

化 学

試験時間 ; 12:30~14:10 (100分)

配 点 ; 200点

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」の中を見てはいけません。
2. 配付物 ; (1)「問題冊子」1~27ページ
(2)「解答用紙」2枚
3. 「問題冊子」中、表紙裏と10ページ、11ページ、15ページ、19ページ、22ページ、23ページは下書き用紙です。
計算用紙として使いなさい。
問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
4. 問題文は、1~9ページ、12~14ページ、16~18ページ、20~21ページ、24~27ページに印刷してあります。
5. 試験開始と同時に配付物を確認し、脱落している場合は申し出なさい。
また、試験中に「問題冊子」の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および「解答用紙」の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 「解答用紙」について
☆ 「解答用紙 (その1)」, 「解答用紙 (その2)」の氏名欄には各自の氏名を楷書で記入し、受験番号記入欄には各自の5ケタの受験番号 (90001, 90002, 90003, …) を記入しなさい。
「解答用紙 (その1)」
1 ~ 4 の解答用紙です。
「解答用紙 (その2)」
5 ~ 7 の解答用紙です。
7. 試験終了の合図と同時に、裏返し状態で下から「問題冊子」, 「解答用紙 (その1)」, 「解答用紙 (その2)」の順に並べなさい。
8. 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰りなさい。

下書き用紙

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, Zn = 65

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 **$0\text{ }^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$**

標準状態： **$0\text{ }^\circ\text{C}, 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$**

標準状態での理想気体のモル体積： **$22.4 \text{ L}/\text{mol}$**

『余 白』

1

問1 次の(1)～(12)の問いについて、正しいものを1つ選び、番号で答えよ。(32点)

(1) 次のうち、イオン半径が最も大きいものはどれか。

- ① F^- ② O^{2-} ③ Na^+
④ Mg^{2+} ⑤ Al^{3+}

(2) 次のうち、両性酸化物はどれか。

- ① $HClO_4$ ② Na_2O ③ Al_2O_3
④ NO_2 ⑤ CuO

(3) 次のうち、含まれる遷移元素の原子の酸化数が最も小さいものはどれか。

- ① $CuSO_4$ ② $KMnO_4$ ③ $K_2Cr_2O_7$
④ $K_3[Fe(CN)_6]$ ⑤ TiO_2

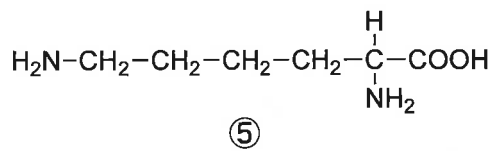
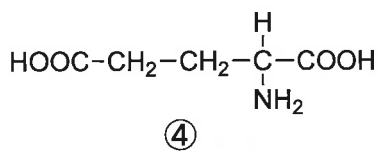
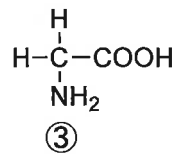
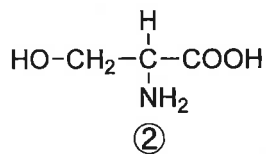
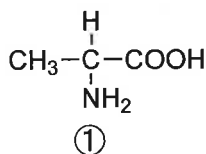
(4) 次の金属イオンを含む水溶液のうち、塩基性条件で H_2S を通じたとき、硫化物の白色沈殿を生じるものはどれか。

- ① Ag^+ ② Pb^{2+} ③ Cu^{2+}
④ Al^{3+} ⑤ Zn^{2+}

(5) 次のうち、再結晶による分離が最も適切であるものはどれか。

- ① 石油から、ガソリン、軽油および重油を分離する。
- ② 植物の葉から、葉緑素（クロロフィル）を分離する。
- ③ 少量の硫酸銅(Ⅱ)を含む硝酸カリウムから、硝酸カリウムを分離する。
- ④ 塩化ナトリウムとヨウ素の混合物から、ヨウ素を分離する。
- ⑤ 水性インクに含まれるいろいろな色素を分離する。

