

'22

前期日程

# 化 学

(理 工 学 部)

## 注 意 事 項

問題(①~⑤)の全てに解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(24頁)、解答用紙は5枚、下書用紙は1枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。



問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	Ag = 107.9	Al = 27.0	Br = 79.9	C = 12.0
	Cl = 35.5	Cr = 52.0	Cu = 63.5	Fe = 55.8
	H = 1.0	I = 126.9	K = 39.1	Mn = 54.9
	N = 14.0	Na = 23.0	O = 16.0	P = 31.0
	Pt = 195.1	S = 32.1		

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C,  $1.01 \times 10^5$  Pa)

気体定数  $8.31 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数  $6.02 \times 10^{23}$ /mol

ファラデー定数  $9.65 \times 10^4$  C/mol

1

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

原子は、中心にある原子核と、原子核のまわりを取り巻く電子から構成されており、原子核は、陽子と中性子から構成されている。原子核に含まれる陽子の数を  という。また、原子核に含まれる陽子と中性子の数の和を  という。陽子と中性子の質量はほぼ等しく、電子の質量の約  倍である。

が同じ原子でも、中性子の数が異なるため  が異なる原子が存在する。これらの原子を互いに  であるという。例えば、 が  の銅原子には、中性子が  個の  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ 、 個の  ${}^{65}_{29}\text{Cu}$  が存在する。 のうち原子核が不安定で、放射線を放出して他の原子に壊変するものを  という。 が出す放射線には、 である $\gamma$ 線、 の原子核の流れである $\alpha$ 線などがある。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄  に当てはまる原子を次の例にならって記せ。

(例)  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$

問3 空欄  に当てはまる適切な数値を次の①～⑤から1つ選び、その番号を記せ。

- ① 1.84      ② 18.4      ③ 184      ④ 1840      ⑤ 18400

問4 空欄  ～  に当てはまる数を記せ。

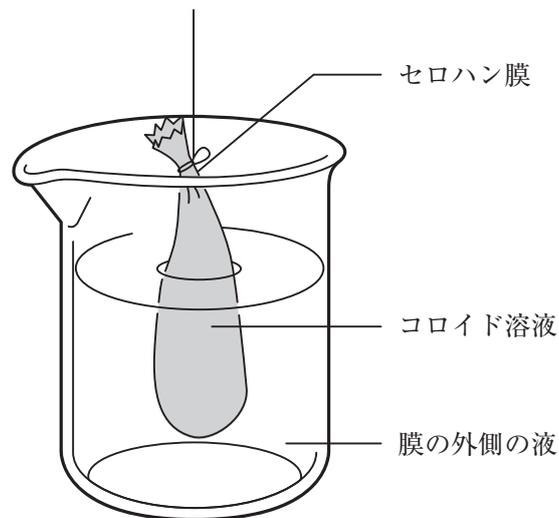
問 5  $^{131}_{53}\text{I}$  は放射線を放出して壊変する原子である。80 mg の  $^{131}_{53}\text{I}$  は、32 日後何 mg が壊変せずに残っているか答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、 $^{131}_{53}\text{I}$  の半減期は 8 日とする。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

沸騰した水に黄褐色の塩化鉄(Ⅲ)の濃い水溶液を加えると、赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液が得られた。水酸化鉄(Ⅲ)が多数集合してコロイド粒子の大きさになったためである。a 得られた水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液の一部を取り、それに電極を浸して直流電圧をかけると水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子は陰極の方に移動した。b 残りのコロイド溶液を図に示すようにセロハン膜に包んで蒸留水中に浸すことで精製した。図に示したセロハン膜の外側の液を2本の試験管に分け取り、AとBの実験を行い、次の結果を得た。

実験A：試験管に硝酸銀(Ⅰ)水溶液を滴下すると、白色沈殿が生じた。

実験B：試験管にメチルオレンジを滴下すると、溶液は赤色に変化した。



図

問 1 次の①～⑤の文章中の下線部には誤りがある。正しい語句を解答欄に記せ。

- ① コロイド粒子の大きさは $1 \sim 10^2 \mu\text{m}$ 程度である。
- ② 流動性を失ったコロイド溶液をミセルという。
- ③ 疎水コロイドに親水コロイドを加えると凝析しにくくなることがある。このような働きをする親水コロイドを分散コロイドという。
- ④ 化学発光はコロイド溶液の横から強い光を当てた場合に、光線の通路が明るく輝く現象である。
- ⑤ 牛乳は脂肪やタンパク質などを分散媒とするコロイド溶液である。

