

物 理・化 学

問 題

2015年度

< H27090017 >

注 意 事 項

1. この問題冊子には、物理および化学の問題が印刷されています。
受験票に記載されている理科学科解答パターンの問題のみを解答してください。

解答 パターン	物 理	化 学	生 物 (別冊配布)
A	○	○	×
B	○	×	○
C	×	○	○

2. この試験では、解答パターンがAの受験生には、この問題冊子、記述解答用紙およびマーク解答用紙を配付します。
解答パターンがBおよびCの受験生には、これらに加え「生物」の問題冊子および記述解答用紙（生物その1、生物その2）を配付します。
3. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないでください。
4. 物理の問題は2～9ページ、化学の問題は12～19ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせてください。
5. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入してください。
6. マーク解答用紙記入上の注意
 - (1) 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入してください。
 - (2) マーク欄にははっきりとマークしてください。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消してください。

マークする時	● 良い	○ 悪い	○ 悪い
マークを消す時	○ 良い	○ 悪い	○ 悪い

7. 記述解答用紙記入上の注意
 - (1) 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入してください。
 - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を書かないでください。
 - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入してください。

数 字 見 本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないでください。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒		3	8	2	5

8. 解答はすべて所定の解答欄に記入してください。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
9. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
10. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにしてください。
11. 問題冊子は持ち帰ってください。
12. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出してください。

必要ならば、以下の数値を用いなさい。

H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, Al=27.0, Si=28.1,

S=32.1, Cl=35.5, K=39.1, Mn=54.9, Au=197.0, Pb=207.2

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

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

気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$

化学（マーク解答問題）

〔I〕 次の（1）～（10）の文中、（ A ）、（ B ）、（ C ）にもっとも適合するものを、それぞれ A 群、B 群、C 群の（イ）～（ホ）から選び、マーク解答用紙の該当欄にマークしなさい。

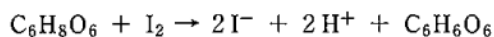
- （1） 2014 年のノーベル物理学賞は青色発光ダイオードの開発に対して授与されたが、青色発光ダイオードの材料としては窒化ガリウムが使用されている。メンデレーエフが 1869 年に（ A ）を発表した際、ガリウムは発見されていなかったが、1871 年にエカアルミニウムとしてその存在を予言していた。ガリウムの原子番号は 31 で、（ B ）とともに 13 族の元素である。ガリウムには ^{69}Ga と ^{71}Ga の安定同位体が存在する。それぞれの相対質量は 68.9 と 70.9 であり、存在比を 3 : 2 とすると、ガリウムの原子量は（ C ）となる。

- | | | |
|---------------|-------------|--------------------------------------|
| A : (イ) 周期表 | (ロ) 原子説 | (ハ) 金属のイオン化列 |
| (ニ) 質量作用の法則 | (ホ) 倍数比例の法則 | |
| B : (イ) ベリリウム | (ロ) ホウ素 | (ハ) 炭素 |
| (ニ) ケイ素 | (ホ) ゲルマニウム | |
| C : (イ) 69.1 | (ロ) 69.4 | (ハ) 69.7 (ニ) 70.0 (ホ) 70.3 |

- （2） 一酸化窒素は酸素と反応して（ A ）の二酸化窒素となる。二酸化窒素 1.0 mol を内容積 100 L の真空容器に入れ 300 K で放置したところ、（ B ）と化学平衡となった。このとき容器内はすべて気体であり、混合気体の全圧は $1.8 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。容器内の（ B ）は、およそ（ C ）mol である。

- | | | | | |
|----------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| A : (イ) 無色 | (ロ) 赤褐色 | (ハ) 灰色 | (ニ) 青色 | (ホ) 緑色 |
| B : (イ) N_2 | (ロ) N_2O | (ハ) N_2O_2 | (ニ) N_2O_3 | (ホ) N_2O_4 |
| C : (イ) 0.28 | (ロ) 0.44 | (ハ) 0.56 | (ニ) 0.72 | (ホ) 1.0 |

