で記入せよ。

**問9** 文中の [ア] ~ [オ] に適切な語句または数値 (有効数字2桁) を記入せよ。

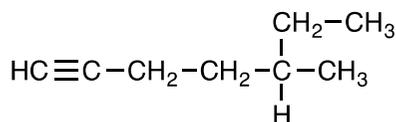
**問10** 下線部 (i) の混合気体の標準状態における密度 [g/L] はいくらか。有効数字2桁 で答えよ。

**問11** 下線部 (ii) の反応において、発生する熱量 [kJ] はいくらか。整数 で答えよ。ただし、メタン、エタンの燃焼熱をそれぞれ **890 kJ/mol**, **1560 kJ/mol** とする。

# 下書き用紙

5

次の記述を読んで、問い（問12～問14）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（25点）



構造式の例

1. 化合物 **A**, **B**, **C**, **D** は、分子式  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  で表されるアルコールである。不斉炭素原子を **A** と **C** はもつが、**B** と **D** はもたない。
2. **A**～**D** にそれぞれ二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液を加えると、**A** からは **E** を経て酸性物質 **F** が、**B** からは中性物質 **G** が、**C** からは中性物質 **H** が生成した。しかし、**D** はほとんど反応しなかった。
3. **B** と **C** にそれぞれ濃硫酸を加えて高温に熱すると、主生成物として同一の炭化水素 **I** が生成した。
4. **D** に濃硫酸を加えて高温に熱すると、主生成物として炭化水素 **J** が生成した。**J** は、すべての炭素原子が同一平面上に固定された構造であった。

問12 化合物 **D**, **F**, **G**, **H**, **I** および **J** の構造式を書け。ただし、幾何異性体が存在する場合は、トランス形の構造式を書け。

問13 化合物 **A**～**H** のうち、フェーリング液を加えて加熱すると赤色の沈殿が析出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。

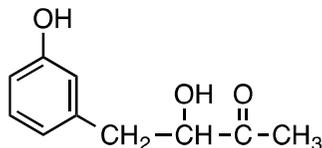
問14 次の記述のうち正しいものに○印を，間違っているものに×印を記入せよ。

- (a) **A** から **F** が生成する反応は，酸化反応である。
- (b) **B** から **I** が生成する反応は，縮合反応である。
- (c) **A**～**D** 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。
- (d) 分子式  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  で表されるすべてのアルコールのうち，不斉炭素原子をもつものは，**A** と **C** 以外には存在しない。

『余 白』

6

次の記述を読んで、問い(問15~問21)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

- 化合物 **A** は、分子式  $C_{15}H_{22}O_3$  で表され、エステル結合を1つ含む化合物である。**A** を加水分解すると、酸性物質 **B** と中性物質 **C** が生成した。
- B** は分子量 100 以上 150 以下の直鎖状分子であり、**B** 26.4 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 52.8 mg と水 21.6 mg が生成した。
- B** を酸化すると、化合物 **D** が生成した。**D** とヘキサメチレンジアミンとの縮合重合により、ナイロン 66 が合成される。
- C** はベンゼン環にパラ(*p*)位の関係にある2つの置換基をもつ化合物であり、不斉炭素原子を含む。**C** にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させたのち希塩酸で酸性にすると、(i)黄色沈殿が生じるとともに化合物 **E** が生成した。
- E** を酸化すると、分子式  $C_8H_6O_4$  で表される化合物 **F** が生成した。**F** とエチレングリコール (1,2-エタンジオール) との縮合重合により、高分子 **G** が合成される。

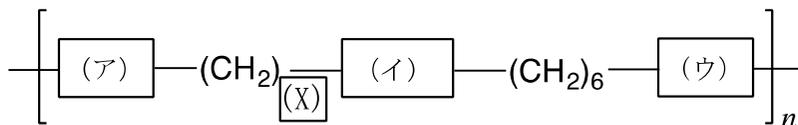
問15 化合物 **B** の分子式を求めよ。

問16 化合物 **C** および **E** の構造式を書け。

問17 化合物 **D** および **F** の名称を書け。

問18 下線部 (i) の黄色沈殿の分子式とその名称を書け。

問19 下記の (ア) ~ (ウ) の中に適切な原子団を, (X) の中に数字を記入して, ナイロン66の構造式を完成せよ。



ナイロン66

( $n$ は繰り返し単位の数である)