問 2 下線部 a の現象の名称を答えよ。

問 3 下線部 a で水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子が陰極の方に移動した理由を 20 字以内で述べよ。

問 4 下線部 b の操作の名称を答えよ。

問 5 セロハン膜の外側の水溶液に含まれるイオンとして、実験 A, B から推定されるものを、それぞれイオン式で記せ。

2

(1) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

緑色植物は光合成により二酸化炭素と水から、有機物(糖類)と酸素を合成している。糖類としてグルコース  $C_6H_{12}O_6$  が生成するとした場合、その反応の熱化学方程式は次の(I)式のように表される。



この熱化学方程式の反応熱は、 $CO_2(\text{気})$ 、 $H_2O(\text{液})$ およびグルコース  $C_6H_{12}O_6(\text{固})$ の生成熱をもとに求められる。 $CO_2(\text{気})$ の生成熱は  $394 \text{ kJ/mol}$  である。一方、 $H_2O(\text{液})$ の生成熱は、 $H_2O(\text{気})$ の生成熱   $\text{kJ/mol}$  と水の蒸発熱  $41 \text{ kJ/mol}$  から  $286 \text{ kJ/mol}$  と求められる。またグルコース  $C_6H_{12}O_6(\text{固})$ の生成熱は   $\text{kJ/mol}$  である。

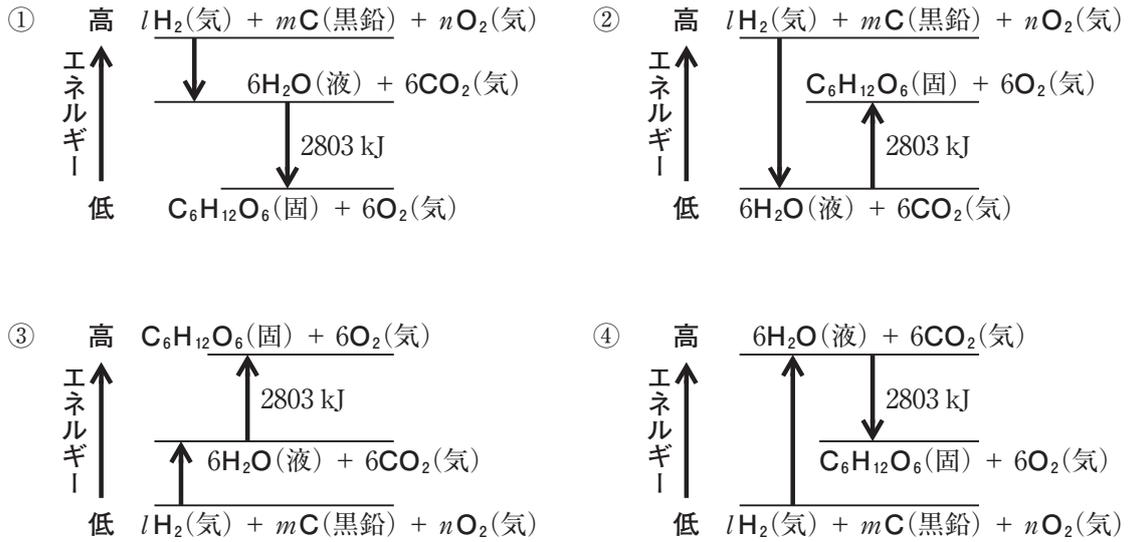
(I)式においては、 物である  $CO_2$   $6 \text{ mol}$  と  $H_2O$   $6 \text{ mol}$  よりも  物であるグルコース  $C_6H_{12}O_6$   $1 \text{ mol}$  と  $O_2$   $6 \text{ mol}$  の方が化学エネルギーの総和が  く、この反応は  反応である。光合成においては、 エネルギーが化学エネルギーに変換されている。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を以下の中から選び、その番号を記せ。

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| ① 大き | ② 中和 | ③ 小さ | ④ 発熱 | ⑤ 燃焼 |
| ⑥ 平衡 | ⑦ 生成 | ⑧ 吸熱 | ⑨ 反応 | ⑩ 電気 |
| ⑪ 燃料 | ⑫ 光  | ⑬ 熱  |      |      |

