

'24

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	Al = 27	C = 12	Cl = 35.5	H = 1.0
	I = 127	N = 14	Na = 23.0	O = 16
	S = 32	Ti = 48	Zn = 65	

理想気体のモル体積 22.4 L/mol (0 °C, 1.013×10^5 Pa)

気体定数 8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)

アボガドロ定数 6.02×10^{23} /mol

ファラデー定数 9.65×10^4 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。

物質は純物質と混合物に分類できる。純物質は1種類の元素からなる単体と2種類以上の元素からなる化合物に分類できる。^a単体と元素は同じ名称でよばれることが多い。同じ元素の単体で、性質の異なるものどうしを、互いに^b同素体であるという。

純物質の融点や沸点によって、物質を特定することができる。例えば、 1.013×10^5 Paのもとで水は100℃で沸騰し、エタノールは78℃で沸騰する。また、融点や沸点の測定によって、純物質か混合物かを判断することもできる。例えば、 1.013×10^5 Paのもとで、純物質の水やエタノールが沸騰しているとき温度は変わらないが、^c水とエタノールの混合物が沸騰しているとき温度は時間とともに上昇する。

混合物から目的の物質を分けて取り出す操作を といい、さらに不純物を除いて、純度をより高める操作を という。

問1 下線部aについて、次の①～⑥の文章中の酸素のうち、元素の意味で使われているものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① 人体の質量の約60%は酸素である。
- ② 乾燥空気の組成は、窒素が約78%で酸素が約21%である。
- ③ 二酸化炭素は炭素と酸素からなる。
- ④ 水を電気分解すると酸素と水素ができる。
- ⑤ 酸素は酸化剤としてはたらく。
- ⑥ 酸素の原子番号は8である。

問 2 下線部 b について、次の①～⑥の組み合わせのうち、互いに同素体であるものをすべて選び、その番号を記せ。

- | | |
|----------------|------------------|
| ① 水蒸気と水 | ② オゾンと酸素 |
| ③ ダイヤモンドとフラーレン | ④ 黒鉛と亜鉛 |
| ⑤ 赤リンと黄リン | ⑥ 水素と三重水素(トリチウム) |

問 3 下線部 c の理由を 30 字以内で記せ。

問 4 空欄 , に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 5 次の①～⑤の文章は混合物から目的の物質を得るための操作について説明している。それぞれの操作の名称を[語群]の a～f から選び、その記号を記せ。ただし、同じ記号を複数回選んではならない。

- ① 食塩水を加熱して発生した水蒸気を冷却して純粋な水を得る。
- ② 砂と水の混合物から、ろ紙を使って水を分けとる。
- ③ 砂が混入したヨウ素を加熱してヨウ素を得る。
- ④ ヨウ素-ヨウ化カリウム水溶液にヘキサンを加え、ヨウ素をヘキサンの溶液として得る。
- ⑤ 少量の硫酸銅(Ⅱ)を含む硝酸カリウムを温水に溶かした後、ゆっくりと冷却することで硝酸カリウムだけを析出させる。

[語群] a 蒸留 b 再結晶 c 昇華法 d ろ過
 e クロマトグラフィー f 抽出

(2) 次の物質 A～E に関する以下の問 1～問 6 の答を解答欄に記入せよ。

- A アンモニア
- B 塩化水素
- C 酢酸
- D 酸化カルシウム
- E リチウム

問 1 物質 A～E のうち、水に溶かす、または、水と反応させて水溶液にする
と、水素イオンを生じる物質をすべて選び、その記号を記せ。

問 2 物質 A～E のうち、水に溶かす、または、水と反応させて水溶液にする
と、水酸化物イオンを生じる物質をすべて選び、その記号を記せ。

問 3 物質 A～E のうち、水と酸化還元反応を起こす物質をすべて選び、その
記号を記せ。

問 4 酸化カルシウムと水の反応を化学反応式で記せ。

問 5 リチウムと水の反応を化学反応式で記せ。

問 6 アンモニア、塩化水素、酢酸に当てはまる文章を、次の①～④からそれ
ぞれ 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 1.013×10^5 Pa, 10°C で気体であり、空気より密度が小さい。
- ② 1.013×10^5 Pa, 10°C で気体であり、空気より密度が大きい。
- ③ 1.013×10^5 Pa, 10°C で液体である。
- ④ 1.013×10^5 Pa, 10°C で固体である。