- (3) ビタミン C (アスコルビン酸, $C_6H_8O_6$) は下記の化学反応式に示すようにヨウ素と反応しデヒドロアスコルビン酸 ($C_6H_6O_6$) を生成する。



この反応は (A) であり, この性質を利用してビタミン C は (B) に用いられている。この反応はビタミン C の定量に用いることができるが, 過マンガン酸カリウムを用いてもビタミン C の定量はできる。(C) mol/L のビタミン C 水溶液 10 mL を硫酸で酸性にした 0.010 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ, 反応の終点に達するまでに 20 mL 要した。

- A : (イ) 酸化還元反応 (ロ) 中和反応 (ハ) 触媒反応
 (ニ) 脱水反応 (ホ) 重合反応
 B : (イ) 酸化剤として還元防止剤 (ロ) 還元剤として酸化防止剤 (ハ) 酸として pH 調整剤
 (ニ) 塩基として pH 調整剤 (ホ) 脱水剤として乾燥剤
 C : (イ) 0.010 (ロ) 0.020 (ハ) 0.025 (ニ) 0.050 (ホ) 0.10

- (4) アンモニアは工業的には (A) と呼ばれる方法により, 窒素から合成されている。このとき, 窒素は (B) されてアンモニアに変化する。硝酸は工業的にはアンモニアを原料として合成されているが, アンモニアから硝酸への変化では, 窒素原子の酸化数は (C) 。

- A : (イ) オストワルト法 (ロ) ハーバー・ボッシュ法 (ハ) テルミット法
 (ニ) クメン法 (ホ) ソルベー法
 B : (イ) ジアゾ化 (ロ) 酸化 (ハ) 還元
 (ニ) 脱水 (ホ) 加水分解
 C : (イ) 3 減少する (ロ) 2 減少する (ハ) 変化しない
 (ニ) 5 増加する (ホ) 8 増加する

- (5) Ca^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ の各イオンをそれぞれ含む 4 種類の水溶液がある。これらの水溶液に酸性条件で硫化水素を通じた場合, 沈殿が生じるのは (A) の水溶液である。また, 塩基性条件で硫化水素を通じた場合, 一部の溶液で酸性条件と異なる挙動を示し, (B)。この挙動の違いの直接的な原因は, 水溶液を塩基性にするので (C) である。

- A : (イ) Fe^{2+} と Cu^{2+} (ロ) Fe^{2+} と Ag^+ (ハ) Cu^{2+} と Ag^+
 (ニ) Fe^{2+} と Cu^{2+} と Ag^+ (ホ) Ca^{2+} と Fe^{2+} と Cu^{2+}
 B : (イ) Fe^{2+} の水溶液から沈殿が生じる
 (ロ) Fe^{2+} の水溶液から沈殿が生じない
 (ハ) Cu^{2+} の水溶液から沈殿が生じる
 (ニ) Cu^{2+} の水溶液から沈殿が生じない
 (ホ) Ag^+ の水溶液から沈殿が生じる
 C : (イ) H^+ 濃度が増加するから (ロ) OH^- 濃度が増加するから (ハ) H_2S 濃度が増加するから
 (ニ) HS^- 濃度が増加するから (ホ) S^{2-} 濃度が増加するから

- (6) 金属は、原子から放出された (A) を複数の原子で共有して結合をつくる。そして、例外なく (B)。金は薄く広げることができ、金 1.0 g を膜厚 100 nm にすると、その面積はおよそ 0.50 m^2 となる。金の結晶は面心立方格子であるので、金の原子半径はおよそ (C) m である。必要ならば次の数値を用いなさい。
 $\sqrt[3]{10} = 2.15$, $\sqrt[3]{16.4} = 2.54$, $\sqrt[3]{32.7} = 3.20$, $\sqrt[3]{65.4} = 4.03$