問2 空欄  に当てはまる数値を答えよ。また、計算過程も示せ。

問 3 次の図の中で(I)式の左辺と右辺の化合物、およびそれらを生成する単体のエネルギーの関係を正しく表しているものはどれか、①～④から1つ選び、その番号を記せ。また、図中の  $l$ ,  $m$ ,  $n$  に当てはまる整数を答えよ。



問 4 空欄 

B
---

 に当てはまる数値を答えよ。また、計算過程も示せ。

(2) 次の燃料電池に関する文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

リン酸形燃料電池は、負極活物質に水素、正極活物質に  ,  
 にリン酸水溶液を用いた燃料電池であり、負極と正極には、白金触媒を含む多孔質の電極が用いられる。放電時、負極で水素が  を放出し  となり、生じた  は導線(外部回路)を通過して正極へ流れ込む。 はリン酸水溶液中を移動し、正極で  と反応して水が生成する。

問1 空欄  ～  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 放電時、負極と正極で起こる化学反応を  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問3 2.5 A の一定電流で32分10秒間放電させた。反応した水素の物質量 [mol] を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、反応した水素はすべて水の生成に使われるものとする。

問4 放電により水が63 g 生成した。導線を通った電気量 [C] を有効数字2桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、反応した水素はすべて水の生成に使われるものとする。



3

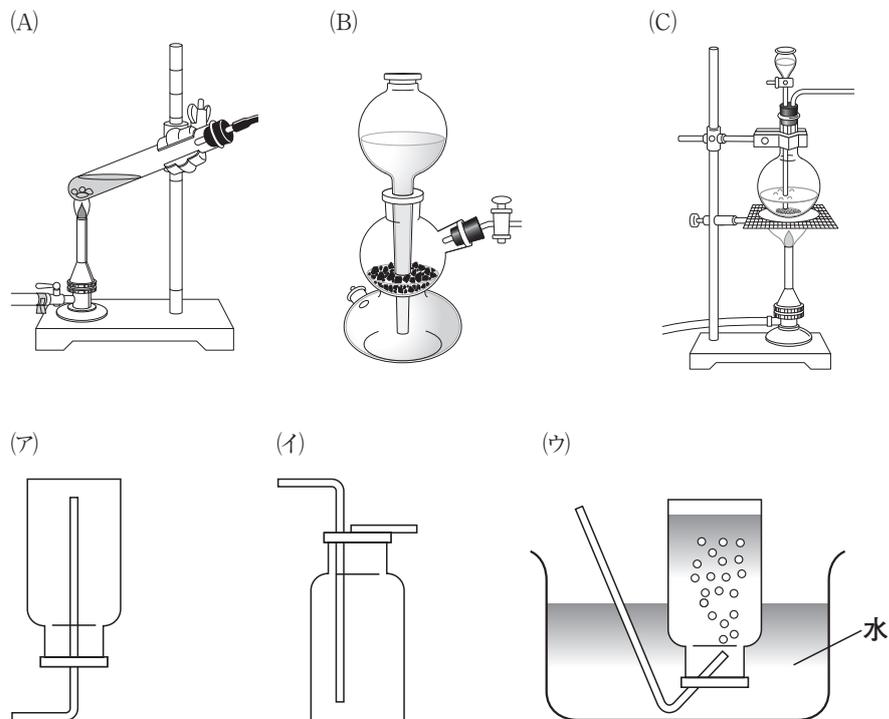
(1) 硫黄とその化合物に関する次の問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

問1 次の物質中の硫黄原子の酸化数を記せ。

- ① 斜方硫黄                      ② 硫酸                      ③ 重硫酸ナトリウム  
 ④ 硫化水素                      ⑤ 二酸化硫黄

問2 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えて硫化水素を発生させる反応の化学反応式を記せ。

問3 問2の反応により気体を発生させるのに用いる装置、および発生した気体を捕集する装置として最も適切なものを、それぞれ次の(A)～(C)および(ア)～(ウ)から1つずつ選び、その記号を記せ。