2

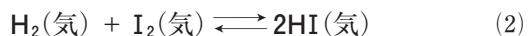
(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

気体の水素 H_2 と気体のヨウ素 I_2 から気体のヨウ化水素 HI が生じる反応の熱化学方程式は次の(1)式で表される。



$\text{H}-\text{H}$ の結合エネルギーは 436 kJ/mol , $\text{I}-\text{I}$ の結合エネルギーは 151 kJ/mol である。これらの値と(1)式から $\text{H}-\text{I}$ の結合エネルギーは kJ/mol と求められる。

密閉容器に H_2 と I_2 を入れ、ある温度に保つと(2)式の可逆反応が起こる。



(2)式の右向きの反応の反応速度を v_1 , 左向きの反応の反応速度を v_2 とすると, v_1 と v_2 の関係は, 反応開始直後は , 平衡状態のときは である。右向きの反応の活性化エネルギーは触媒がないとき 174 kJ/mol である。このとき左向きの反応の活性化エネルギーは kJ/mol である。この反応に触媒を用いると反応熱は が, 活性化エネルギーは 。

問1 空欄 , に当てはまる数値を有効数字3桁で答えよ。

問2 空欄 ～ に当てはまる最も適切な式または語句を次の①～⑦から選び, その番号を記せ。ただし, 同じ番号を複数回選んでもよい。

- ① $v_1 > v_2$ ② $v_1 = v_2 \neq 0$ ③ $v_1 = v_2 = 0$ ④ $v_1 < v_2$
⑤ 大きくなる ⑥ 変わらない ⑦ 小さくなる

問 3 H_2 1.0 mol と I_2 1.0 mol を容積 1.0 L の密閉容器に入れて、ある温度に保った。このとき、図 1 のように、 H_2 、 I_2 、 HI の濃度が変化して、時刻 t_e 以降で平衡状態に達し、 H_2 の濃度が 0.20 mol/L、 I_2 の濃度が 0.20 mol/L、 HI の濃度が 1.60 mol/L になった。この温度における(2)式の平衡定数 K を計算し、有効数字 2 桁で答えよ。

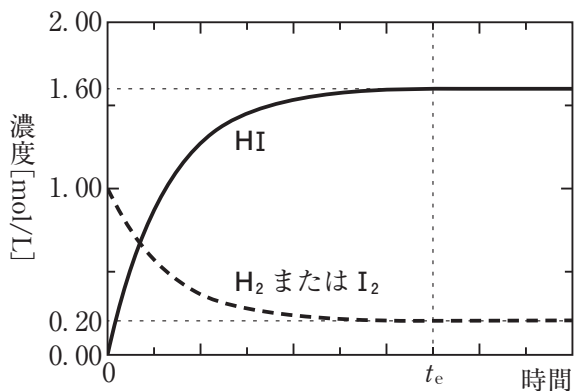


図 1

問 4 問 3 と同じ実験を、温度を上げて行った。温度を上げたときの HI の濃度と時間の関係として正しいものを図 2 の①～④の中から 1 つ選び、その番号を記せ。ただし、実線はもとの温度のとき、点線は温度を上げたときの関係である。

