

# 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. 試験中に問題冊子のページの脱落等に気づいた場合は、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙の記入には、必ず**HBの黒鉛筆**または**シャープペンシル(HB, 0.5 mm 芯以上)**を用いること。
4. 解答用紙を折り曲げたり、破いたり、汚したりしないこと。
5. 合図があったら**解答用紙に受験番号**を記入し、マーク欄に**マーク**すること。また、**氏名とふりがな**を記入すること。
6. マーク式の解答にあたっては、解答用紙の該当する箇所を**マーク例**に従ってぬりつぶしなさい。一度記入したマークを消す場合は、消しゴムできれいに消しなさい。×をつけても消したことはない。例えば a にマークするとき、 $\overset{a}{\bullet}\overset{b}{\circ}\overset{c}{\circ}$  のようにマークする。
7. 解答がマーク式でないものについては、指定の場所に解答を記入すること。
8. 解答用紙の指定された場所以外には何も書いてはならない。
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り、鞆の中にしまいなさい。**
11. 不正行為には厳正に対処する。不正行為を行った場合は、その時点で受験を停止とする。
12. 試験終了後、この問題冊子を持ち帰りなさい。

マーク例

良	不良
●	● <del>○</del> ○

1 問1～問8に答えなさい。

問1 物質の組合せ a～eのうち、いずれも純物質であるものを1つ選びなさい。

- a エタノールと石油                      b 石灰水と消石灰  
c ドライアイスと水                      d 塩化ナトリウムと塩酸  
e 一円硬貨と十円硬貨

問2 イオン a～eのうち、イオン半径が最も小さいものを1つ選びなさい。

- a  $O^{2-}$                       b  $F^{-}$                       c  $Na^{+}$   
d  $Mg^{2+}$                       e  $Al^{3+}$

問3 分子またはイオン a～eのうち、共有電子対の組数と非共有電子対の組数が同じものを1つ選びなさい。

- a  $N_2$                       b  $CO_2$                       c HF  
d  $NH_4^{+}$                       e  $H_3O^{+}$

問4 記述 a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

- a 塩化水素 HCl はイオン結合からなる化合物である。  
b カルシウムイオン  $Ca^{2+}$  の電子数とネオン原子 Ne の電子数は等しい。  
c ナトリウム原子 Na は塩素原子 Cl よりも第一イオン化エネルギーが大きい。  
d  $^{16}O$  と  $^{18}O$  は互いに同素体の関係にある。  
e  $^1H$  と  $^{16}O$  からなる水 1 分子に含まれる中性子の数は 8 である。

問5 酸化物の組合せ a～e のうち、その分類が正しいものを1つ選びなさい。

	酸性酸化物	両性酸化物	塩基性酸化物
a	CaO	ZnO	Na <sub>2</sub> O
b	Na <sub>2</sub> O	MgO	NO <sub>2</sub>
c	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>
d	NO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
e	P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	ZnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

問6 記述 a～e のうち、下線部 **ア** の化合物 1 mol がすべて反応したとき、生成する下線部 **イ** の気体の物質量が最も少ないものを1つ選びなさい。

- a **ア** 炭酸水素ナトリウムに希塩酸を加えると、**イ** 二酸化炭素が生成する。
- b **ア** 過酸化水素水に酸化マンガン(IV)を加えると、**イ** 酸素が生成する。
- c **ア** 塩素酸カリウムに酸化マンガン(IV)を加えて加熱すると、**イ** 酸素が生成する。
- d **ア** 硫化鉄(II)に希硫酸を加えると、**イ** 硫化水素が生成する。
- e **ア** 亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加えると、**イ** 二酸化硫黄が生成する。

問7 窒素を含む化合物に関する記述 a～e のうち、**誤っているもの**を1つ選びなさい。

- a 硝酸は、揮発性のある無色の液体で水に溶けやすい。
- b 二酸化窒素は、水への溶解性が低いいため、水上置換で捕集することができる。
- c 二酸化窒素は、常温では一部が四酸化二窒素に変化する。
- d 一酸化窒素は、空気に触れると次第に赤褐色を帯びた気体へと変化する。
- e 一酸化窒素は、銅の単体に希硝酸を加えると発生する。