- 問 4 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えて発生させた気体を硫化水素の水溶液に吹き込むと溶液は白濁した。気体の発生および白濁した反応それぞれについて化学反応式を記せ。
- 問 5 スクロースの粉末に濃硫酸を滴下したところ、黒く変色した。硫酸のどのような作用により何が生じたのか 20 字以内で記せ。
- 問 6 黄鉄鉱は  $\text{FeS}_2$  を主成分とする鉱物である。 $\text{FeS}_2$  を 90 % 含む黄鉄鉱 1.0 kg から 98 % 硫酸は何 kg 得られるか有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、この黄鉄鉱中の硫黄は  $\text{FeS}_2$  にのみ含まれており、この全てが硫酸に変化するものとする。また、濃度は全て質量パーセント濃度である。

(2) 銅，銀およびそれらのイオンに関する次の問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

問1 金属の単体に関する次の①～⑤の文章のうち，銅と銀に当てはまるものをそれぞれ1つ選び，その番号を記せ。

- ① 軽金属の代表で，酸および強塩基の水溶液と反応する両性金属である。
- ② イオン化傾向が金属の中で最も小さい。装飾品や電子回路の配線に利用される。
- ③ 赤みのある金属光沢を示す。湿った空気中では緑色のさびを生じる。
- ④ 蓄電池の負極活物質や放射線の遮へい板に用いられる。
- ⑤ 室温における電気の伝導性が金属の中で最も大きい。装飾品や高級食器に用いられる。

問2 銅は濃硝酸と反応して溶ける。この反応のイオン反応式を記せ。また，反応前後の銅および窒素の酸化数をそれぞれ記せ。

問3 銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に銀板を浸す実験，および銀(Ⅰ)イオンを含む水溶液に銅板を浸す実験を行ったところ，一方のみ反応が起こった。この時，金属および金属イオンに起きた反応を， $e^-$ を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問 4 次の①～④の文章には、下線部が正しいものと誤ったものが含まれている。下線部が正しいものには○を、誤っているものには正しい語句をそれぞれ記せ。

- ① 銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、酸化銅(Ⅱ)の沈殿が生じた。
- ② 銀(Ⅰ)イオンを含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、酸化銀(Ⅰ)の沈殿が生じた。
- ③ 銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に過剰量のアンモニア水を加えたところ、テトラアクア銅(Ⅱ)イオンが生成し、水溶液の色が青色から深青色に変化した。
- ④ 銀(Ⅰ)イオンを含む水溶液に臭化水素を通じると、淡黄色沈殿が生成した。この沈殿に光を当てたところ、臭化銀(Ⅰ)が生じた。

4

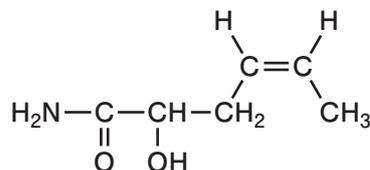
(1) 次の問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

問1 次の文章の空欄  ～  に当てはまる有機化合物の一般名を記せ。また、空欄  に当てはまる官能基の名称を記せ。

アルコールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、第一級アルコールは  に、第二級アルコールは  になる。また、 をさらに酸化すると  になる。アルコールのヒドロキシ基と  の  基の部分で分子間脱水縮合反応が起こると  が得られる。

問2 次の1)～4)に当てはまる化合物の構造式をそれぞれ一つ記せ。なお、構造式は次の例にならって記せ。

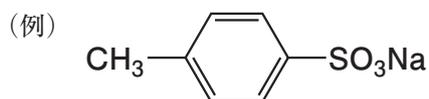
(例)



- 1) 分子式  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  で表される化合物であり、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化して得られる生成物をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱すると、銀が析出する。
- 2) 分子式  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  で表される化合物であり、塩基性条件下でヨウ素と反応させると、ヨードホルムの黄色沈殿が生じる。
- 3) 分子式  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  で表されるトランス形のアルケンである。
- 4) 分子式  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  で表される化合物であり、不斉炭素原子をもつ。また、金属ナトリウムと反応しない。

問 3 炭素、水素、酸素のみからなる化合物 **X** がある。化合物 **X** の官能基の部分と、分子式  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  で表されるアルコールのヒドロキシ基とで分子間脱水縮合反応が起こり、化合物 **Y** が得られた。この化合物 **Y** 5.1 mg を完全燃焼させたところ、水 6.3 mg と二酸化炭素 13.2 mg が得られた。化合物 **Y** の組成式と化合物 **X** の構造式を記せ。また計算過程も示せ。

