

# 化 学

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は表紙を除き、17 ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、掲示または板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げて申し出ること。次に、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に、問題に指示してある方法で記入すること。
5. 1 ページに原子量が記載してあるので、必要に応じて使用しなさい。
6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

必要に応じて，次の原子量を使用しなさい。

[原子量]

H = 1.00      C = 12.0      N = 14.0      O = 16.0      Na = 23.0

S = 32.0

1 次の問 1 ～問 10 に答えなさい。

問 1 32.0 % (質量パーセント濃度) の水酸化ナトリウム水溶液の密度は、  
1.35 g/cm<sup>3</sup> である。この溶液のモル濃度として適切なものを次の(a)～(e)の  
中から選び、記号で答えなさい。

- (a) 10.8 mol/kg                      (b) 10.8 mol/L                      (c) 5.40 mol/kg  
(d) 5.40 mol/L                      (e) 2.70 mol/L

問 2 以下の(a)～(e)の文章のうち正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (a) セメントとは、水を加えると硬化する無機材料のことで、石灰石や粘土  
(主成分 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)などの原料を混ぜて室温で反応させることで得られ  
る。
- (b) 鉄鉱石をコークス・石灰石といっしょに溶鉱炉(高炉)で加熱すると、  
「鋼」(炭素含有量 2 ～ 0.02 %)が得られる。
- (c) ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、粘性の大きな水ガラスにな  
る。水ガラスに塩酸を加えて加熱して脱水したものがシリカゲルである。
- (d) 「土器」は内部が緻密で吸水性がなく、ガラス質の焼き物である。それほ  
ど緻密でなく、少し吸水性があるものが「陶器」である。
- (e) 青銅は銅とスズの合金であり、さびにくく加工性が高い。紀元前から金  
属材料として利用されてきた。

問 3  $\text{Fe}^{3+}$  イオンは水酸化物イオンと反応して難溶性の  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  を生じる。

この物質について正しいものを以下からすべて選び、記号で答えなさい。

- (a)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  は緑白色のコロイド粒子を生じる。
- (b) 難溶性の  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  は塩酸を加えても溶解しない。
- (c)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  は半透膜を通過することができない。
- (d)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイド溶液にレーザー光のような強い光を照射すると、光の通路が一様に輝いて見える。これをブラウン運動という。
- (e)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイド粒子は正の電荷を帯びており、そのコロイド溶液に直流電圧をかけると陰極側に移動する。

問 4 次の文章の(ア)～(オ)に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを(a)～(e)の中から選び、記号で答えなさい。

カルシウムは銀白色の軽くて柔らかい金属であり、(ア)の熔融塩電解によって得られる。(イ)は生石灰ともよばれる白色の固体で、石灰石を強熱して得られる。(イ)は水と反応して発熱し、(ウ)を生じる。(ウ)は消石灰ともよばれる白色の粉末で、水にわずかに溶けて強い塩基性を示す。この水溶液を石灰水といい、二酸化炭素を通じると、(エ)の白色沈殿を生じる。(エ)は水に溶けにくい、二酸化炭素を含む水には、(オ)を生じて溶ける。この水溶液を加熱すると、再び(エ)を生じ、白濁する。

(a) (ア)  $\text{CaCl}_2$                       (イ)  $\text{CaO}$                               (ウ)  $\text{Ca(OH)}_2$   
(エ)  $\text{CaCO}_3$                       (オ)  $\text{Ca(HCO}_3)_2$

(b) (ア)  $\text{CaCl}_2$                       (イ)  $\text{CaO}$                               (ウ)  $\text{Ca(OH)}_2$   
(エ)  $\text{Ca(HCO}_3)_2$                       (オ)  $\text{CaCO}_3$

(c) (ア)  $\text{CaO}$                               (イ)  $\text{CaCl}_2$                               (ウ)  $\text{Ca(OH)}_2$   
(エ)  $\text{Ca(HCO}_3)_2$                       (オ)  $\text{CaCO}_3$

(d) (ア)  $\text{CaCl}_2$                       (イ)  $\text{Ca(OH)}_2$                               (ウ)  $\text{CaO}$   
(エ)  $\text{CaCO}_3$                       (オ)  $\text{Ca(HCO}_3)_2$