(6) 次のうち、等電点が最も小さいアミノ酸はどれか。



『余 白』

(7) ハロゲンの単体やハロゲンの化合物に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

- (a) KI 水溶液に Br₂ 水溶液を加えると、I₂ が遊離する。
- (b) KBr 水溶液に AgNO₃ 水溶液を加えると、AgBr が沈殿する。
- (c) 1.0 mol/L の HF 水溶液の HF の電離度は、1.0 mol/L の HCl 水溶液の HCl の電離度よりも大きい。

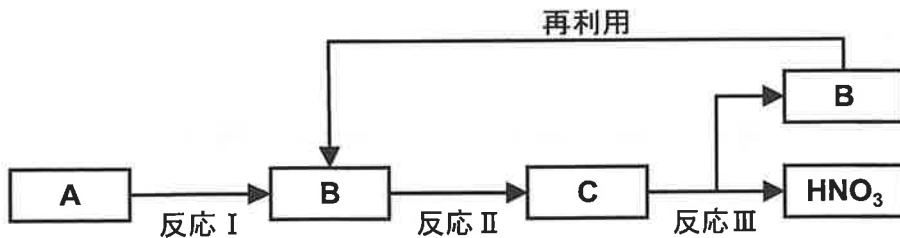
- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① [(a)] | ② [(b)] | ③ [(c)] |
| ④ [(a), (b)] | ⑤ [(a), (c)] | ⑥ [(b), (c)] |

(8) 水が分散媒であるコロイド溶液に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

- (a) 多量の電解質を加えたときに、親水コロイドが沈殿する現象を塩析という。
- (b) デンプン水溶液のコロイドのように、水との親和力が大きい粒子が分散しているものをミセルコロイドという。
- (c) コロイド溶液に直流電圧をかけたとき、電荷を帯びたコロイド粒子が電極の一方に移動する現象を電気泳動という。

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① [(a)] | ② [(b)] | ③ [(c)] |
| ④ [(a), (b)] | ⑤ [(a), (c)] | ⑥ [(b), (c)] |

- (9) 下図は、化合物 **A** から化合物 **B**, **C** を経て、工業的に硝酸をつくるオストワルト法を簡略的に示したものである。このオストワルト法に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。



- (a) **A** は、常温・常圧では空気より軽い無色の気体である。
(b) 反応 I と II は、いずれも酸化反応である。
(c) **B** の再利用を含めて全反応が完全に進むと、**1.0 mol** の **A** から **2.0 mol** の硝酸が生成する。

- ① [(a)] ② [(b)] ③ [(c)]
④ [(a), (b)] ⑤ [(a), (c)] ⑥ [(b), (c)]

『余 白』

(10) 次の水溶液のうち、凝固点が低いものから高いものの順に正しく並べられているものはどれか。

- (a) 質量パーセント濃度 1% の尿素 (分子量 60) 水溶液
- (b) 質量パーセント濃度 1% のグルコース (分子量 180) 水溶液
- (c) 質量パーセント濃度 1% の塩化ナトリウム (式量 58.5) 水溶液

	[低い ←————→ 高い]		
①	(a)	(b)	(c)
②	(a)	(c)	(b)
③	(b)	(a)	(c)
④	(b)	(c)	(a)
⑤	(c)	(a)	(b)
⑥	(c)	(b)	(a)

(11) ダニエル電池を放電したところ、負極の亜鉛板の質量が 1.30 g 減少した。このときの流れた電気量 [C] に最も近いものはどれか。ただし、放電に関与する反応以外の化学反応は起こらないものとする。

- | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① 1.93×10^3 | ② 3.86×10^3 | ③ 7.72×10^3 |
| ④ 1.93×10^4 | ⑤ 3.86×10^4 | ⑥ 7.72×10^4 |