問8 次の記述Ⅰ～Ⅲの空欄 **ア** ～ **ウ** にあてはまる陽イオンの組合せ a～fのうち、正しいものを1つ選びなさい。

Ⅰ： **ア** を含む水溶液にクロム酸カリウム水溶液を加えると、黄色の沈殿が生じた。

Ⅱ： **イ** を含む水溶液にアンモニア水を少量加えると沈殿が生じたが、その沈殿はさらに過剰にアンモニア水を加えると溶けた。

Ⅲ： **ウ** を含む酸性水溶液に硫化水素を通じると、黒色の沈殿が生じた。

	ア	イ	ウ
a	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Cu}^{2+}$
b	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Cu}^{2+}$
c	$\text{Ag}^{+}$	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$
d	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$
e	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{Zn}^{2+}$
f	$\text{Ag}^{+}$	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$

(この頁は余白)

**2** 問1～問3に答えなさい。

問1  $5.0 \times 10^{-2}$  mol/L のアンモニア水の pH が 11.0 であった。(1)～(3)に答えなさい。ただし、水のイオン積  $K_w$  は  $1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup> とする。

(1) アンモニアの電離定数  $K_b$  [mol/L] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $1.0 \times 10^{-5}$ | b | $2.0 \times 10^{-5}$ | c | $2.5 \times 10^{-5}$ |
| d | $3.0 \times 10^{-5}$ | e | $4.0 \times 10^{-5}$ | f | $5.0 \times 10^{-5}$ |

(2)  $5.0 \times 10^{-2}$  mol/L のアンモニア水 150 mL に塩化アンモニウム **ア** g を加えてよく混ぜ、さらに水を加えて全量を 500 mL にしたところ、この水溶液の pH は 10.0 であった。**ア** はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、塩化アンモニウムの式量は 53.5 とする。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $1.8 \times 10^{-2}$ | b | $2.7 \times 10^{-2}$ | c | $5.4 \times 10^{-2}$ |
| d | $6.0 \times 10^{-2}$ | e | $7.5 \times 10^{-2}$ | f | $8.0 \times 10^{-2}$ |

- (3)  $5.0 \times 10^{-2}$  mol/L のアンモニア水 300 mL に  $1.0 \times 10^{-1}$  mol/L の希塩酸 100 mL を加えてよく混ぜ、さらに水を加えて全量を 500 mL にした。この水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。

a 5.0

b 6.0

c 7.0

d 8.0

e 9.0

f 10.0

問2 実験ⅠとⅡに関する(1)～(4)に答えなさい。

実験Ⅰ：チオ硫酸ナトリウム五水和物  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   g を水に溶かし、  
 $1.00 \times 10^{-1}$  mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液 500 mL をつくった(A 液)。

実験Ⅱ：濃度のわからないヨウ素溶液 (ヨウ化カリウムを含む) 25.0 mL をコニカル  
ビーカーに入れ、これに A 液を  から滴下して酸化還元滴定を行った。  
終点間近で溶液の褐色がうすくなったのちに指示薬として  を加えると  
溶液が  色になった。さらに A 液を滴下し、滴定を開始してからの  
A 液の滴下量が 20.0 mL に達したときに溶液中のヨウ素  $\text{I}_2$  がすべて反応し、  
溶液が  色になった。

(1)  はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   
の式量は 158、 $\text{H}_2\text{O}$  の分子量は 18 とする。

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| a 3.95 | b 6.20 | c 7.90 |
| d 12.4 | e 15.8 | f 24.8 |

(2)  にあてはまるガラス器具を a～f から選びなさい。

- |           |          |           |
|-----------|----------|-----------|
| a ホールピペット | b 駒込ピペット | c 分液ろうと   |
| d メスフラスコ  | e ビュレット  | f メスシリンダー |

