

化 学 問 題

(この問題は5題からなっている)

受験についての注意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答用紙への記入には、必ず**HBの黒鉛筆**を使用しなさい。
3. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしてはならない。採点が不可能になる。
4. 合図があったら、解答用紙の左上部の空欄に**受験番号**を記入しなさい。
5. 試験中にページの脱落等気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。解答用紙の汚れ等気づいた場合も、同様に知らせなさい。
6. 解答は解答用紙の指定された場所に記入し、その他の部分には何も書いてはならない。
7. 解答にあたっては、マークすることを要求された欄を
マーク例に従ってぬりつぶしなさい。
たとえば、aにマークするときは、 $\overset{a}{\bullet}\overset{b}{\circ}\overset{c}{\circ}$ のように
マークする。
8. 一度記入したマークを消す場合には、消しゴムできれいに消さねばならない。
×をつけても消したことはない。
9. 計算や下書きは、問題冊子の余白を利用しなさい。
10. 計算機を使用してはならない。また、携帯電話やスマートフォンなどの通信機器は、必ず電源を切って鞆の中にしまいなさい。
11. 不正行為に対しては厳正に対処する。不正行為を行った場合、その時点で化学の受験を停止とする。さらに、数学の受験を無効とする。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
●	● × ●

1 問1～問8に答えなさい。

問1 第2周期と第3周期の元素に関する記述 a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

- a 元素の原子番号が大きいほど、価電子の数が増える。
- b 酸化物イオンの電子配置は、ネオン原子の電子配置と同じである。
- c ネオンの単体は、酸素分子と容易に反応する。
- d フッ素原子の第1イオン化エネルギーは、ナトリウム原子の第1イオン化エネルギーより小さい。
- e 酸素原子の電気陰性度は、マグネシウム原子の電気陰性度より小さい。

問2 440 gの二酸化炭素に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。ただし、原子量は C = 12, O = 16 とし、アボガドロ数 (6.02×10^{23}) を N とする。

- a 電子の数は、 $220N$ である。
- b 原子核の数は、 $30N$ である。
- c 酸素原子の数は、 $20N$ である。
- d 共有結合に使われている電子の数は、 $40N$ である。
- e 非共有電子対の数は、 $40N$ である。

問3 分子またはイオン a～eのうち、その形が正四面体形であるものを1つ選びなさい。

- a アセチレン
- b 二酸化炭素
- c オゾン
- d アンモニウムイオン
- e オキシニウムイオン

問4 次のア～ウの性質をすべてみたす分子の組合せとして正しいものを a～e から1つ選びなさい。

ア 常温・常圧で無色の気体である。

イ 特有の臭気がある。

ウ 水に溶解すると、その水溶液は酸性を示す。

a オゾン と 酸素

b 臭素 と ヨウ素

c 硫化水素 と 二酸化硫黄

d アンモニア と 一酸化窒素

e 一酸化炭素 と 二酸化炭素

問5 金属に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

a 金属結晶は、自由電子が結晶中を移動するため電気伝導性にすぐれる。

b 金属結晶は、たたいて箔にしたり引き延ばして線にしたりすることができる。

c 金属の結晶格子のうち、体心立方格子の単位格子の充填率は、面心立方格子の単位格子の充填率より小さい。

d 金属の結晶格子のうち、六方最密構造の単位格子中に含まれる原子の数は、面心立方格子の単位格子中に含まれる原子の数より大きい。

e アモルファス合金は、融解している高温の合金を急速冷却することで得られる。

問6 リンに関する記述 a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

a 黄リンは毒性が小さく、マッチの発火薬として用いられている。

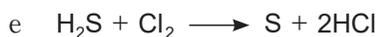
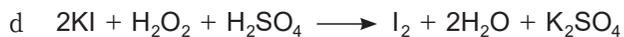
b 赤リンを窒素中で250℃付近で長時間加熱すると、黄リンになる。

c 十酸化四リンは空気中で自然発火するため、水中で保存する。

d リン酸は潮解性のある無色の結晶である。

e リン酸は二価の強酸である。

問7 反応式 a～e のうち、反応が進行しないものを1つ選びなさい。



問8 次の記述ア～ウにあてはまる酸化物 CaO, CuO, ZnO の組合せとして正しいものを a～f から選びなさい。

ア 水に溶けると、多量の熱を放出し、その水溶液は強い塩基性を示す。

イ 過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶け、そこに硫化水素を通じると白色の沈殿が生じる。