- A : (イ) 陽イオン (ロ) 陰イオン (ハ) 陽子
 (ニ) 中性子 (ホ) 価電子
 B : (イ) 常温常圧で固体である (ロ) 光沢がある (ハ) 水と反応する
 (ニ) 水より密度が大きい (ホ) 酸とも塩基とも反応する
 C : (イ) 8.9×10^{-11} (ロ) 1.1×10^{-10} (ハ) 1.4×10^{-10}
 (ニ) 1.7×10^{-10} (ホ) 4.0×10^{-10}

- (7) アルミニウムは、ボーキサイトから得られるアルミナを (A) 電気分解することで、工業的にはつくられる。ダニエル電池の (B) と、起電力が大きくなる。鉛蓄電池は、鉛電極と酸化鉛(IV)電極の総質量 1.0 kg あたり、最大で (C) の電気量を発電することができる。

- A : (イ) 酸性水溶液に溶解して白金電極を用いて
 (ロ) 酸性水溶液に溶解して炭素電極を用いて
 (ハ) 塩基性水溶液に溶解して炭素電極を用いて
 (ニ) 氷晶石と融解して白金電極を用いて
 (ホ) 氷晶石と融解して炭素電極を用いて
 B : (イ) 負極を Fe に負極活物質を Fe に変える
 (ロ) 負極を Fe に負極活物質を Fe^{2+} に変える
 (ハ) 正極を Ag に正極活物質を Ag に変える
 (ニ) 正極を Ag に正極活物質を Ag^+ に変える
 (ホ) 正極を Pb に正極活物質を Pb に変える
 C : (イ) $1.1 \times 10^5 \text{ C}$ (ロ) $2.2 \times 10^5 \text{ C}$ (ハ) $4.3 \times 10^5 \text{ C}$
 (ニ) $6.5 \times 10^5 \text{ C}$ (ホ) $8.6 \times 10^5 \text{ C}$

- (8) トルエンを濃硫酸と加熱したのち、その溶液を水酸化ナトリウムで中和する。生成する化合物のアルカリ融解を行い、反応終了後に溶液を酸性にすると (A) が生成する。また、トルエンに濃硫酸と濃硝酸の混合物を加えて反応させると、おもに (B) が生成する。ニッケルを触媒として、高温で (B) を水素と反応させると生成する化合物は (C) によく溶ける。

- A : (イ) *p*-クレゾール (ロ) フェノール (ハ) 安息香酸
 (ニ) *p*-トルエンスルホン酸 (ホ) ベンジルアルコール
 B : (イ) *o*-トルエンスルホン酸と *p*-トルエンスルホン酸
 (ロ) *o*-トルエンスルホン酸と *m*-トルエンスルホン酸
 (ハ) *o*-ニトロトルエンと *p*-トルエンスルホン酸
 (ニ) *o*-ニトロトルエンと *p*-ニトロトルエン
 (ホ) *o*-ニトロトルエンと *m*-ニトロトルエン
 C : (イ) 炭酸ナトリウム水溶液 (ロ) 炭酸水 (ハ) 水
 (ニ) 希塩酸 (ホ) 水酸化ナトリウム水溶液

- (9) シクロヘキサンの1つの水素原子が、ある原子団に置き換わった分子式 $C_9H_{18}O$ で表わされる化合物について、可能な構造異性体と光学異性体をすべて考える。そのなかで、ナトリウムと反応して水素を発生する化合物は (A) 種類、ナトリウムと反応しない化合物は (B) 種類、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化されやすい化合物は (C) 種類ある。

A : (イ) 5 (ロ) 6 (ハ) 7 (ニ) 8 (ホ) 9
 B : (イ) 5 (ロ) 6 (ハ) 7 (ニ) 8 (ホ) 9
 C : (イ) 5 (ロ) 6 (ハ) 7 (ニ) 8 (ホ) 9