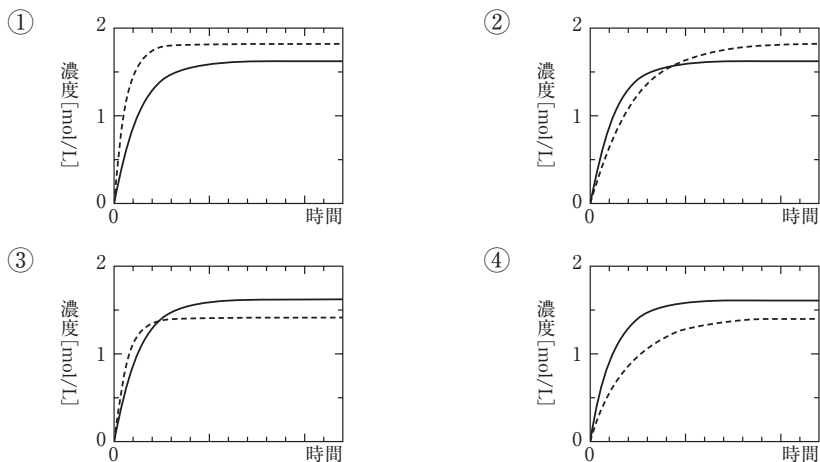


図 2

問 5 問 3 と同じ実験を，触媒を加えて行った。触媒を加えたときの HI の濃度と時間の関係として正しいものを図 3 の①～④の中から 1 つ選び，その番号を記せ。ただし，実線は触媒がないとき，点線は触媒があるときの関係である。

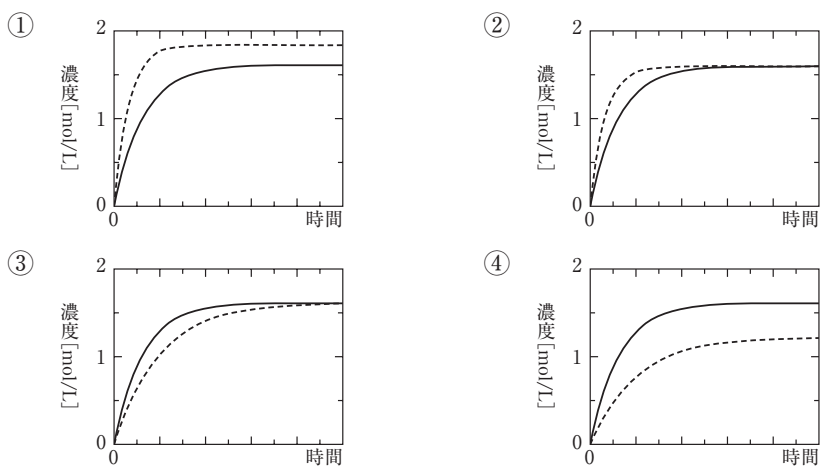


図 3

問 6 はじめ 1.0 mol の HI のみを 1.0 L の密閉容器に入れ，問 3 の実験と同じ温度に保った。このとき，平衡状態における H_2 の濃度を有効数字 2 桁で答えよ。また，計算過程も記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

電解質の水溶液などに電極を入れ、直流電流を流して酸化還元反応を起こさせることを電気分解という。電気分解では、電源の につないだ電極を陽極、電源の につないだ電極を陰極という。

塩化ナトリウム水溶液の電気分解では、単体のナトリウムは得られない。単体のナトリウムは、高温でとがして液体とした塩化ナトリウムを電気分解することで得られる。このように、固体の塩をとがして得られた液体を電気分解する方法を という。

問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 塩化ナトリウム水溶液の電気分解について、次の問に答えよ。

- 1) 陽極および陰極で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。
- 2) この方法では単体のナトリウムが得られない理由を30字以内で記せ。

問3 液体の塩化ナトリウム 5.40 g に対して、黒鉛を陽極、鉄を陰極として 5.00 A の電流を 9 分 39 秒間流して電気分解を行ったところ、単体のナトリウムと気体が生成した。これについて次の問に答えよ。ただし、塩化ナトリウムの電気分解以外の反応は起こらないものとする。

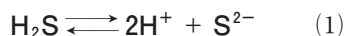
- 1) 流れた電子の物質量は何 mol か、有効数字3桁で答えよ。また、計算過程も記せ。
- 2) 電気分解で生成した気体の体積は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か、有効数字3桁で答えよ。また、計算過程も記せ。ただし、生成した気体は理想気体としてふるまうものとする。