ウ 希塩酸を加えると溶け、そこに硫化水素を通じると黒色の沈殿が生じる。

	ア	イ	ウ
a	ZnO	CuO	CaO
b	ZnO	CaO	CuO
c	CaO	ZnO	CuO
d	CaO	CuO	ZnO
e	CuO	CaO	ZnO
f	CuO	ZnO	CaO

2 問1～問3に答えなさい。

問1 (1)～(3)に答えなさい。ただし、酢酸の電離定数 K_a は 2.5×10^{-5} mol/L, $\log_{10} 2.0 = 0.30$ とする。

(1) 1.0×10^{-2} mol/L の酢酸水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| a 2.7 | b 3.1 | c 3.3 |
| d 3.4 | e 3.6 | f 3.9 |

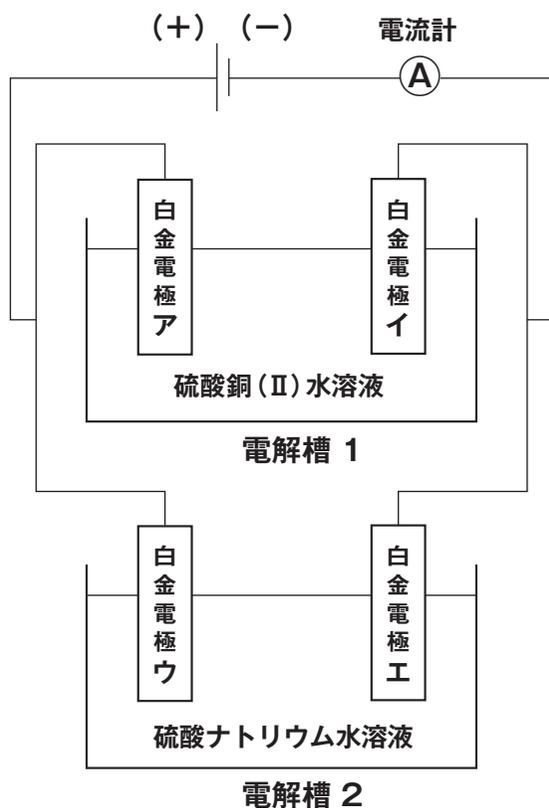
(2) 2.5×10^{-1} mol/L の酢酸水溶液の電離度はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|---------|---------|---------|
| a 0.010 | b 0.016 | c 0.020 |
| d 0.025 | e 0.050 | f 0.063 |

(3) 1.0×10^{-2} mol/L の酢酸水溶液 20 mL に、 2.5×10^{-1} mol/L の酢酸水溶液 10 mL と 5.0×10^{-1} mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 10 mL を加えてよく混ぜ、さらに水を加えて全量を 100 mL とした。この水溶液中の水素イオン濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| a 1.4×10^{-6} | b 2.7×10^{-6} | c 1.4×10^{-5} |
| d 2.7×10^{-5} | e 1.4×10^{-4} | f 2.7×10^{-4} |

問2 硫酸銅(Ⅱ)水溶液と硫酸ナトリウム水溶液をそれぞれ電解槽 1 と電解槽 2 に入れ、図のように並列に接続した。0.500 A の一定電流を 2895 秒間通じて電気分解を行ったところ、白金電極イには銅が 0.160 g 析出した。(1) ~ (4) に答えなさい。ただし、原子量は $\text{Cu} = 64$ とする。また、ファラデー定数 F は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とし、電気エネルギーはすべて電気分解に使われたものとする。なお、電解槽 1 と電解槽 2 の水溶液には、電気分解を行うのに十分な量の溶質が溶けていたものとする。



図

(1) 白金電極アで発生した気体の物質量は何 mol か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| a | 1.25×10^{-3} | b | 2.50×10^{-3} | c | 3.75×10^{-3} |
| d | 5.00×10^{-3} | e | 7.50×10^{-3} | f | 1.00×10^{-2} |