『余 白』

(12) 体積一定の容器に、同じ物質量の H_2 と I_2 を入れて密閉し、高温に加熱して一定温度に保ったところ、反応が平衡状態に達して HI が 3.2 mol 生成した。この温度での平衡定数が 64 であるとき、初めに容器に入れた H_2 の物質量 $[\text{mol}]$ に最も近いものはどれか。なお、平衡状態では、すべての物質が気体である。

① 0.80

② 1.2

③ 1.6

④ 2.0

⑤ 2.4

⑥ 2.8

『余 白』

2

次の記述を読んで、問い(問2～問5)に答えよ。

(19点)

気体 **A** は、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、水 1.0 L に $5.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 溶解する。この気体 **A** と、水への溶解度が不明の気体 **B** について、下記の操作を行った。

- I. 体積一定の容器 **X** に、水 5.0 L と気体 **A** 0.45 mol を入れて密閉し、 27°C で十分な時間放置した後、水に溶けずに残った気体 **A** の圧力を測定したところ、 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。
- II. 体積一定の容器 **Y** に、水 5.0 L 、気体 **A** 0.85 mol 、気体 **B** 1.23 mol を入れて密閉し、 27°C で十分な時間放置した。このとき、 0.050 mol の **A** が水に溶解していた。また、水に溶けずに残った **A** と **B** の混合気体の体積は 10 L で、全圧は $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。

なお、気体 **A** と **B** は、混合気体中でも水中でも、互いに反応することはない。水への溶解量はヘンリーの法則にしたがうものとする。さらに、水の体積は圧力や温度により変化せず、水の蒸気圧は無視できるものとする。

『余 白』

問2 操作Ⅰにおいて、容器X内の水5.0 Lに溶解したAの物質量〔mol〕はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

問3 操作Ⅰにおいて、容器X内で水に溶けずに残った気体Aの体積〔L〕はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

問4 操作Ⅱにおいて、容器Y内で水に溶けずに残った混合気体中の気体Bの分圧〔Pa〕はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

問5 27 °C, 1.0×10^5 Paにおいて、水1.0 Lに溶解する気体Bの物質量〔mol〕はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

『余 白』

下書き用紙

下書き用紙

3

次の記述を読んで、問い(問6～問11)に答えよ。(36点)

硫酸は、無色で粘性が高く、重い液体(密度:約 1.8 g/cm^3)である。硫酸は、鉛蓄電池や化学肥料の製造など化学工業で幅広く用いられており、工業的には次のⅠとⅡに示す【ア】と呼ばれる方法でつくられる。

- I. 硫黄を燃焼させることで得られた【イ】を、【ウ】の触媒下で空気中の酸素と反応させて【エ】をつくる。
- II. 【エ】を濃硫酸に吸収させて【オ】硫酸とし、これに希硫酸を加えて濃硫酸とする。

硫酸は強い酸としての性質を示すが、これ以外にも様々な性質を示す。たとえば、(i)次の(a)～(d)に示すような、濃硫酸の性質にもとづく化学反応や濃硫酸の利用法が知られている。

- (a) ショ糖に濃硫酸を加えると、炭化する。
- (b) (ii)塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると、気体が生じる。
- (c) 銅片に熱濃硫酸を作用させると、銅が溶けて気体が生じる。
- (d) 実験室で発生させた塩素を、濃硫酸に通して捕集する。

『余 白』

問6 文中の〔ア〕と〔オ〕に適切な語句を漢字で記入せよ。また、〔イ〕～〔エ〕に適切な化学式を記入せよ。

問7 下線部(i)について、(a)～(d)は、それぞれ濃硫酸のどのような性質や作用によるものか。下記の(あ)～(け)から最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。ただし、記号は重複して用いてはならない。

- | | | |
|----------|----------|----------|
| (あ) 酸化作用 | (い) 還元作用 | (う) 吸湿作用 |
| (え) 加湿作用 | (お) 脱水作用 | (か) 潮解性 |
| (き) 風解性 | (く) 不揮発性 | (け) 揮発性 |