(e) (ア)  $\text{CaO}$                               (イ)  $\text{CaCl}_2$                               (ウ)  $\text{Ca(OH)}_2$   
(エ)  $\text{CaCO}_3$                       (オ)  $\text{Ca(HCO}_3)_2$

問 5 次の(a)~(d)の文章を読み、それぞれの文章が示す物質名を答えなさい。

- (a) 酸素の同素体であり、特異臭をもつ淡青色の気体である。強い酸化力がある。
- (b) 硫黄の同素体であり、常温で安定である。黄色の塊状結晶を作る。
- (c) リンの同素体であり、水に溶けず空气中で自然発火する。毒性が高い。
- (d) 炭素の同素体であり、筒状の構造をしている。強度が強く、特異な電気伝導性を有している。

問 6 次の文章を読み、 ~  に当てはまる適切な語句は「大きくなる」、「小さくなる」、「変わらない」のいずれであるかを答えなさい。

反応に適切な触媒を用いると、触媒を用いない場合と比較して活性化エネルギーが  ので、反応速度は  。逆反応の反応速度は触媒によって  。反応熱の値は  。

問 7 次の文章を読み、 ~  に該当する物質の化学式を答えなさい。

銀は銀白色の光沢をもった金属であり、硫化水素と湿った空气中で反応すると黒色の  が生成する。銀イオンを含む溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると  の沈殿を生じる。 の沈殿に過剰のアンモニアを加えると沈殿は溶けて  が生じて無色の溶液になる。塩化銀に光を当てると、黒色の  の粒子ができる。この性質を利用したのが写真フィルムである。

問 8 不斉炭素原子をもつアルカンのうち、分子量が最も小さいものの構造式をすべて答えなさい。不斉炭素原子には\*マークを付けなさい。

問 9 以下の文章を読み、① ~ ⑦ に当てはまる適切な語句の組み合わせとして正しいものを(a)~(e)の中から選び、記号で答えなさい。

ポリエチレンは、製法によって密度が異なり、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。触媒を用いて 60℃前後、低圧で合成される① ポリエチレンは、分子の枝分かれが②, 結晶領域が③。一方、200℃前後、高圧で合成される④ ポリエチレンは、分子の枝分かれが⑤, 結晶領域が⑥。  
① ポリエチレンは④ ポリエチレンに比べ、硬く、透明度が⑦などの特徴を有している。

- (a) ①高密度 ②少なく ③多い ④低密度 ⑤多く ⑥少ない  
⑦低い
- (b) ①低密度 ②少なく ③多い ④高密度 ⑤多く ⑥少ない  
⑦低い
- (c) ①高密度 ②多く ③少ない ④低密度 ⑤少なく ⑥多い  
⑦高い
- (d) ①高密度 ②少なく ③少ない ④低密度 ⑤多く ⑥多い  
⑦高い
- (e) ①低密度 ②多く ③多い ④高密度 ⑤少なく ⑥少ない  
⑦低い

問10 次の(a)と(b)の文章を読み、それぞれ   および    に対応する語句の組み合わせとして正しいものを①～⑨の中から一つ選び、番号で答えなさい。

(a) 分子内に炭素原子間の三重結合を一つ含む鎖式不飽和炭化水素のうち、最も分子量の小さい化合物は  である。この化合物は実験室では、常温・常圧で  に水を加えて作ることができる。

- | アの解答群   | イの解答群   |
|---------|---------|
| ① エタン   | 炭酸ナトリウム |
| ② エタン   | 炭化カルシウム |
| ③ エタン   | ゼオライト   |
| ④ エチレン  | 炭酸ナトリウム |
| ⑤ エチレン  | 炭化カルシウム |
| ⑥ エチレン  | ゼオライト   |
| ⑦ アセチレン | 炭酸ナトリウム |
| ⑧ アセチレン | 炭化カルシウム |
| ⑨ アセチレン | ゼオライト   |