(2) 電解槽 **2** に流れた電子の物質量は何 mol か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| a | 2.50×10^{-3} | b | 5.00×10^{-3} | c | 1.00×10^{-2} |
| d | 1.25×10^{-2} | e | 1.50×10^{-2} | f | 2.00×10^{-2} |

(3) 白金電極 **工** で発生した気体の物質量は何 mol か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|---|-----------------------|
| a | 1.25×10^{-3} | b | 2.50×10^{-3} | c | 3.75×10^{-3} |
| d | 5.00×10^{-3} | e | 7.50×10^{-3} | f | 1.00×10^{-2} |

(4) 電気分解後、電解槽 **1** の水溶液の体積は 500 mL であった。この水溶液 20.0 mL を過不足なく中和するには、 2.00×10^{-2} mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が何 mL 必要か。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、この中和反応では水酸化銅(II)の沈殿は生じないものとする。

- | | | | | | |
|---|------|---|------|---|------|
| a | 5.00 | b | 10.0 | c | 15.0 |
| d | 20.0 | e | 30.0 | f | 40.0 |

問3 1.0×10^{-2} mol のバリウムイオンを含む水溶液 2.0 L に硫酸ナトリウムを少しずつ加えて溶かしていく。硫酸バリウムの沈殿が生じ始めるときの水溶液中の硫酸イオン濃度 [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、硫酸バリウムの溶解度積 K_{sp} は 1.0×10^{-10} (mol/L)² とする。また、硫酸ナトリウムの溶解や硫酸バリウムの沈殿が生じることによる水溶液の温度変化と体積変化は無視できるものとする。

a 1.0×10^{-8}

b 2.0×10^{-8}

c 5.0×10^{-8}

d 1.0×10^{-7}

e 2.0×10^{-7}

f 5.0×10^{-7}

3 問1～問3に答えなさい。

問1 気体に関する(1)～(3)に答えなさい。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。また、気体定数 R は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、原子量は $\text{H} = 1.0$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$ とする。

(1) 容積が自由に変えられる真空の密閉容器に、 1.14 g のアルカン X を入れ、容器内の温度を $177 \text{ }^\circ\text{C}$ に保ったところ、X はすべて気体となった。このとき、容器内の圧力は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、容積は 0.375 L であった。X として適切なものを a～f から選びなさい。なお、選択肢 a～f の () 内の数字は、各アルカンの分子量を示している。

- | | | | | | |
|---|-----------|---|----------|---|-----------|
| a | ペンタン(72) | b | ヘキサン(86) | c | ヘプタン(100) |
| d | オクタン(114) | e | ノナン(128) | f | デカン(142) |

(2) 容積が自由に変えられる真空の密閉容器に、 1.14 g のアルカン X と 5.76 g の酸素 O_2 を入れ、容器内の温度を $177 \text{ }^\circ\text{C}$ に保ったところ、容器内に存在する物質はすべて気体となった。容器内の圧力が $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、容器の容積は何 L か。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、この条件では X と O_2 は反応しないものとする。

- | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|
| a | 2.6 | b | 3.0 | c | 4.0 |
| d | 4.4 | e | 6.7 | f | 7.1 |

(3) (2) の状態の混合気体に点火し、アルカン X を完全燃焼させたのち、容器内の温度を $177 \text{ }^\circ\text{C}$ 、圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。このときの容器の容積は何 L か。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、燃焼後に容器内に存在する物質はすべて気体であった。

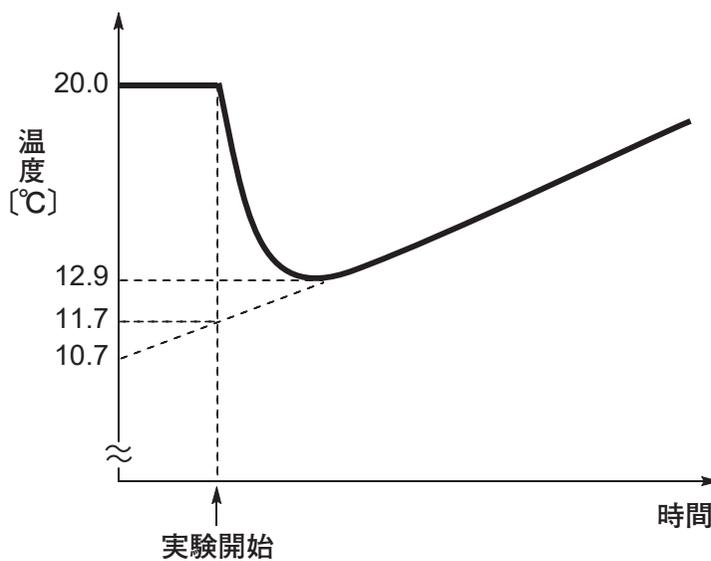
- | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|
| a | 3.0 | b | 3.4 | c | 5.0 |
| d | 5.4 | e | 6.3 | f | 8.4 |