問8 下線部(ii)を化学反応式で示せ。

問9 記述ⅠとⅡの方法で、硫黄 10 kg をすべて硫酸に変えたとすると、得られる質量パーセント濃度 98% の濃硫酸の質量 [kg] はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

『余 白』

問 1 0 0.10 mol/L の硫酸水溶液 1.5 L を調製するために必要な質量パーセント濃度 98% の濃硫酸の体積 [mL] はいくらか。98% 濃硫酸の密度を 1.8 g/cm³ として、有効数字 2 桁 で答えよ。

問 1 1 精製水を用いて、0.10 mol/L の硫酸水溶液を 10 倍に希釈した。この希釈した硫酸水溶液の 25 °C における pH はいくらか。小数第 1 位 まで答えよ。ただし、この希釈水溶液における硫酸の電離度は、1 段階目が 1.0 であり、2 段階目が 0.50 であるものとする。必要があれば、 $\log_{10}2.0 = 0.30$, $\log_{10}3.0 = 0.48$ を用いよ。

『余 白』

下書き用紙

4

次の記述を読んで、問い（問12～問15）に答えよ。

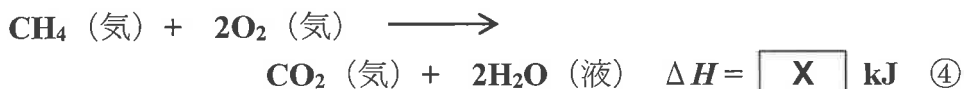
(30点)

物質がもつ固有の化学エネルギーは、エンタルピー H という量で表される。一定圧力下での化学反応に伴って放出または吸収される熱量を反応エンタルピーといい、生成物と反応物がもつエンタルピーの差、エンタルピー変化 ΔH で表される。生成物のもつエンタルピーが、反応物のもつエンタルピーよりも [ア] くなる [イ] 熱反応では、 ΔH は負の値となる。反応エンタルピーは、反応の最初と最後の状態だけで決まり、反応経路には無関係である。これは、 [ウ] の法則と呼ばれる。

化合物 1 mol がその成分元素の [エ] から生成するときのエンタルピー変化を生成エンタルピーという。二酸化炭素 CO_2 、メタン CH_4 、水 H_2O の生成は、それぞれ次のように表される。



物質 1 mol が完全燃焼するときの反応エンタルピーを燃焼エンタルピーという。メタンの燃焼は、次のように表される。



気体分子内の [オ] 結合を切断するのに必要なエネルギーを結合エンタルピーまたは結合エネルギーといい、結合 1 mol あたりの値で表される。気体どうしの反応において、反応エンタルピーと結合エンタルピーとの間には、次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} \text{反応エンタルピー} &= ([\text{カ}] \text{物の結合エンタルピーの総和}) \\ &\quad - ([\text{キ}] \text{物の結合エンタルピーの総和}) \end{aligned}$$

なお、エンタルピーの数値は、問題文も含めて、すべて常温・常圧 (25°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) におけるものである。

問12 文中の [ア] ~ [キ] に適切な語句を記入せよ。

問13 水分子中の **O-H** 結合の結合エンタルピー [kJ/mol] はいくらか。
整数値で答えよ。ただし、**H-H** と **O=O** の結合エンタルピーを、それぞれ、**436 kJ/mol**, **498 kJ/mol** とする。

『余 白』

問 1 4 メタンの燃焼エンタルピー \boxed{X} [kJ/mol] はいくらか。整数値で答えよ。ただし、水（液）の蒸発エンタルピーを **45 kJ/mol** とする。

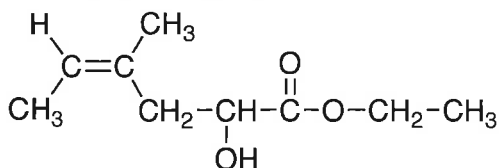
問 1 5 炭素（黒鉛）と水素（気体）からエタン（気体）が生成する反応を、文中①～③式のように、生成エンタルピーの数値を付した反応式で書け。ただし、エタン（気体）の燃焼エンタルピーは **-1561 kJ/mol** であり、燃焼の際に生成する水は液体とする。また、水（液）の蒸発エンタルピーを **45 kJ/mol** とする。