(b)  に濃塩酸と  を加えて加熱し、そこに水酸化ナトリウム水溶液を加えると  が得られる。

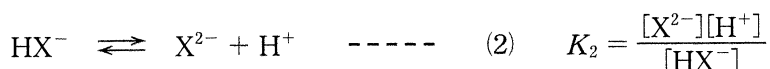
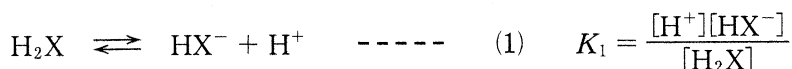
さらに粉水溶液に  を滴下すると赤紫色を呈する。

- | ウの解答群     | エの解答群 | オの解答群      |
|-----------|-------|------------|
| ① 塩化ベンゼン  | ニッケル  | フェノール      |
| ② ニトロベンゼン | ニッケル  | アニリン       |
| ③ フェノール   | 濃硝酸   | ピクリン酸      |
| ④ ベンゼン    | 濃硫酸   | ニトロベンゼン    |
| ⑤ ニトロベンゼン | スズ    | アニリン       |
| ⑥ フェノール   | 臭素    | トリプロモフェノール |
| ⑦ サリチル酸   | メタノール | サリチル酸メチル   |
| ⑧ ニトロベンゼン | スズ    | クメン        |
| ⑨ クメン     | 酸素    | フェノール      |



2 以下の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

化合物  $\text{H}_2\text{X}$  は水に溶け、2段階に電離して(1)式と(2)式のような電離平衡の状態にあるとする。ただし、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{HX}^-]$ 、 $[\text{H}_2\text{X}]$ 、 $[\text{X}^{2-}]$ はそれぞれ、 $\text{H}^+$ 、 $\text{HX}^-$ 、 $\text{H}_2\text{X}$ 、 $\text{X}^{2-}$  のモル濃度を表している。



化合物  $\text{H}_2\text{X}$  の電離定数はそれぞれ  $K_1 = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  と  $K_2 = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$  であるとする。

化合物  $\text{H}_2\text{X}$  の総濃度が  $0.10 \text{ mol/L}$  になるように溶液を作った場合、溶液  $1.0 \text{ L}$  中の原子  $\text{X}$  の物質量の和は以下の式で表される。

<物質量の関係式>  $[\text{ } \textcircled{1} \text{ } ] + [\text{HX}^-] + [\text{X}^{2-}] = 0.10 \text{ mol/L}$

水溶液は全体として電氣的に中性なので、陽イオンの総電荷と陰イオンの総電荷は等しい。この関係は以下の式で表される。

<電荷の関係式>  $[\text{H}^+] = [\text{HX}^-] + 2[\text{ } \textcircled{2} \text{ } ] + [\text{OH}^-]$

問1 文中の①と②に入る適切な化学式をそれぞれ答えなさい。

問2 溶液の pH が  $4.00$  ( $\text{pH} = 4.00$ ) のとき、 $[\text{H}_2\text{X}]$  と  $[\text{HX}^-]$  の比  $\left(\frac{[\text{HX}^-]}{[\text{H}_2\text{X}]}\right)$ 、さらに  $[\text{HX}^-]$  と  $[\text{X}^{2-}]$  の比  $\left(\frac{[\text{X}^{2-}]}{[\text{HX}^-]}\right)$  を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問 3 化合物  $\text{H}_2\text{X}$  を  $0.10 \text{ mol/L}$  になるように水に溶解した溶液の pH を求め、整数値で答えなさい。

問 4 図 1 は化合物  $\text{H}_2\text{X}$  の  $0.10 \text{ mol/L}$  溶液を  $0.10 \text{ mol/L}$  の  $\text{NaOH}$  溶液で滴定したときの滴定曲線を模式的に表した図である。以下の(1), (2)の問いに答えなさい。

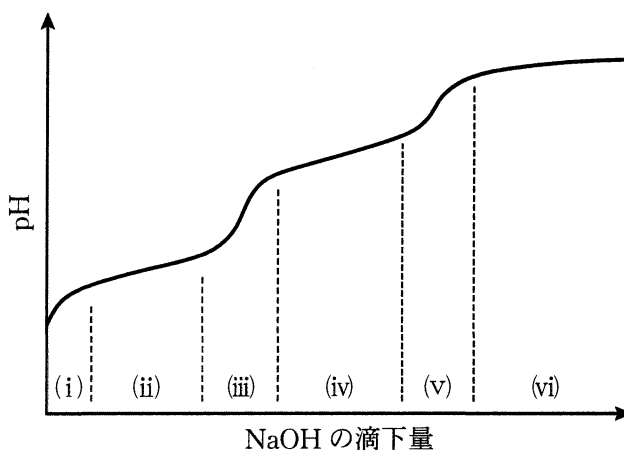
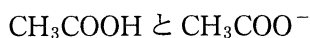