問2 室温が20.0℃の部屋で、以下の実験を行った。

実験

ビーカーに20.0℃の水179.8gを入れ、次に固体の硝酸カリウム20.2gを溶かして、一定時間、水溶液の温度を測定し、グラフとして表した(図)。

(1)～(3)に答えなさい。ただし、硝酸カリウムの式量は101とし、硝酸カリウム水溶液の比熱は4.20 J/(g・K)とする。



図

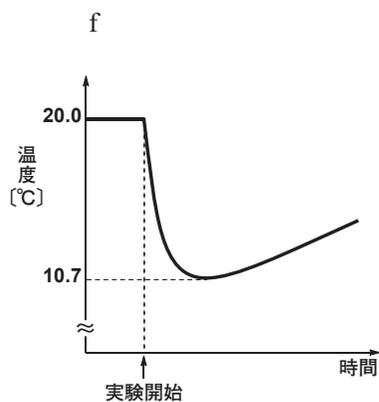
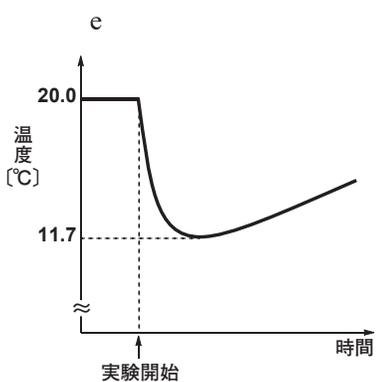
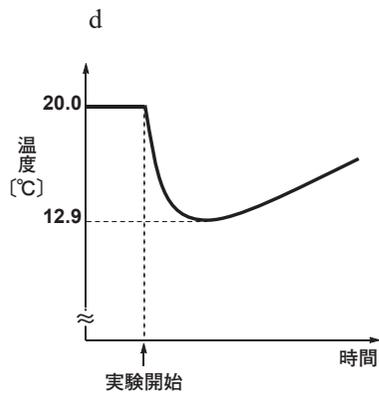
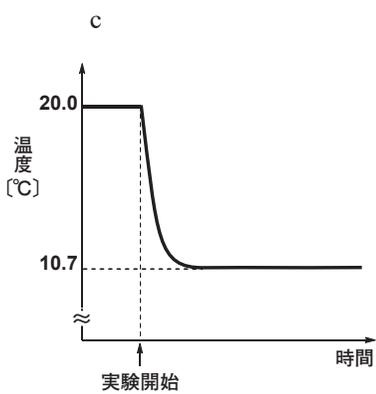
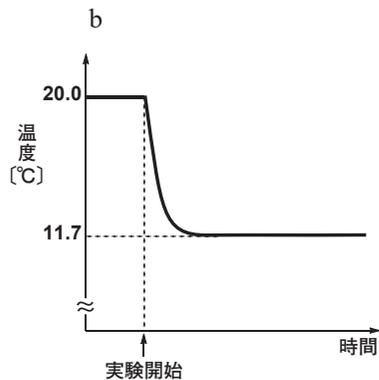
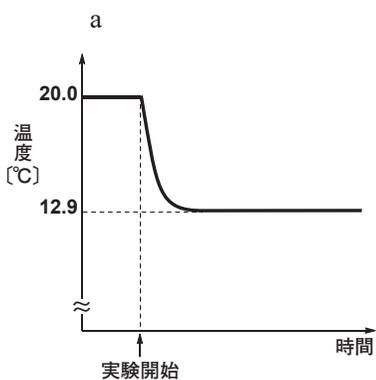
- (1) 硝酸カリウム20.2gが水179.8gに溶解するときに吸収された熱量は何kJか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| a 6.0 | b 7.0 | c 7.8 |
| d 9.0 | e 9.8 | f 11 |