『余 白』

下書き用紙

5

次の記述を読んで、問い（問16～問19）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（28点）



構造式の例

1. 化合物 **A**～**E** は、いずれも分子式が $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ で表され、互いに構造異性体である。**A**～**E** は、いずれも環状構造をもたない。
2. **A** および **B** は、いずれもカルボキシ基をもち、いずれもすべての炭素原子が同一平面上に存在する。これらのうち、**A** のみにシス-トランス異性体が存在する。
3. **C**～**E** は、いずれもエステル結合をもち、これらのうち、**C** のみにシス-トランス異性体が存在する。
4. **C** を加水分解すると、中性化合物 **F** と、炭素原子の数が **1** つの酸性化合物 **G** が生成した。
5. **D** を加水分解すると、中性化合物 **H** と、炭素原子の数が **2** つの酸性化合物 **I** が生成した。
6. **E** を加水分解すると、中性化合物 **J** と、炭素原子の数が **3** つの酸性化合物 **K** が生成した。

なお、下記に示すように、**a** のようなエノール形の構造をもつ化合物は、不安定であるために、ただちに **b** のようなケト形の構造をもつ異性体に変化（異性化）する。



($\text{R}^1 \sim \text{R}^3$ は、アルキル基または水素原子を表す)

問 16 化合物 **G** と **H** の名称を書け。

問 17 化合物 **B**, **D**, **F** および **K** の構造式を書け。

問 18 化合物 **F**~**K** のうち, 銀鏡反応を示す化合物をすべて選び, 記号で答えよ。該当する化合物がない場合は, 「なし」と答えよ。

問 19 化合物 **F**~**K** のうち, ヨードホルム反応を示す化合物をすべて選び, 記号で答えよ。該当する化合物がない場合は, 「なし」と答えよ。

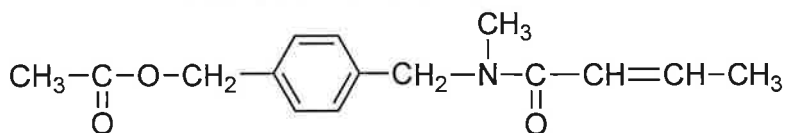
『余 白』

下書き用紙

下書き用紙

6

次の記述を読んで、問い（問20～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。（26点）



構造式の例

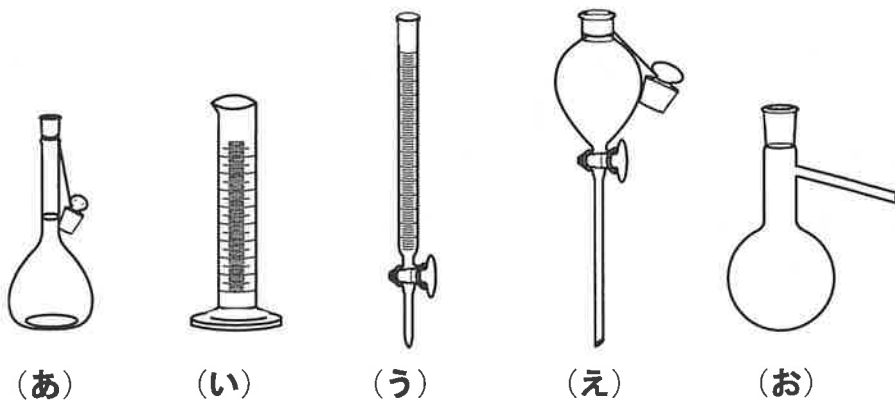
- 化合物 **A** は、分子式が $C_{15}H_{13}NO_3$ で表され、ベンゼン環を 2 つもち、アミド結合とエステル結合をもつ化合物である。
- A** のアミド結合とエステル結合を水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解した後、(i) 反応溶液にジエチルエーテルを加えて抽出操作を行うと、エーテル層には主に芳香族化合物 **B** が含まれていた。
- 記述 2 の抽出操作で得られた水層を塩酸で酸性にしたところ、芳香族化合物 **C** が白色の固体として遊離した。一方、**A** の加水分解で生成した化合物 **D** は、液性に関わらず、水層に含まれたままであった。
- B** を希塩酸に溶かし、 $5^{\circ}C$ 以下に冷やしながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、塩化ベンゼンジアゾニウムが生成し、続いて、(ii) この水溶液にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると、橙赤色の化合物 **E** が生成した。
- C** は、*o*-キシレンを酸化することによっても得られる。**C** を加熱すると、分子内で脱水が進行して、化合物 **F** が生成した。