- 3) 電気分解後、残っている塩化ナトリウムの質量は何 g か、有効数字 3 桁で答えよ。また、計算過程も記せ。

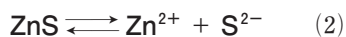
3

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

硫化水素 H_2S は常温・常圧で気体である。 H_2S を水に通じると、 H_2S は水に溶けて電離し、(1)式の電離平衡が成立する。



硫化亜鉛 ZnS は難溶性の塩であり、 ZnS の沈殿が存在する水溶液中では、(2)式の溶解平衡が成立する。



亜鉛イオン Zn^{2+} を含むある水溶液に H_2S を通じて H_2S の飽和溶液としたのち、pH を 1.00 に調整したとき、 ZnS の沈殿は生じなかった。次に、 H_2S を通じたまま、(1)式と(2)式の化学平衡が常に成立するように、ゆっくりと水溶液の pH を高くしていくと、pH が 3.00 を超えたところで ZnS の沈殿が生じた。

問1 H_2S に関する次の文章①～④のうち、正しいものをすべて選び、その番号を記せ。

- ① H_2S は、硫化鉄(Ⅱ) FeS に希硫酸を加えると発生する。
- ② H_2S の水溶液は強酸性を示す。
- ③ H_2S は火山ガスなどに含まれる無色で腐卵臭のある有毒な気体である。
- ④ H_2S には強い酸化作用があるため、 H_2S の水溶液に二酸化硫黄 SO_2 を吹き込むと硫黄の単体を遊離する。

問 2 (1)式の電離定数 K および(2)式の ZnS の溶解度積 K_{sp} を、平衡状態における H_2S , H^+ , S^{2-} , Zn^{2+} のモル濃度 $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{H}^+]$, $[\text{S}^{2-}]$, $[\text{Zn}^{2+}]$ を用いた式でそれぞれ記せ。

問 3 H_2S の飽和溶液の pH を高くしていくと平衡状態における $[\text{S}^{2-}]$ はどうなるか、正しいものを次の①～③から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 変化しない
- ② 減少していく
- ③ 増加していく

問 4 pH が 1.00 のときと pH が 4.00 のときにおける、 K_{sp} と平衡状態における $[\text{Zn}^{2+}]$, $[\text{S}^{2-}]$ の関係として正しいものを次の①～③からそれぞれ 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① $K_{\text{sp}} = [\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$
- ② $K_{\text{sp}} < [\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$
- ③ $K_{\text{sp}} > [\text{Zn}^{2+}][\text{S}^{2-}]$

問 5 pH が 4.00 のとき、平衡状態における $[\text{H}_2\text{S}] = 0.10 \text{ mol/L}$ であったとする。このときの平衡状態における $[\text{Zn}^{2+}]$ を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も記せ。ただし、 $K = 1.2 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2$,
 $K_{\text{sp}} = 2.2 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$ とする。

(2) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

アルミニウム **Al** は質量比で地殻中に3番目に多く存在する元素であり、チタン **Ti** は9番目に多く存在する元素である。**Al** は周期表の 族に属する元素で 価の陽イオンになりやすい。単体の **Al** の結晶の構造は a 面心立方格子 である。一方、**Ti** は周期表の 族に属する元素である。単体の **Ti** の結晶の構造は、常温では b 六方最密構造 であるが、加熱すると $885\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上で c 体心立方格子 になる。

金属の **Al** および **Ti** は密度が比較的小さく、また、空気中で d 表面に緻密な酸化被膜が形成され、内部が保護されて酸化されない という特徴をもつ。**Al** や **Ti** を含む合金は、工業用から家庭用製品まで幅広く利用されている。**Al** に銅 **Cu** やマグネシウム **Mg** などを加えてつくられる と呼ばれる合金は強度が高いため飛行機の機体や電車の車体などに用いられている。**Ti** とニッケル **Ni** の合金は、変形しても加熱によって元の形に戻るといった性質をもつ。このような性質をもつ合金は と呼ばれ、メガネのフレームなどに利用されている。