図 1  $\text{H}_2\text{X}$  溶液を  $\text{NaOH}$  溶液で滴定したときの滴定曲線の模式図

(1) 図中に示された領域(i)~(vi)のうち、二つの領域で溶液が緩衝溶液となっている。その二つの領域を記号で答えるとともに、それぞれの領域で緩衝溶液となる要因となっている物質の化学式を以下の例にならって答えなさい。

例(酢酸を用いた緩衝溶液の場合)

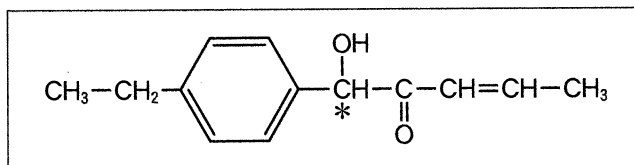
緩衝溶液となる要因となっている物質の化学式：



(2) 化合物  $\text{H}_2\text{X}$  水溶液に  $\text{NaOH}$  溶液を加えた結果、中和反応の進行により化合物  $\text{H}_2\text{X}$  の総量の半分が  $\text{X}^{2-}$  の状態になるときの pH を求め、整数値で答えなさい。

- 3 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。なお、構造式を記入するときは、記入例にならって記すこと(図中\*マークは不斉炭素原子を示している)。ただし光学異性体は区別しない。

構造式の記入例：



エステル結合をもつ分子式  $C_{16}H_{14}O_4$  の化合物 A がある。化合物 A に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱することで加水分解した。その溶液を室温まで冷却した後、希塩酸を加えて酸性にしたところ、不斉炭素原子とベンゼン環をもつ分子式  $C_8H_{10}O$  の化合物 B とベンゼンの二置換体(ベンゼン環の水素原子の二つが別の基で置換されたもの)である分子式  $C_8H_6O_4$  の化合物 C の混合物が得られた。この混合物をエーテルと水酸化ナトリウム水溶液による抽出(二層分配)操作<sup>(a)</sup>によって分離したところ、エーテル層から化合物 B が得られ、また、水層に塩酸を加えて酸性にすることで化合物 C が析出した。

化合物 B に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると特有の臭気をもつ黄色沈殿<sup>(b)</sup>が得られた。また、化合物 B を硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液中で酸化すると分子式  $C_7H_6O_2$  をもつ化合物 D が析出した。化合物 D はトルエンを酸化することによっても得られる。

化合物 C を少量の酸と加熱すると分子内脱水反応が起こり、分子式  $C_8H_4O_3$  をもつ化合物 E を生成した。工業的な製造法では、化合物 E はナフタレンを酸化して得られる。

- 問 1 化合物 A ～ E の構造式を書きなさい。
- 問 2 化合物 C および化合物 D の名称を答えなさい。
- 問 3 化合物 A, 化合物 C, および化合物 D を炭酸水素ナトリウム溶液中加入するといずれからも共通するある気体を発生する。その気体の名称を答えなさい。
- 問 4 下線部(b)の黄色沈殿に含まれている, 化学式  $\text{CHI}_3$  で表される化合物の名称を答えなさい。
- 問 5 化合物 F は化合物 B の構造異性体である。この化合物 F に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色～青紫色を呈する。化合物 F として考えられる物質の構造式のうち, 1 つを書きなさい。
- 問 6 化合物 C と化合物 F の混合物について下線部(a)の抽出(二層分配)操作を行ったところ, エーテル層には何も含まれず, 2 つの化合物は共に水層に分配された。この化合物 C と化合物 F の混合物を 2 つの層に分離するための抽出方法とその結果について 70 ～ 100 字で説明しなさい。