- (10) 衣類の素材として、羊毛（ウール）や絹（シルク）が用いられている。羊毛や絹の主成分はタンパク質であるため、それらの小片に (A) を加えて加熱すると黄色が強くなり、さらにアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色を示す。一方、合成繊維である (B) には構造中にアミド結合があり、(B) でつくった衣類には絹に近い光沢と肌触りがある。また、(B) は (C) としての性質を示す。

A : (イ) 水酸化ナトリウム水溶液 (ロ) 酢酸 (ハ) 濃塩酸
 (ニ) 濃硫酸 (ホ) 濃硝酸
 B : (イ) ナイロン66 (6,6-ナイロン)
 (ロ) ポリスチレン
 (ハ) ポリビニルアルコール
 (ニ) ポリエチレンテレフタレート
 (ホ) ポリイソプレン
 C : (イ) 熱可塑性樹脂 (ロ) 熱硬化性樹脂 (ハ) 陽イオン交換樹脂
 (ニ) 陰イオン交換樹脂 (ホ) 高吸水性樹脂 (吸水性高分子)

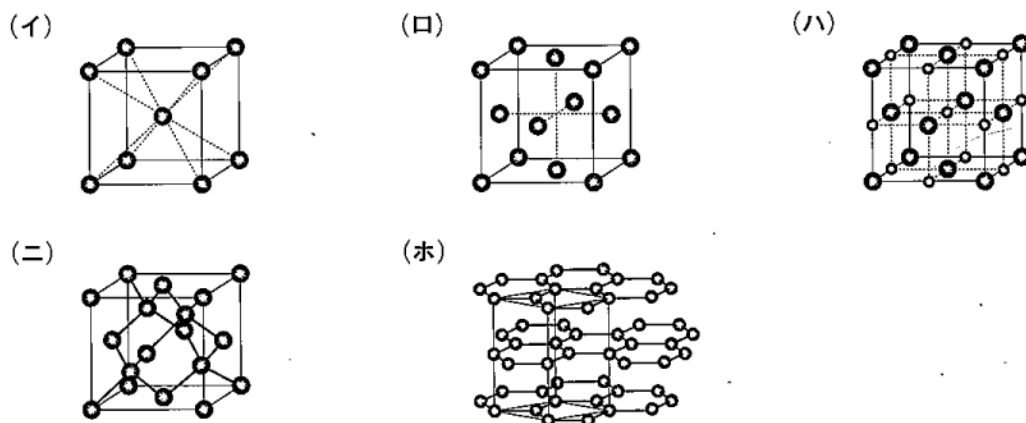
化学（記述解答問題）

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。

ケイ素は、地殻中に（ A ）について多く存在する元素であり、天然には単体として存在せず、二酸化ケイ素やケイ酸塩として存在する。^(問3,4)ケイ素は、工業的には二酸化ケイ素を加熱融解し炭素を用いて還元してつくられる。^(問5)ケイ素を、塩化水素ガスと反応させてクロロシラン $\text{SiH}_{4-n}\text{Cl}_n$ ($n = 1, 2, 3, 4$) とし、蒸留により高純度化した後に^(問6,7)単体に戻すと超高純度ケイ素が得られる。^(問8)二酸化ケイ素は、フッ化水素酸と反応する。また、^(問9)二酸化ケイ素は、炭酸ナトリウムとともに融解するとケイ酸ナトリウムとなり、これに水を加えて加熱すると、^(問10)水ガラスとなる。水ガラスの水溶液に酸を加えるとケイ酸となり、これを乾燥させるとシリカゲルが得られる。

問1 （ A ）にあてはまる元素を答えなさい。

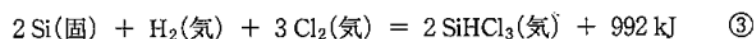
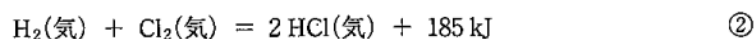
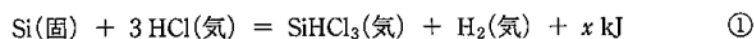
問2 ケイ素の結晶構造としてもっとも適切なものを以下の（イ）～（ホ）から選び、記号で答えなさい。