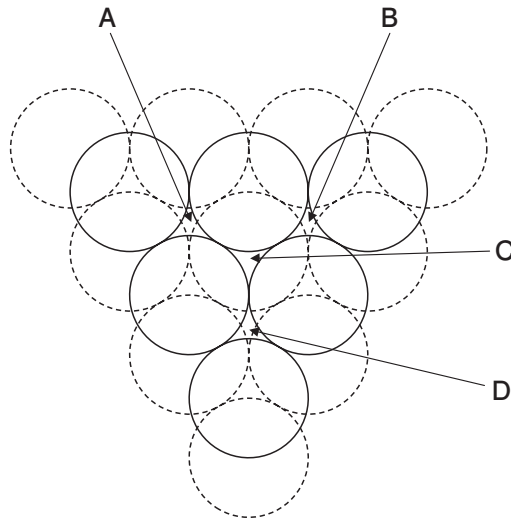
問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な数字または語句を記せ。

問2 質量比で地殻中に1番目および2番目に多く存在する元素の名称をそれぞれ記せ。

問3 下線部 a の結晶中の **Al** 原子の配位数、また下線部 b および c の結晶中の **Ti** 原子の配位数をそれぞれ答えよ。

問4 下線部 d の状態を何というか、記せ。

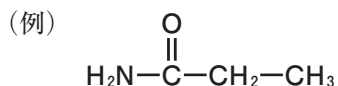
問 5 下の図は原子を球とみなしたときの最密構造の一部を示している。図中の点線は1層目の原子を、また実線は2層目の原子を表している。下線部 a および b の構造において3層目の原子が入る位置をそれぞれ図中の A ~ D からすべて選び、その記号を記せ。



問 6 常温において、単体の Al の結晶の密度は単体の Ti の結晶の密度の何倍か、有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も記せ。ただし、Al と Ti の原子半径は、それぞれ 1.43×10^{-8} cm, 1.47×10^{-8} cm とする。また、必要であれば、 1.43^3 は 2.9, 1.47^3 は 3.2 として計算せよ。

4

- (1) 次の文章を読んで、問1～問4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。



硫酸は有機化合物の脱水反応に利用されている。例えば、エタノールと濃硫酸の混合物を約170℃で加熱すると、主に化合物Aと水を生じる。一方、エタノールと濃硫酸の混合物を約130℃で加熱すると、主に化合物Bと水を生じる。また、a 酢酸とエタノールの混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、エステルCと水を生じる。

また、硫酸は芳香族化合物の置換反応にも利用されている。例えば、b ベンゼンと濃硫酸の混合物を加熱すると、ベンゼンスルホン酸が生じる。アルキルベンゼンと濃硫酸を同様に反応させて生成した化合物を水酸化ナトリウムで中和すると、合成洗剤の主成分の一つである c アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム が得られる。

問1 化合物A、BおよびエステルCの構造式を記せ。

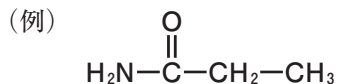
問2 下線部aと同様に、カルボン酸Dとエタノールの混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると、エステルEと水が生じた。エステルEは質量百分率で炭素60.0%、水素8.0%、酸素32.0%からなり、炭素数が9以下であった。次の問に答えよ。

- 1) エステルEの組成式を記せ。
- 2) カルボン酸Dの構造式を記せ。

問 3 下線部 b の反応で、ベンゼン 7.8 g と濃硫酸の混合物を加熱すると、ベンゼンの一部が反応してベンゼンスルホン酸が 7.9 g 生成した。ベンゼンの何%が反応したか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、ベンゼンスルホン酸以外の有機化合物は生成しなかったものとする。

問 4 下線部 c の化合物の水溶液は中性を示す。その理由を 20 字以内で記せ。

(2) 次の文章を読んで、問 1～問 6 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。



化合物 A～E はいずれも分子式 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ で表される有機化合物である。

このうち、化合物 A と B は 5 個の原子が環状につながった構造(五員環)を含んでいる。化合物 A はナトリウムと反応したが、化合物 B はナトリウムと反応しなかった。また、化合物 A の沸点は、化合物 B よりも高い。

化合物 C～E はいずれも、環状構造をもたず、また炭素原子間二重結合 $\text{C}=\text{C}$ を含まない。化合物 C は不斉炭素原子をもち、銀鏡反応を示した。化合物 D はヨードホルム反応を示した。化合物 E は、銀鏡反応もヨードホルム反応も示さなかった。