4 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

繊維は大別すると木綿、羊毛、絹などの天然繊維と、再生繊維、半合成繊維、合成繊維などの化学繊維に分類される。

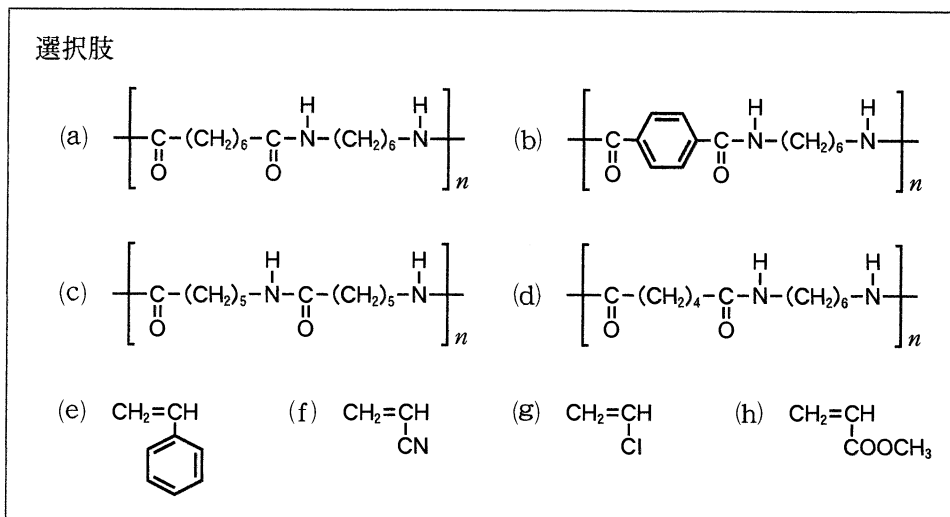
植物由来の天然繊維の木綿は、 $\beta$ -グルコースが  重合したセルロースが主成分である。肌触りや吸湿性が良いため、衣料やガーゼなどの医療用品にも広く用いられている。動物由来の繊維としては、羊毛や絹があり、いずれもタンパク質が主成分である。羊毛のタンパク質はケラチンとよばれ、そのタンパク質を構成するアミノ酸としてシステインを多く含むため  結合により一定の形を保っている。

合成繊維としては、ナイロン、アクリル繊維、ポリエステルが多く用いられている。ナイロン66(6,6-ナイロン)は、アジピン酸と化合物Aが  重合したものである。またビニル基をもつ単量体の  重合で得られる合成繊維はポリビニル系合成繊維とよばれている。アクリル繊維はアクリロニトリルを主成分としてアクリル酸メチルなどの単量体との共重合により得られたものである。ポリエステルは代表例としてポリエチレンテレフタレート(PET)が知られており、テレフタル酸と化合物Bが  重合したものである。

その他、天然繊維であるセルロースをシュワイツァー試薬(濃アンモニア水に水酸化銅(II)を溶かした溶液)に溶解後、希硫酸中に押し出して得られる再生繊維は、 とよばれている。また、セルロースに氷酢酸と無水酢酸および少量の濃硫酸を作用させると、セルロースのヒドロキシ基がエステル化されて、トリアセチルセルロースとなり、このエステル結合を部分的に加水分解し、アセトンに溶解させ、繊維としたものがアセテート繊維とよばれる半合成繊維である。

問1 文中の①～④に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 ナイロン 66 およびアクリロニトリルの適切な構造式を次の選択肢(a)~(h)から選び、記号で答えなさい。



問 3 アクリロニトリルとアクリル酸メチルからなるアクリル繊維について答えなさい。

(1) アクリル酸メチルと共重合する理由として、最も適切な理由を次の選択肢(i)~(h)から選び、記号で答えなさい。

- (i) 難燃性の付与のため      (ロ) 染色性の向上のため  
 (ハ) 生分解性の付与のため

(2) 平均重合度 1,000、平均分子量 59,600 であるアクリル繊維のアクリロニトリルとアクリル酸メチルの物質量比として適切な値を次の選択肢(ニ)~(ヘ)から選び、記号で答えなさい。

- (ニ) 4 : 1      (ホ) 3 : 2      (ヘ) 2 : 3

問 4 化合物 A および化合物 B の名称と構造式を書きなさい。

問 5 トリアセチルセルロースを 43.2 g 得るためには、セルロースは何 g 必要か計算しなさい。解答欄の上段に計算の過程を記入し、下段に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 以下の高分子化合物(a)~(e)それぞれの特徴・性質として、最も適したものを(i)~(iv)の中から選びなさい。