- (3) **工** ～ **カ** にあてはまる語の組合せとして、正しいものを a～f から選びなさい。

	工	オ	カ
a	プロモチモールブルー液	黄	無
b	プロモチモールブルー液	無	青紫
c	プロモチモールブルー液	青紫	無
d	デンプン水溶液	青紫	無
e	デンプン水溶液	黄	青紫
f	デンプン水溶液	無	青紫

- (4) 実験Ⅱにおいてコニカルビーカーへ滴下した A 液 20.0 mL と反応した  $I_2$  の物質質量 [mol] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、 $Na_2S_2O_3$  と  $I_2$  は次のように反応するものとする。



- a  $2.50 \times 10^{-4}$       b  $5.00 \times 10^{-4}$       c  $6.25 \times 10^{-4}$   
 d  $1.00 \times 10^{-3}$       e  $2.00 \times 10^{-3}$       f  $4.00 \times 10^{-3}$

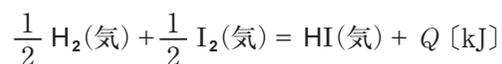
- 問3 多孔質の白金電極を負極と正極に用い、水素と酸素の反応を利用して電流をとり出す電池を燃料電池という。負極活物質に水素、正極活物質に酸素、電解液にリン酸水溶液を用いた燃料電池から、2.0 A の一定電流を 2895 秒間とり出した。このとき、負極で消費した水素の物質質量 [mol] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、ファラデー定数  $F$  は  $9.65 \times 10^4$  C/mol とする。また、消費した水素が放出した電子は、すべて電流をとり出すことに使われたものとする。

- a  $1.5 \times 10^{-2}$       b  $2.0 \times 10^{-2}$       c  $3.0 \times 10^{-2}$   
 d  $4.5 \times 10^{-2}$       e  $6.0 \times 10^{-2}$       f  $7.5 \times 10^{-2}$

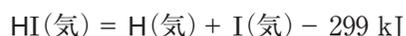
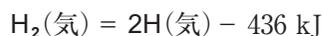
3 問1と問2に答えなさい。

問1 (1)～(4)に答えなさい。

- (1) 水素  $\text{H}_2$  とヨウ素  $\text{I}_2$  を密閉容器に封入して高温に保つと、 $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  が反応してヨウ化水素  $\text{HI}$  ができる。 $\text{HI}$  の生成反応の熱化学方程式は次式で表される。

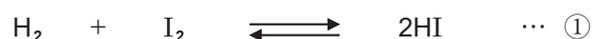


生成熱  $Q$  [kJ/mol] はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、 $\text{H}-\text{H}$ 、 $\text{I}-\text{I}$ 、 $\text{H}-\text{I}$  のそれぞれの結合エネルギーは以下の熱化学方程式で表される。



- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| a - 888 | b - 440 | c - 4.5 |
| d 4.5   | e 440   | f 888   |

- (2)  $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  が反応して  $\text{HI}$  ができる反応は、①式で示される可逆反応である。



この可逆反応に関する実験1を行った。

実験1：容積  $V$  [L] の真空の密閉容器 A 内に、0.50 mol の  $\text{H}_2$  と 0.50 mol の  $\text{I}_2$  を封入し、容器内を  $T_1$  [°C] に保ち、十分な時間の後、①式に表される平衡状態に達したことを確認した。このとき、容器内には 0.80 mol の  $\text{HI}$  が生成していた。

実験1における平衡定数  $K_1$  はいくらか。最も近い数値を a～f から選びなさい。ただし、 $\text{H}_2$ 、 $\text{I}_2$ 、 $\text{HI}$  はすべて気体であるものとする。

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| a 2.6 | b 7.1 | c 10  |
| d 16  | e 64  | f 260 |

(3) 実験1を行ったあと、引き続き実験2を行った。

実験2:容器A内の温度を  $T_1$  [°C] から  $T_2$  [°C] に上げ ( $T_1 < T_2$ ), 十分な時間の後、平衡状態に達したことを確認した。