(2) 次の問1～問3の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



問1 物質によって溶媒への溶けやすさが異なることを利用して、混合物から目的の物質を適切な溶媒に溶かし出して分離する操作の名称を記せ。また、この操作に関する次の①～③について、正しいものに○、誤ったものに×を記せ。なお、この操作で使用する分液ろうとの各部の名称は、図1を参照すること。

- ① 分液ろうとにジエチルエーテル(エーテル)溶液と水溶液を入れて振り混ぜた後、静置すると2層に分離する。このとき、エーテルは水よりも密度が低いので下層になる。
- ② 分液ろうとの上部の空気孔は常に開いた状態で使用する。
- ③ 分液ろうとにエーテル溶液と水溶液を入れて振り混ぜた後、逆さにしたままの状態ですぐに活栓を開閉して容器内の気体を追い出す。この操作を数回繰り返す。

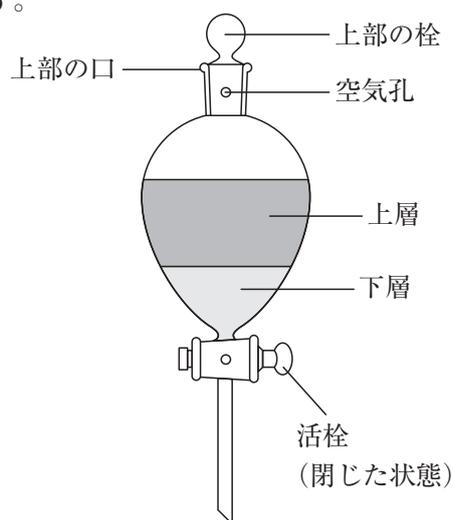


図1

問 2 トルエン, フェノール, 安息香酸, アニリンを溶かしたエーテル溶液に  
図 2 のような分離操作を行った。これら各化合物が含まれる層を, 次の①  
~③の中から 1 つずつ選び, その番号を記せ。同じ番号を複数回選んでも  
よい。また, 各化合物はそれぞれの層にどんな形で溶解しているか, 構造  
式で記せ。

① 水層 1

② 水層 2

③ エーテル層 2

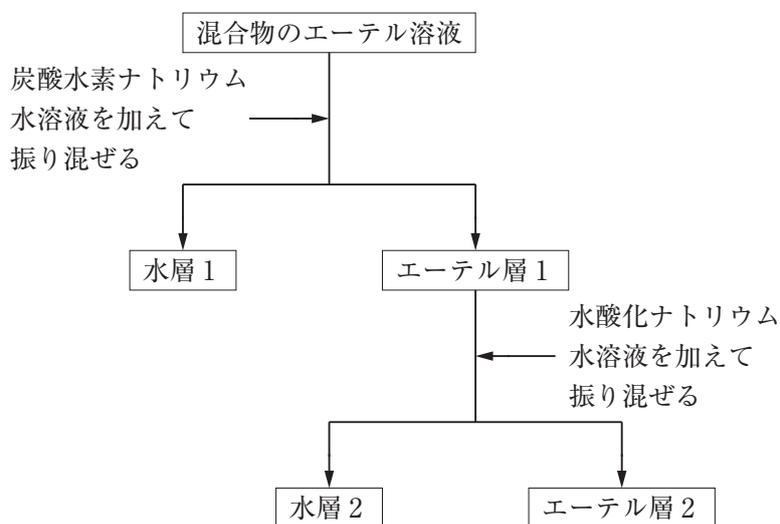


図 2

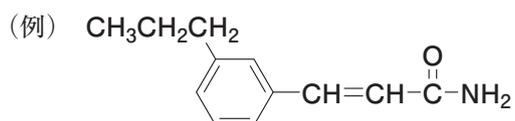
問 3 3種類の未知化合物 **A**, **B**, **C**が溶解したエーテル溶液がある。化合物 **A**~**C**はいずれも炭素, 水素, 酸素のみからなり, すべてベンゼン環を1つ含んでいる。図2にしたがってこの溶液から各化合物を分離し, いくつかの実験を行ったところ, 次の結果が得られた。化合物 **A**~**C**の構造式を記せ。