問3 この反応を化学反応式で書きなさい。

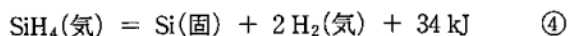
問4 1.0 mol の二酸化ケイ素が炭素と過不足なく反応したとき、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、2200 K で何 L の気体が発生するか、有効数字を考慮して答えなさい。

問5 $n = 3$ の SiHCl_3 では、熱化学方程式①が成立する。必要に応じて、熱化学方程式②、③を参照し、①の反応熱 x の値を答えなさい。



問6 ケイ素は問5の熱化学方程式①に対応する可逆反応で得られる。この反応でケイ素の生成量を増やすためには、温度、HCl の分圧、 H_2 の分圧をどのようにしたら良いか、それぞれの項目について、（イ）高くする、（ロ）低くする、（ハ）無関係、のうちから選び、記号で答えなさい。

問7 半導体産業では、ケイ素の原料としてクロロシラン以外にシラン SiH_4 も用いられる。シランからのケイ素の生成では、次の熱化学方程式④が成り立つ。



この熱化学方程式④に対応する反応の反応速度定数 k は、ある温度範囲で式⑤にしたがう。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \quad \text{⑤}$$

ここで、 A は定数、 T は絶対温度、 E_a は活性化エネルギー、 $R = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ である。 $E_a = 100 \text{ kJ/mol}$ であるとき、温度を 800 K から 900 K に変化させると反応速度定数は 10^y 倍になる。 y の値を小数点以下第一位まで求め答えなさい。必要ならば次の数値を用いなさい。 $\log_{10} e = 0.43$

問8 この反応を化学反応式で書きなさい。

問9 この反応を化学反応式で書きなさい。

問10 シリカゲルは、乾燥剤として利用されている。シリカゲルが水を効率よく吸着する理由として適切なものを以下の(イ)～(ヲ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|-----------------|-----------------|--------------------|
| (イ) 多孔質であるため | (ロ) アモルファスであるため | (ハ) 結晶であるため |
| (ニ) 表面に疎水基を持つため | (ホ) 表面に親水基を持つため | (ヘ) 共有結合するため |
| (ト) イオン結合するため | (チ) 粘性が高いため | (リ) 表面積が大きいため |
| (ヌ) 水を分解するため | (ル) 触媒作用があるため | (ヲ) 青色から淡赤色に変化するため |

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで、問1～問10の答えを記述解答用紙の該当欄に記入しなさい。なお、構造式を書く場合、ベンゼン環は  のように書きなさい。

- (1) 2つのエステル結合をもち、それ以外は炭素と水素からなる化合物Aがある。^(反応1)化合物Aに過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に加水分解させた。反応終了後の溶液に有機溶媒を加え、^(問1)分液ろうとうを使った分離操作(分液操作)により、有機層①と水層②の2層に分離した。有機層①は化合物Bを含んでいた。水層②に希塩酸を加えて中和し、得られた溶液に有機溶媒を加え、分液操作により有機層③と水層④に分離した。有機層③は化合物C、Dを含んでおり、どちらもカルボン酸であった。水層④に有機化合物は含まれていなかった。

化合物Bは分析の結果、分子量は200以下であることがわかった。化合物B 12.2 mgを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 35.2 mg と水 9.0 mg が生じた。化合物Bを過マンガン酸カリウム水溶液と反応させたところ、化合物Bはすべて安息香酸となった。^(問2)化合物Bを水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させたところ、化合物Eと特異な臭いをもつ黄色沈殿が生じた。また、^(問3)化合物Bに触媒量の濃硫酸を加えて加熱したところ、化合物Fを得た。化合物Fの炭素数は化合物Bの炭素数と同じであった。

白金触媒を用いて化合物C 1.46 gを水素と完全に反応させたところ、標準状態で 4.48×10^2 mLの水素が反応し、ベンゼンの1置換体を得た。

化合物Dに過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に反応させたところ化合物Gが生成した。^(問5)化合物Gを含む水溶液に二酸化炭素を十分通じると生成する化合物Hは、ナトリウムフェノキシドに高温高圧下で二酸化炭素を作用させたときに生成する化合物と一致した。