実験2における平衡定数を  $K_2$  としたとき,  $K_1$  と  $K_2$  の大小関係を正しく表したものはどれか。a ~ c から1つ選びなさい。

- a  $K_1 < K_2$                       b  $K_1 = K_2$                       c  $K_1 > K_2$

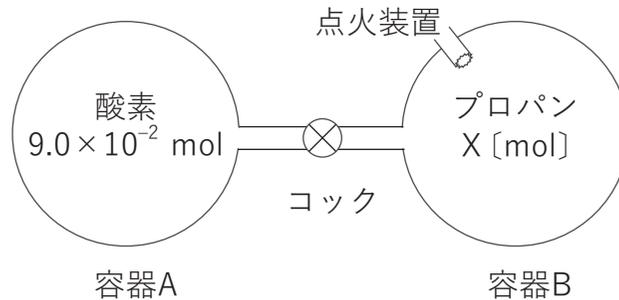
(4) 実験1を行ったあと、引き続き実験3を行った。

実験3:容器A内の温度を  $T_1$  [°C] に保ったまま、容器Aに1.5 molのHIを追加して封入し、十分な時間の後、平衡状態に達したことを確認した。

実験3における平衡定数を  $K_3$  としたとき,  $K_1$  と  $K_3$  の大小関係を正しく表したものはどれか。a ~ c から1つ選びなさい。

- a  $K_1 < K_3$                       b  $K_1 = K_3$                       c  $K_1 > K_3$

- 問2 図に示すように、真空の容器Aと容器Bがコックを取りつけた細管で接続されており、その容積はそれぞれ1.5 Lである。細管のコックを閉じた状態で容器Aに $9.0 \times 10^{-2}$  molの酸素を充填し、容器BにX [mol]のプロパンを充填した。(1)～(3)に答えなさい。ただし、細管とコックの容積は無視できるものとする。



図

- (1) 容器Aと容器B内の温度を27℃に保った状態で、細管のコックを開くと、容器Aと容器B内の圧力が等しくなるまで酸素とプロパンが移動し、反応することなく2つの気体が均一に混合した。このときの両容器内の全圧は $8.3 \times 10^4$  Paであった。容器Bに充填したプロパンの物質質量X [mol]はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。ただし、気体定数Rは $8.3 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol)とする。

- |   |                      |   |                      |   |                      |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|
| a | $1.0 \times 10^{-2}$ | b | $2.5 \times 10^{-2}$ | c | $3.3 \times 10^{-2}$ |
| d | $5.7 \times 10^{-2}$ | e | $7.9 \times 10^{-2}$ | f | $1.0 \times 10^{-1}$ |

- (2) (1)で気体が混合した後の容器内の酸素の分圧 [Pa] はいくらか。最も近い数値をa～fから選びなさい。

- |   |                   |   |                   |   |                   |
|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| a | $8.3 \times 10^3$ | b | $1.7 \times 10^4$ | c | $2.5 \times 10^4$ |
| d | $4.2 \times 10^4$ | e | $5.8 \times 10^4$ | f | $7.5 \times 10^4$ |

- (3) (1) で生じた酸素とプロパンの混合気体に点火し、容器内のプロパンを完全燃焼させた後、容器内を  $27^{\circ}\text{C}$  に保った。このときの容器内の全圧[Pa]はいくらか。最も近い数値を a ~ f から選びなさい。ただし、 $27^{\circ}\text{C}$  における水の飽和蒸気圧は  $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$  とする。また、生じた液体の体積は無視できるものとし、気体は液体に溶解しないものとする。

- |   |                   |   |                   |   |                   |
|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| a | $2.5 \times 10^4$ | b | $2.9 \times 10^4$ | c | $3.3 \times 10^4$ |
| d | $3.7 \times 10^4$ | e | $5.8 \times 10^4$ | f | $6.2 \times 10^4$ |

4 問1～問6に答えなさい。

問1 化合物Aはカルボキシ基を2つもつヒドロキシ酸で、分子量は200以下である。A 67 mgを完全燃焼させると、二酸化炭素 88 mg と水 27 mg のみが生じた。(1)と(2)に答えなさい。