問20 0.71 g の高分子 G を適当な溶媒に溶かして 100 mL とし, その溶液の浸透圧を測定したところ, 27°C において,  $2.2 \times 10^2 \text{ Pa}$  を示した。この高分子の分子量はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

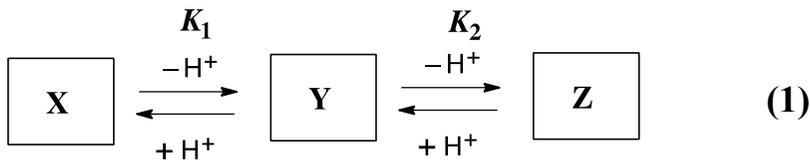
問21 問20の高分子 G 1.0 mol を合成するために必要な化合物 F の物質量[mol]はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

『余 白』

7

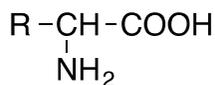
アミノ酸に関する次の記述を読んで、問い（問22～問26）に答えよ。（35点）

1. 生体の主要な成分の中で、その質量の割合が水に次いで多いのが [ ア ] である。[ ア ] を構成する  $\alpha$ -アミノ酸は、約 **20** 種類存在する。[ イ ] 以外の  $\alpha$ -アミノ酸は不斉炭素原子をもち、光学異性体が存在するが、天然の  $\alpha$ -アミノ酸は、ほとんどが [ ウ ] 型の立体構造である。
2. アミノ酸は分子内に酸性の [ エ ] 基と塩基性の [ オ ] 基をもつ。結晶中では [ エ ] 基と [ オ ] 基が電離した [ カ ] イオンとして存在し、[ カ ] イオン間に静電的な力が作用しているため、アミノ酸は一般の有機化合物に比べて融点が [ キ ] い。
3. アミノ酸の水溶液では、下式 (1) のように、イオン **X**, **Y**, **Z** が平衡状態にあり、**pH** によってその割合が変化する。これらの平衡混合物の電荷が全体として **0** となる特定の **pH** をそのアミノ酸の [ ク ] という。アミノ酸の水溶液を電気泳動させると、**pH** が [ ク ] より小さい水溶液中では、イオン **X** の割合が多くなるため、アミノ酸は [ ケ ] 極側へ移動する。アミノ酸水溶液が [ ク ] と同じ **pH** のとき、アミノ酸はどちらの極にも移動しない。



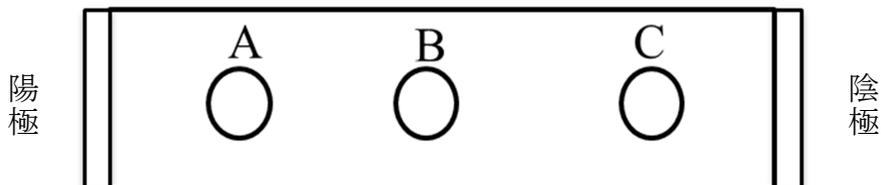
問22 [ ア ] ～ [ ケ ] の中に適切な語句を記入せよ。

問23 式 (1) 中のイオン **X**, **Y**, **Z** の構造式を、下記の  $\alpha$ -アミノ酸の一般式を参考にして書け。



$\alpha$ -アミノ酸の一般式（ただし、Rは置換基である）

問24 アラニン，グルタミン酸，リシンを含む混合水溶液がある。この混合水溶液の1滴をpH7.0の緩衝液で湿らせた細長いろ紙の中央付近に吸着させた後，電気泳動を行い，ニンヒドリン溶液で発色させたところ，下図のA，B，Cの位置に呈色が観察された。AおよびBはいずれのアミノ酸が答えよ。



問25 式(1)の電離平衡が成り立つアミノ酸水溶液の電離定数 $K_1$ および $K_2$ は，

$$K_1 = \frac{[Y][H^+]}{[X]}, \quad K_2 = \frac{[Z][H^+]}{[Y]} \quad \text{と表される。}$$

アラニンの $K_1$ および $K_2$ は，それぞれ $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ， $2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$ である。電気泳動において，アラニンがどちらの極にも移動しないpHを小数点以下第1位まで求めよ。

問26 問25のアミノ酸水溶液に酸を加えてpHを4.0にした。このときの

$\frac{[X]}{[Z]}$ の値を有効数字2桁で答えよ。

『以上』