- 1) 化合物 **A**は, 水層1に塩酸を加えると得られた。**A**はベンゼンの *p*-二置換体であり, その分子量は138であった。化合物 **A**の溶液に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色を呈した。
- 2) 化合物 **B**は, 水層2に二酸化炭素を通気すると得られた。**B**の分子量は108であり, 過マンガン酸カリウムを反応させると化合物 **A**が生じた。
- 3) 化合物 **C**は, エーテル層2からエーテルを蒸発させると得られた。**C**の分子量は108であり, 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても呈色せず, 金属ナトリウムを加えても変化しなかった。



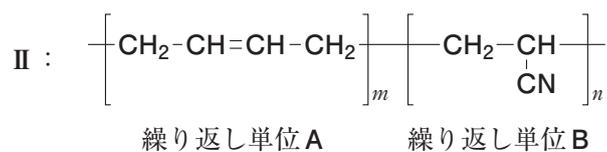
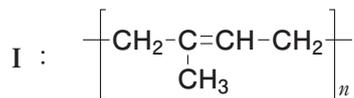
5

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。なお、構造式は次の例にならって記せ。



生ゴム(天然ゴム)の主成分はポリイソプレンである。その構造は下の構造Ⅰで表され、 $\text{C}=\text{C}$ 結合の部分がすべて  形の構造をもつ。生ゴムを  (空気を遮断して加熱分解すること)するとイソプレンが得られる。生ゴムに  を数%混合して加熱すると、ポリイソプレン分子のところ  
a どこかに  原子による  構造が生じて弾性が増す。

天然ゴムに似たゴム弾性をもつ合成高分子化合物を合成ゴムという。b 2種類以上の単量体を用いた付加重合により得られる合成ゴムは、繰り返し単位の種類や組成に応じて性質が変化する。例えば、下の構造Ⅱで表される合成ゴムは耐油性に優れ、石油ホースとして利用される。



問1 空欄  ~  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 下線部 a の操作の名称を記せ。

問3 下線部 b の反応の名称を記せ。

問 4 構造Ⅱで表される合成ゴムの原料となる 2 種類の単量体の構造式をそれぞれ記せ。

問 5 構造Ⅱで表される合成ゴムについて元素分析を行ったところ、炭素原子と窒素原子の物質量の比は 13.3 : 1 であった。この合成ゴムを構成する繰り返し単位 A と B の平均重合度をそれぞれ  $m$ 、 $n$  としたときの  $m$  と  $n$  の比( $m/n$ )を計算し、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

環状構造をもつグルコースの六員環構造を構成する5つの炭素原子のうち、1位の炭素原子は他の炭素原子と性質が異なっている。これは、1位の炭素原子が2つの酸素原子と結合しているためである。水溶液中でグルコースは、 $\alpha$ 型、 $\beta$ 型、鎖状構造の異性体が平衡状態として存在する。鎖状構造のとき、1位の炭素原子は  基となるため、グルコースの水溶液は 還元性を示す。

塩基性条件下、グルコースにヨウ化メチルを反応させると、全てのヒドロキシ基がメトキシ基  $-\text{OCH}_3$  に変換された化合物 I が生じる(図1)。この反応を、ヒドロキシ基のメチル化という。酸性条件下で化合物 I のグリコシド結合を加水分解することにより、1位のメトキシ基だけがヒドロキシ基に変換された化合物 II とメタノールが生成する。ただし、これらのメチル化、加水分解反応は、 $\alpha$ 型および $\beta$ 型のどちらのグルコースでも同様に進行し、化合物 I、II をいずれも  $\alpha$ 型と $\beta$ 型の混合物として与えるが、図1ではいずれも  $\alpha$ 型のみを示している。