- (2) この実験から求められる硝酸カリウムの溶解熱は何kJ/molか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| a -39 | b -35 | c -30 |
| d 30 | e 35 | f 39 |

- (3) 容器の内部と外部の間で熱の出入りがない理想的な断熱容器を使って、同じ実験を行ったときの水溶液の温度変化を示したグラフはどれか。a～fから選びなさい。



問3 水 500 g に塩化カルシウム 1.11 g を溶かした水溶液と凝固点と同じグルコース水溶液をつくるには、水 500 g にグルコースを何 g 溶かせばよいか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、塩化カルシウムの式量は 111、グルコースの分子量は 180 とする。また塩化カルシウムは水溶液中で完全に電離するものとする。

a 0.90

b 1.8

c 2.7

d 3.6

e 5.4

f 7.2

4 問1～問6に答えなさい。

問1 分子式が C_4H_8O で鎖状構造をもつ化合物に関する(1)～(3)に答えなさい。
ただし、立体異性体については考えないものとする。

(1) アルデヒドは何種類あるか。a～eから選びなさい。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| a 1 | b 2 | c 3 |
| d 4 | e 5 | |

(2) エーテル結合をもつものは何種類あるか。a～eから選びなさい。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| a 1 | b 2 | c 3 |
| d 4 | e 5 | |

(3) 不斉炭素原子をもつものは何種類あるか。a～eから選びなさい。

- | | | |
|-----|-----|-----|
| a 1 | b 2 | c 3 |
| d 4 | e 5 | |

問2 異性体に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

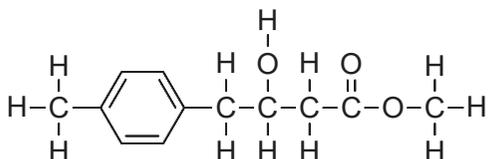
- a エタノールとジメチルエーテルは互いに構造異性体である。
- b フタル酸とテレフタル酸は互いに構造異性体である。
- c フマル酸とマレイン酸は互いにシス-トランス異性体(幾何異性体)である。
- d シス-2-ブテンとトランス-2-ブテンの物理的性質(融点, 沸点など)は同じである。
- e 2-ペンタノールには鏡像異性体が存在する。

問3 脂肪族炭化水素に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a メタンは、実験室では、酢酸ナトリウム(無水塩)と水酸化ナトリウムを加熱して得られる。
- b エチレンは、実験室では、エタノールと濃硫酸の混合物を 160～170℃に加熱して得られる。
- c エチレンに臭素を付加させると、1,2-ジブロモエチレンになる。
- d アセチレンに触媒を用いて水を付加させると、アセトアルデヒドが得られる。
- e アセチレンをアンモニア性硝酸銀水溶液に通すと、銀アセチリドが生成する。

問4 有機化合物 X の合成に関する記述を読み、X の構造式を書きなさい。ただし、構造式は、例にならってすべての原子および価標(共有結合を表す線)を略さず書きなさい。なお、ベンゼン環を構成する炭素原子およびそれに結合した水素原子は省略してよい。