問 1 化合物 A の構造式を記せ。

問 2 化合物 B として 2 種類の構造異性体が考えられる。それらの構造式を記せ。

問 3 化合物 A の沸点が化合物 B より高い理由を 40 字以内で説明せよ。

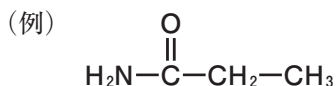
問 4 化合物 A と B からなる混合物 4.30 g にナトリウムを反応させたところ、化合物 A がすべて反応し、0.020 mol の水素が発生した。混合物中の化合物 A の含有率(質量百分率)を有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 化合物 C および E の構造式を記せ。

問 6 化合物Dとして2種類の構造異性体が考えられる。それらの構造式を記せ。

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。



合成樹脂は、熱に対する性質の違いから熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分類される。

熱可塑性樹脂は、一般に、 構造をもち、付加重合で合成されるものが多い。その代表には、ポリエチレンや^aポリスチレンが知られている。ポリエチレンは、製法によって密度が違い、低密度ポリエチレンと高密度ポリエチレンに分けられる。低密度ポリエチレンは、 構造が多いので、分子鎖が規則的に配列した 部分が少なく、 部分が多い。また、透明でやわらかい。高密度ポリエチレンは、 部分が多く、半透明で硬い。

熱硬化性樹脂は、 で合成されるものが多く、合成過程の熱処理で、分子間結合が生じて、 構造が発達し硬くなる。その代表としては、フェノール樹脂、^b尿素樹脂、メラミン樹脂などがある。フェノール樹脂は、酸や塩基を として、^cフェノールとホルムアルデヒドを反応させて、中間生成物を生成し、これをさらに加熱することで合成される。

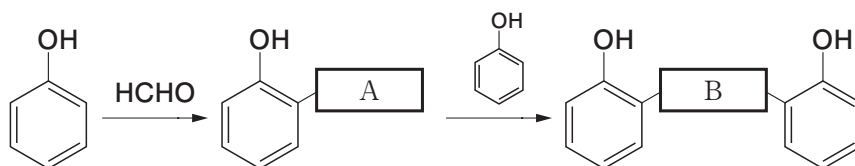
問1 空欄～に当てはまる最も適切な語句を次の①～⑪からそれぞれ1つ選び、その番号を記せ。ただし、同じ番号は複数回選んではならない。

- | | | | |
|--------|--------|---------|-------|
| ① 鎖状 | ② 枝分かれ | ③ 三次元網目 | ④ 結晶 |
| ⑤ 非晶 | ⑥ 縮合重合 | ⑦ 開環重合 | ⑧ 共重合 |
| ⑨ 付加縮合 | ⑩ モノマー | ⑪ 触媒 | |

問 2 下線部 a のポリスチレンの構造式を記せ。

問 3 下線部 b の尿素樹脂とメラミン樹脂を総称する樹脂の名称を記せ。

問 4 下線部 c のフェノールとホルムアルデヒドの反応は、次のように始まっていく。空欄 と に当てはまる構造を記せ。

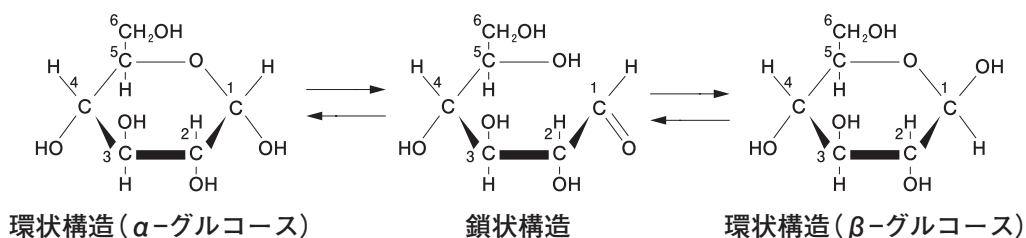


問 5 分子量が 1.26×10^4 のポリエチレンの重合度を有効数字 2 桁で答えよ。また、計算過程も記せ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