- (a) アセテート繊維 (b) ポリエチレンテレフタレート (c) ナイロン 66  
(d) 羊毛 (e) ポリアクリロニトリル(アクリル繊維)

(i) ベンゼン環を有しており、加熱すると軟化し、冷やすと再び固くなる性質(熱可塑性)を示す。

(ii) 水酸化ナトリウム水溶液中で煮沸すると溶解し、この溶液を酢酸で中和したのち、酢酸鉛(II)水溶液と反応させると黒色沈殿を生じる。

(iii) 希ガス(貴ガス)などの不活性なガス中で高温処理すると高強度の炭素繊維が得られる。

(iv) 希硫酸中で煮沸すると溶解し、この溶液を炭酸ナトリウムで中和したのち、フェーリング液と熱すると赤色沈殿を生じる。

(v) カロザースが発明した世界初の合成繊維である。

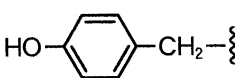
試験問題は次に続く。



5 次の文章を読み、問1～3に答えなさい。

表1に示す7個のアミノ酸で構成される直鎖状のペプチドXがある。ペプチドXをある酵素で加水分解し、ペプチドA～Cが生じたとする。ペプチドAは塩基性アミノ酸を含むジペプチドであり、キサントプロテイン反応を示した。<sup>①</sup>ペプチドBは不斉炭素原子をもたないアミノ酸Dを含むペプチドであり、分子量は233であった。ペプチドCはジペプチドであり、ペプチドCに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿を生じた。<sup>②</sup>

表1 ペプチドXを構成するアミノ酸の名称、分子量、等電点および側鎖の構造式

名称	分子量	等電点	側鎖 <sup>注</sup> の構造式
グリシン	75	6.0	H- $\left\{ \right.$
アラニン	89	6.0	H <sub>3</sub> C- $\left\{ \right.$
チロシン	181	5.7	HO-  -CH <sub>2</sub> - $\left\{ \right.$
セリン	105	5.7	HO-CH <sub>2</sub> - $\left\{ \right.$
システイン	121	5.1	HS-CH <sub>2</sub> - $\left\{ \right.$
リシン	146	9.7	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> - $\left\{ \right.$
グルタミン酸	147	3.2	HOOC-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> - $\left\{ \right.$

注)側鎖は、アミノ酸を一般式 R- $\left\{ \right.$ -CH(NH<sub>2</sub>)COOH で表したときの R に相当する。

問 1 ペプチド A が下線部①の反応を示したのは、あるアミノ酸が含まれているからである。そのアミノ酸の名称を答えよ。

問 2 ペプチド B について次の(1)~(3)に答えなさい。

(1) アミノ酸 D の水溶液の pH が 13 のとき、最も多いアミノ酸 D イオンの構造式をアミノ酸の電離状態がわかるように書きなさい。

(2) ペプチド B に含まれるアミノ酸の名称をすべて答えなさい。

(3) ペプチド B に含まれるアミノ酸の鏡像異性体を区別する場合、ペプチド B の構造は何通りあるか答えなさい。

問 3 ペプチド C について次の(1)~(3)に答えなさい。

(1) ペプチド C に含まれるアミノ酸の名称をすべて答えなさい。

(2) 下線部②の反応で生じた黒色沈殿の化合物を化学式で書きなさい。

(3) 37.5 g のペプチド C をエタノールで完全にエステル化したとき何 g の化合物が生じるか計算しなさい。解答欄の上段に計算の過程を記入し、下段に有効数字 3 桁で答えなさい。

(裏)

令和5年度個別学力検査等

## 問題訂正等用紙

以下のとおり、

問題冊子に訂正があります。

解答用紙に訂正があります。

補足説明があります。

科目名 [ 化学 ]

3頁上から5行目

(誤) . . . は半透膜を

(正) . . . は半透膜 (セロハン膜) を

9頁 図1 グラフ横軸の名称

(誤) NaOHの滴下量

(正) NaOH溶液の滴下量

17頁 下から3行目

(誤) . . . 何gの化合物が生じるか

(正) . . . 何gのエステルが生じるか