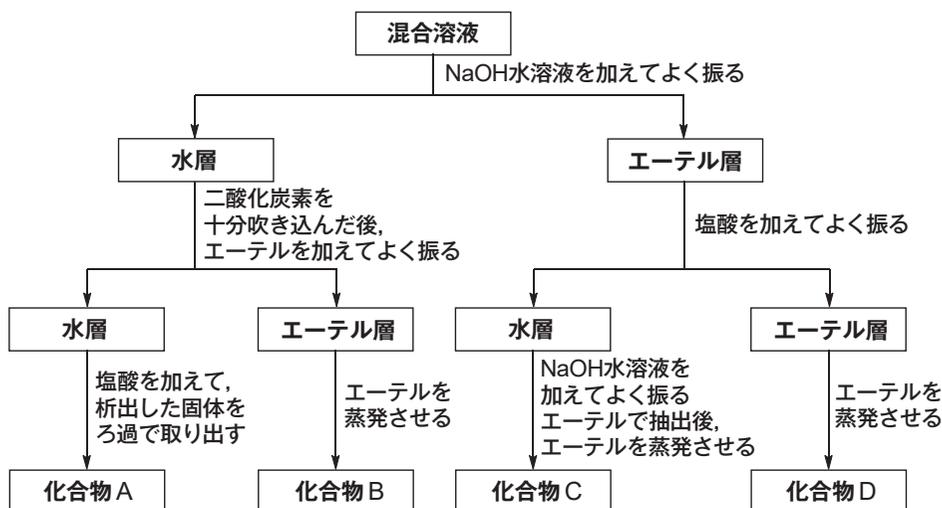
例：



クロロベンゼンに、高温・高圧下で水酸化ナトリウム水溶液を反応させると化合物 A が得られる。A に、高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させると化合物 B が生成する。B に希硫酸を作用させると、化合物 C が得られる。C にメタノールと少量の濃硫酸を加え、加熱すると有機化合物 X が生成する。

問5 分子式が C_5H_{12} のアルカン Y に、紫外線照射下で塩素と反応させ、水素原子 1 個を塩素原子で置換すると分子式 $C_5H_{11}Cl$ で表される 1 種類の化合物のみが生成した。Y の構造式を書きなさい。ただし、構造式は、問 4 の例にならってすべての原子および価標(共有結合を表す線)を略さず書きなさい。

問6 アニリン、フェノール、安息香酸、ニトロベンゼンを溶解させたジエチルエーテル溶液がある。図のような操作によって、この混合溶液中の各化合物を分離した。記述 a～e のうち、誤っているものを1つ選びなさい。



図

- a トルエンを酸化すると、ベンズアルデヒドを経て化合物 A になる。
- b 化合物 B に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、紫色を呈する。
- c 化合物 C に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えると、水に不溶の黒色物質を生じる。
- d 化合物 C の希塩酸溶液を氷冷しながら、亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた後、室温まで温度を上げると、化合物 D になる。
- e 化合物 D に濃塩酸とスズを加えて加熱した後、水酸化ナトリウム水溶液で塩基性にすると、化合物 C になる。

5 問1～問3に答えなさい。

問1 糖に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 鎖状構造のフルクトースはホルミル基をもたないが、フルクトースの水溶液は還元性を示す。
- b フルクトースの $-OH$ の数は六員環構造、鎖状構造、五員環構造のすべてにおいて同じである。
- c グルコース 1 mol を完全にアルコール発酵させると、エタノール 1 mol と二酸化炭素 4 mol が生じる。
- d セルロースに希硫酸を加えて加熱し、完全に加水分解すると、グルコースが得られる。
- e トレハロースは2分子の α -グルコースの1位の $-OH$ どうしで脱水縮合しているため、その水溶液は還元性を示さない。

問2 核酸に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a 核酸には、遺伝子の本体である DNA と、タンパク質合成に関与する RNA がある。
- b スクレオチドは、窒素を含む環状構造の塩基（核酸塩基）とリン酸と五炭糖が結合した核酸の構成単位である。
- c DNA と RNA のスクレオチドを構成する糖は、いずれもデオキシリボースである。
- d DNA は、2本のポリヌクレオチド鎖からなる二重らせん構造をしている。
- e RNA の核酸塩基は、アデニン、グアニン、シトシン、ウラシルである。

問3 イオン交換樹脂に関する記述 a～eのうち、誤っているものを1つ選びなさい。

- a スチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体に $-\text{SO}_3\text{H}$ などの酸性官能基を導入したものを陽イオン交換樹脂という。
- b 硫酸銅(II)水溶液を陽イオン交換樹脂に通すと、流出液の pH は大きくなる。
- c スチレンと *p*-ジビニルベンゼンの共重合体に $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ などの塩基性官能基を導入したものを陰イオン交換樹脂という。
- d 陰イオン交換樹脂は、使用後、水酸化ナトリウム水溶液を通すことで、元の陰イオン交換樹脂に再生される。
- e 陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂をそれぞれカラム(筒状の容器)に詰め、塩化ナトリウム水溶液を順次通じると、純粋な水が得られる。