糖(糖類)は、一般式 $C_m(H_2O)_n$ で表される化合物であり、炭水化物ともよばれる。糖のうち、それ以上加水分解されない糖を単糖、加水分解によって単糖2分子を生じる糖を二糖、多数の単糖が縮合重合した重合体を多糖という。

グルコースは生体内でエネルギー源として重要な役割を担っている単糖である。水溶液中では下式のように、環状構造の α -グルコースと β -グルコースと六員環構造が開いた鎖状構造のグルコースが平衡状態にある。

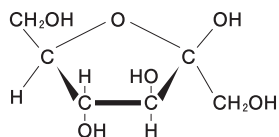


デンプンは代表的な植物由来の多糖であり、酵素や酸で完全に加水分解するとグルコースを生じる。デンプンはグルコースが α -1,4-グリコシド結合で連なった ア と、 α -1,4-グリコシド結合に加えて α -1,6-グリコシド結合により枝分かれした構造をもつ イ とに分類できる。動物の肝臓や筋肉に存在しエネルギー貯蔵の役割を担う多糖である ウ は、イ とよく似た構造をしているが、枝分かれがさらに多い。エ は植物の細胞壁に多く存在する多糖であり、デンプンとは異なり、グルコースが β -1,4-グリコシド結合で重合し、直線状に伸びた構造をしている。

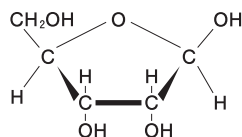
問1 空欄 ア ～ エ に当てはまる多糖の名称を記せ。

問2 α -グルコースと β -グルコースは1位の炭素原子に結合した $-OH$ と $-H$ の向きが異なる。このような関係の異性体を何と呼ぶか、その名称を記せ。

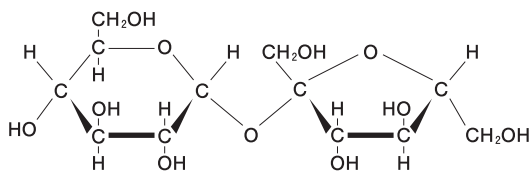
問 3 次の構造式A～Fの糖について以下の問に答えよ。ただし、これらの構造は水溶液中でとりうる構造の一つである。



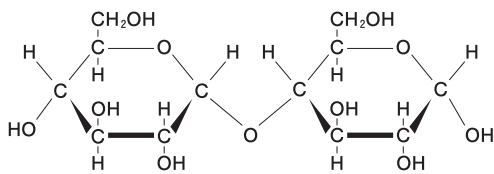
A



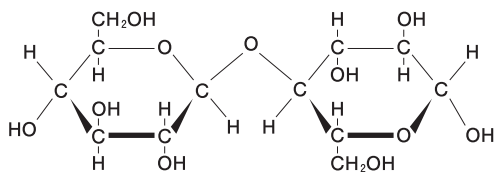
B



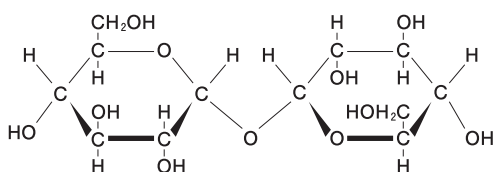
C



D



E



F

1) 次の①～④の文章が説明している単糖または二糖の名称をそれぞれ記せ。また、その糖の構造式をA～Fからそれぞれ1つ選び、その記号を記せ。

- ① デンプンをアミラーゼで加水分解すると生じる。
- ② 核酸塩基・リン酸とともに核酸(RNA)を構成する。
- ③ 果物やはちみつに含まれる。糖のなかで最も甘い。
- ④ 砂糖の主成分であり、サトウキビの茎などに多く含まれる。

2) α -1,4-グリコシド結合、 β -1,4-グリコシド結合によって結合している二糖の構造式をA～Fからそれぞれ1つ選び、その記号を記せ。

問 4 アミラーゼはデンプンの α -1, 4-グリコシド結合を認識してデンプンを加水分解するが, β -1, 4-グリコシド結合をもつ多糖を加水分解できない。このように酵素が特定の化合物だけに作用する性質のことを何というか, その名称を記せ。