問1 この操作において、有機層①が上層となるようにしたい。適切な有機溶媒を1つ化合物名で書きなさい。

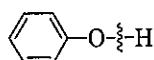
問2 この反応においては、1 molの化合物Bが6 molの水酸化ナトリウム、4 molのヨウ素と反応する。この反応を化学反応式で書きなさい。ただし、化合物B、Eは構造式で書きなさい。

問3 この反応を化学反応式で書きなさい。ただし、化合物B、Fは構造式で書きなさい。

問4 化合物Cの炭素原子数は9であった。化合物Cの構造式を書きなさい。

問5 この反応を化学反応式で書きなさい。化合物G、Hは構造式で書きなさい。

問6 化合物Aの構造式を書き、(反応1)において加水分解により切断される結合を下記の例にならって波線で示しなさい。



- (2) セルロースは多数の β -グルコースがグリコシド結合してできた高分子化合物である。セルロース分子を構成するグルコースの構造単位には (X) 個のヒドロキシ基があり、セルロース分子間で多数の (Y) が形成されるため、分子同士が強く結びつき繊維状となる。また、酵素セルラーゼでセルロースを加水分解するとセロビオースが生成する。^(問8) グルコースは、水溶液中では、図1のように環状構造または鎖状構造をもつ3種類の分子が一定の割合で存在しており、フェーリング液を還元する。^(問10)

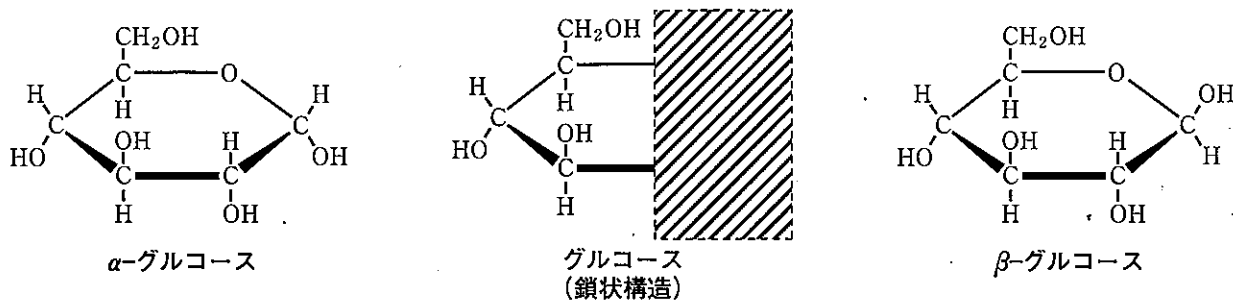


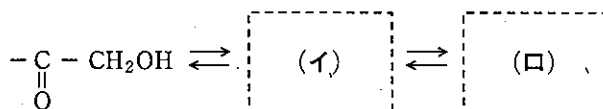
図1 グルコース水溶液中に存在する3種類の分子

問7 (X), (Y) にあてはまる数値または語句を答えなさい。

問8 酵素セルラーゼを用いてセルロース 72 g を加水分解したところ、セルロースの 60% がセロビオースになった。生成したセロビオースは何 g か、答えなさい。

問9 図1ではグルコース (鎖状構造) の構造が斜線領域で一部かくされている。α-グルコースやβ-グルコースの表記にならって、解答欄の空白部分を完成させなさい。

問10 フルクトースもグルコースと同じようにその水溶液は還元性を示す。それは、フルクトース水溶液に存在する鎖状構造の末端が以下の (イ), (ロ) のように変化し、(ロ) が、グルコース水溶液の還元性の原因となる官能基と同じ官能基をもつからである。(イ), (ロ) に該当する構造を左の構造にならって書きなさい。



[以下余白]