(1) Aの分子式をa～eから選びなさい。ただし、原子量はH = 1.0, C = 12, O = 16とする。

- a  $C_3H_4O_5$                       b  $C_3H_6O_5$                       c  $C_4H_6O_5$   
d  $C_4H_6O_6$                       e  $C_5H_6O_6$

(2) Aとして考えられる構造式はいくつあるか。a～eから選びなさい。ただし、立体異性体は考えないものとする。

- a 1                                      b 2                                      c 3  
d 4                                      e 5

問2 アルデヒドに関する記述a～eのうち、正しいものを1つ選びなさい。

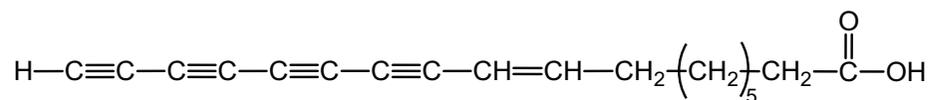
- a アセトアルデヒドは、リン酸を触媒としてエチレンに水を付加させると得られる。  
b アセトアルデヒドを約37%含む水溶液は、ホルマリンと呼ばれる。  
c プロピオンアルデヒドは、ヨードホルム反応を示す。  
d プロピオンアルデヒドは、2-プロパノールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液により酸化すると得られる。  
e ベンズアルデヒドは、空气中で徐々に酸化されて安息香酸に変化する。

問3 次の芳香族化合物 A～E 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 ニトロベンゼン                      B アニリン                      C フェノール  
D ベンゼンスルホン酸                  E 安息香酸

- a AとBは希塩酸によく溶ける。  
b A～Eのうち、炭酸水素ナトリウム水溶液によく溶けるものは、3つ存在する。  
c CとDとEの酸の強さを比べると、 $C < E < D$ の順に強くなる。  
d A～Eのうち、常温で液体であるのはAとBとCである。  
e A～Eはすべて水に溶けにくい。

問4 細菌がつくる図の化合物 0.20 mol を、触媒を用いて水素と完全に反応させた。このとき、炭素—炭素間の不飽和結合と反応した水素は何 mol か。最も近い数値を a～e から選びなさい。



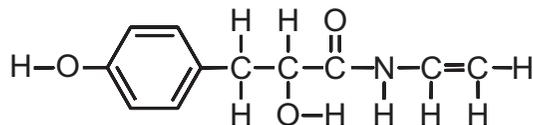
図

- a 0.90                  b 1.0                  c 1.6                  d 1.8                  e 2.0

問5 ベンゼン環を3つもつ化合物 A(分子式  $C_{22}H_{19}NO_3$ ) を完全に加水分解すると、ベンゼンの二置換体である化合物 B と C およびベンゼンの一置換体である化合物 D が得られる。B は、加熱すると分子内で脱水が起こり、酸無水物が得られる。C はアルコールであり、C を触媒を用いて酸化することにより、ペットボトルの製造原料の1つとなる化合物が得られる。D は、希塩酸に溶ける油状物質であり、さらし粉水溶液を加えると酸化されて赤紫色を呈する。

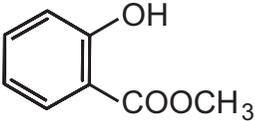
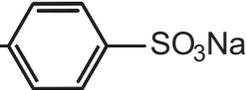
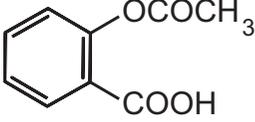
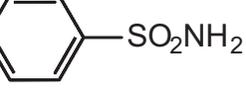
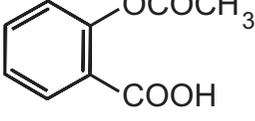
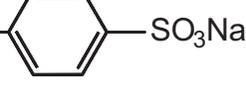
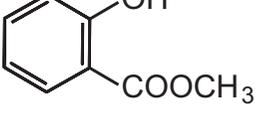
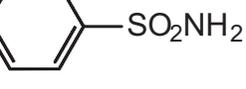
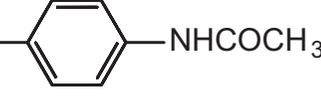
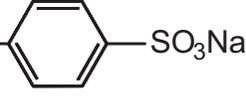
化合物 B, C, D の構造式を書きなさい。ただし、構造式は、例に示したようにすべての原子および価標(共有結合を表す線)を略さず書きなさい。なお、ベンゼン環を構成する炭素原子およびそれに結合した水素原子は省略してよい。