『余 白』

問20 化合物BとCの名称を書け。

問21 化合物A、EおよびFの構造式を書け。

問22 下線部(i)の抽出に用いられる最も適切な器具を下記の(あ)～(お)から1つ選び、記号で答えよ。また、その名称も答えよ。



問23 下線部(ii)の反応の名称を答えよ。

『余 白』

7

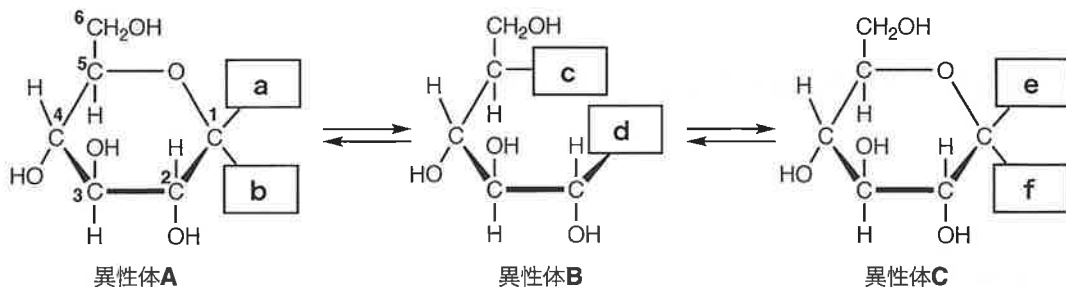
次の記述を読んで、問い（問24～問28）に答えよ。

(29点)

グルコース ($C_6H_{12}O_6$) は、下図のように、水溶液中で3種の異性体 **A**, **B**, **C** が平衡状態で存在している。異性体 **B** の構造に [ア] 基が含まれているため、グルコースの水溶液は、フェーリング液を [イ] して、(i) 赤色の沈澱を生じる。

デンプンは、グルコースの異性体 **A** が脱水縮合してつながった高分子化合物で、[ウ] と呼ばれる直鎖状分子と、[エ] と呼ばれる枝分かれの多い分子からできている。直鎖状分子 [ウ] は、異性体 **A** の **C1** と [あ] に結合するヒドロキシ基が分子間で縮合した構造をもつ。また、[エ] の枝分かれ部分は、異性体 **A** の **C1** と [い] に結合するヒドロキシ基が分子間で縮合している。一方、[オ] は、グルコースの異性体 **C** が脱水縮合して直鎖状につながった高分子化合物で、植物の細胞壁の主成分である。

なお、異性体 **A** の構造式中に示した数字を用いて、グルコースの炭素番号を **C1**～**C6** のように表すものとする。



『余 白』

問24 [ア]～[オ]に適切な語句を記入せよ。

問25 [あ]と[い]にグルコースの炭素番号C1～C6のいずれかを記入せよ。

問26 異性体AとBの構造式中の ～ に適切な原子または原子団(官能基)を記入せよ。ただし、原子団(官能基)は示性式で書け。

問27 下線部(i)に示した赤色沈澱の化学式を書け。

問28 デンプン 40.5 g を完全に加水分解したときに生成するグルコース(分子量 180)の質量 [g] はいくらか。有効数字3桁で答えよ。

『以上』