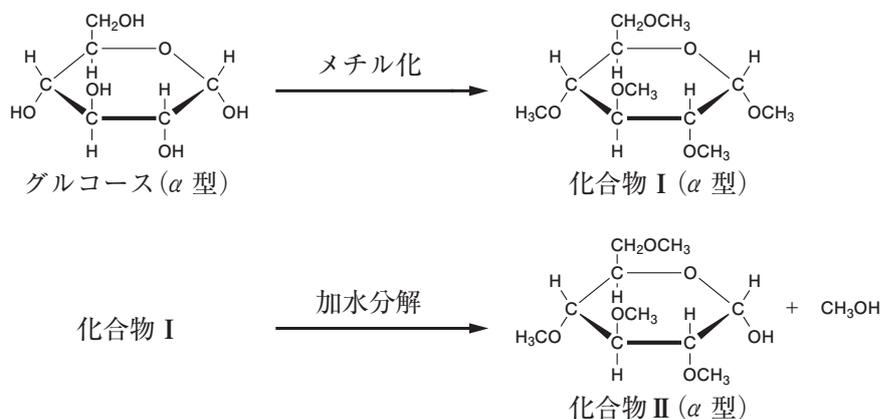


図1 グルコースの反応

図1に示す反応を二糖類に適用すると、その二糖類の構造に応じてそれぞれ異なる位置のヒドロキシ基がメチル化された単糖が生成する。それらの構造を調べることによって、元の二糖類の構造を推定することができる。

問 1 空欄  に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a について、次の問に答えよ。

1) 還元性を確認するための反応として正しいものを、次の①～④から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① ヨードホルム反応
- ② キサントプロテイン反応
- ③ ビウレット反応
- ④ フェーリング反応

2) 図 2 の(ア)～(エ)の二糖類の構造のうち、還元性を示さないものをすべて選び、その記号を記せ。

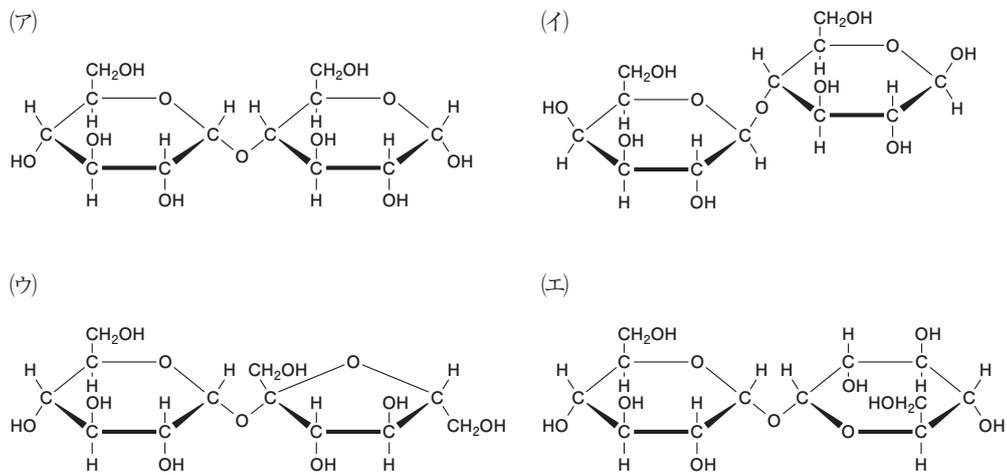


図 2 二糖類の構造

問 3 二糖類 **A**, **B**, **C**は, 図 2 の(ア)~(エ)のいずれかである。

二糖類 **A**, **B**, **C**それぞれに, 塩基性条件下ヨウ化メチルを反応させた後, 酸性条件下で加水分解を行うと, メチル化された単糖として, それぞれ以下の生成物が得られた。ただし, これらのメチル化, 加水分解反応では,  $\alpha$  型および  $\beta$  型のメチル化された単糖が混合物として得られるが, 図 3 では  $\beta$  型の生成物のみを示している。

二糖類 **A** からは, 化合物 **II** と化合物 **III** (図 3) が得られた。

二糖類 **B** からは, 化合物 **II** と化合物 **IV** が得られた。

二糖類 **C** からは, 化合物 **II** だけが得られた。

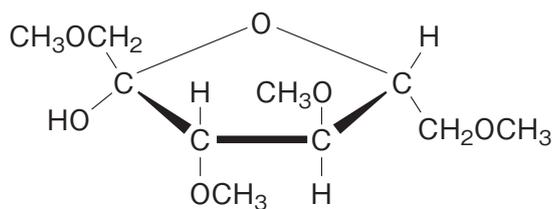


図 3 化合物 **III** ( $\beta$  型) の構造

これに関する次の問に答えよ。

- 1) 化合物 **IV** の  $\alpha$  型の構造を図 1 ~ 3 にならって記せ。
- 2) 二糖類 **A**, **B**, **C** のそれぞれに当てはまる構造式を図 2 の(ア)~(エ)から 1 つずつ選び, その番号を記せ。