例：



問6 医薬品に関する次の文章を読み、化合物 **ア** と **イ** の構造式として正しい組合せを a ~ e から1つ選びなさい。

化合物 **ア** は解熱鎮痛作用のある内服薬として用いられる医薬品である。化合物 **イ** はスルファニルアミドとよばれ、このスルファニルアミドのような部分構造をもつ抗菌物質をサルファ剤という。サルファ剤はサルモネラ菌などの細菌の増殖を妨げる医薬品として使われる。

	アの構造式	イの構造式
a		$C_{12}H_{25}$ - 
b		$H_2N$ - 
c		$C_{12}H_{25}$ - 
d		$H_2N$ - 
e	$HO$ - 	$C_{12}H_{25}$ - 

5 問1と問2に答えなさい。

問1 アミノ酸と陽イオン交換樹脂に関する次の文を読み、(1)と(2)に答えなさい。

アミノ酸は、それぞれ特定の pH において、正の電荷と負の電荷がつりあい、電荷の総和が0となる。このときの pH の値をそのアミノ酸の等電点という。イオン交換樹脂を用いると、等電点の違いによってアミノ酸を分離することができる。以下の5種類のアミノ酸を分離するために実験ⅠおよびⅡを行った。

アスパラギン酸〈2.8〉、アラニン〈6.0〉、システイン〈5.1〉、  
フェニルアラニン〈5.5〉、リシン〈9.7〉 〈 〉内の数字は等電点

実験Ⅰ：スチレン（分子量 104）20.8 g を付加重合させて、図のポリスチレンを合成した。次に濃硫酸  $\text{HO}-\text{SO}_3\text{H}$  を用いてポリスチレンをスルホン化することによって、フェニル基の 40.0% にスルホ基が1つ導入された陽イオン交換樹脂を得た。

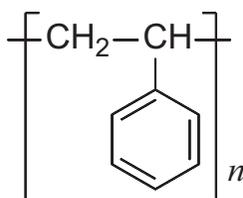


図 ポリスチレンの構造式

実験Ⅱ：陽イオン交換樹脂をカラム（円筒型容器）につめ、5種類のアミノ酸の混合水溶液（pH 1）をカラムの上から流して、すべてのアミノ酸を樹脂に吸着させた。これに pH 1 から pH 11 まで徐々に pH を大きくしながら緩衝液をカラムの上から流していき、カラムから順次、溶出してくるアミノ酸の種類を確認した。

(1) 実験Ⅰにおいて、ポリスチレンをスルホン化して得られた陽イオン交換樹脂は、スルホン化される前のポリスチレンより質量が何 g 増えたか。最も近い数値を a～e から選びなさい。ただし、原子量は  $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{S} = 32$  とする。

a 2.13            b 3.20            c 4.80            d 6.40            e 9.65

(2) 実験Ⅱにおいて、5種類のアミノ酸のうち、最後に溶出するアミノ酸はどれか。  
a～eから1つ選びなさい。

- a アスパラギン酸      b アラニン      c システイン  
d フェニルアラニン      e リシン

問2 原料となる2種類の単量体を重合させると熱硬化性樹脂が合成できる。熱硬化性樹脂と原料となる単量体の組合せa～dのうち、単量体の構造式が誤っているものを1つ選びなさい。

	熱硬化性樹脂	単量体
a	<p>メラミン樹脂</p>	
b	<p>アルキド樹脂</p>	
c	<p>フェノール樹脂</p>	
d	<p>尿素樹脂</p>	

