

平成 28 年度入学者選抜試験問題

地域教育文化学部・食環境デザインコース

理学部・物質生命化学科

医学部・医学科

工学部（機能高分子工学科，物質化学工学科，バイオ化学工学科，情報科学科，電気電子工学科，機械システム工学科，システム創成工学科）

農学部・食料生命環境学科

# 理 科

(化 学)

## 前 期 日 程

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は1ページから13ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁，解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 監督者の指示にしたがって、解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。  
**大学受験番号**が正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。
- 5 **地域教育文化学部受験者はⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵの6問を解答してください。**  
**理学部受験者はⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵの6問を解答してください。**  
**医学部受験者はⅡ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅵの4問を解答してください。**  
**工学部受験者はⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵの6問を解答してください。**  
**農学部受験者はⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴ，Ⅵの6問を解答してください。**
- 6 解答用紙の注意事項をよく読み、指示にしたがって解答してください。
- 7 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

(問題訂正)

8 ページ 問題 [IV] 下から 6 行目

(誤) (i) 希塩酸を加えていた。

(正) (i) 硫酸酸性にした過マンガン酸  
カリウム水溶液を加えていた。

[ I ]

次の文章を読み，下の（１）～（５）の問いに答えなさい。  
必要ならば，原子量は次の値を使うこと。

H 1.0      O 16

純物質は，温度と圧力によってその状態が決まっている。水の場合，固体（氷），液体（水），気体（水蒸気）の３つの状態をとっており，温度と圧力との関係は図１のような状態図としてあらわされる。３つの状態は図中の点 **X** を中心とした３本の曲線 **QX** および **RX**，**SX** によって分けられている。

固体から液体になるときの温度を，**ア** といい，逆に，液体から固体になるときの温度を，**イ** という。また，液体から気体になるときの温度を，沸点という。沸点では，液体の表面だけでなく内部からも水蒸気が気泡となって発生している。この現象を **ウ** という。液体と気体を区切る曲線 **QX** を **エ** 曲線という。また，点 **X** は **オ** ，点 **Q** は **カ** とよばれる。

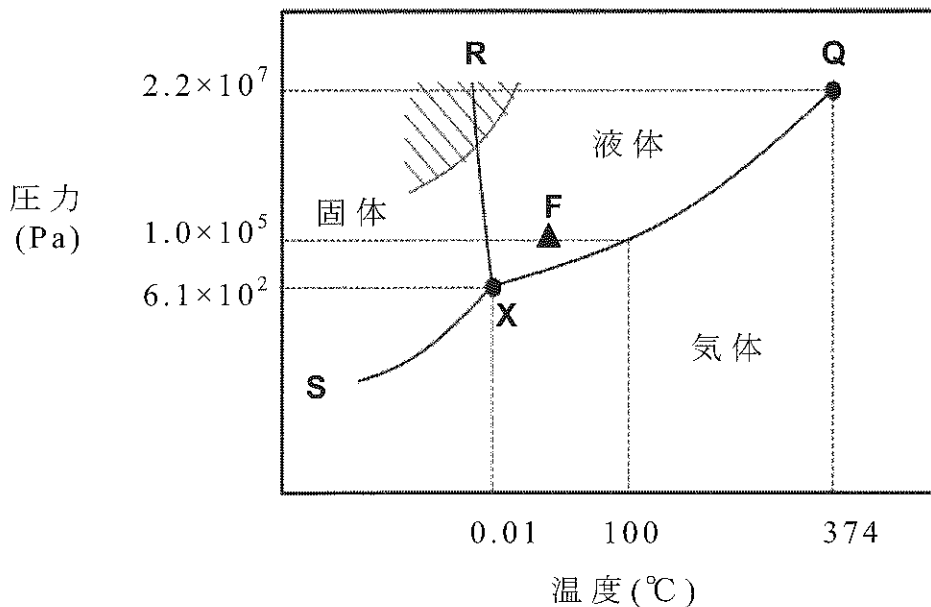


図 1 水の状態図

- (1) 空欄 **ア** ~ **カ** それぞれに当てはまる適切な語句を記しなさい。

(2) 標準大気圧下、 $0^{\circ}\text{C}$ の氷  $36\text{ g}$  を加熱して、すべて  $10^{\circ}\text{C}$  の水（液体）にした。このとき吸収された熱量は何  $\text{kJ}$  か、有効数字 2 桁で求めなさい。また、計算過程も記しなさい。ただし、 $1.0\text{ g}$  の水（液体）を  $1.0\text{ K}$  上昇させるために必要な熱量は  $4.2\text{ J}$  である。また、氷の  $0^{\circ}\text{C}$  での融解熱を  $6.0\text{ kJ/mol}$  とする。

(3) 一定体積の空気中に含むことができる水蒸気の最大量を飽和水蒸気量 ( $\text{g/m}^3$ ) という。下の表に、各温度における飽和水蒸気量を示した。 $20\text{ m}^3$  の部屋において、 $30^{\circ}\text{C}$  で、 $300\text{ g}$  の水蒸気を含む空気の  $1\text{ m}^3$  あたりの水蒸気量は、何  $^{\circ}\text{C}$  における飽和水蒸気量に相当するか。次の①～⑨の中から最も適切なものを選び、記号を記しなさい。ただし、圧力は一定とする。

温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	0	5	10	15	20	25	30
飽和水蒸気量 ( $\text{g/m}^3$ )	4.8	6.8	9.4	12.8	17.3	23.0	30.0

- ①  $7.5^{\circ}\text{C}$     ②  $10.0^{\circ}\text{C}$     ③  $12.5^{\circ}\text{C}$     ④  $15.0^{\circ}\text{C}$     ⑤  $17.5^{\circ}\text{C}$   
 ⑥  $20.0^{\circ}\text{C}$     ⑦  $22.5^{\circ}\text{C}$     ⑧  $25.0^{\circ}\text{C}$     ⑨  $27.5^{\circ}\text{C}$

(4) 氷は、曲線 **SX** を境に直接水蒸気になる。この現象を何というか。また、この現象を利用してフリーズドライ食品を製造することができる。図 1 中の状態 **F** にある水分を含む食品を、フリーズドライ食品にする際の水の状態変化の経路を、解答欄の図中に矢印を用いて示しなさい。なお、矢印は複数本用いてもよい。

(5) メタンは、水とともに図 1 中の斜線の領域のような低温・高圧の条件下にすると、メタンハイドレート（固体）として存在できることが知られている。メタンハイドレート（固体） $1.0\text{ m}^3$  を標準状態で分解すると、水が  $8.0 \times 10^2\text{ kg}$  得られた。このとき、メタンは何  $\text{m}^3$  得られるか、有効数字 2 桁で求めなさい。また、計算過程も記しなさい。ただし、メタンハイドレート中のメタン 1 分子あたりの水分子の数は 5.75 であり、メタンは理想気体とする。また、得られた水にメタンは含まれないものとする。

## 〔Ⅱ〕

次の文章を読み、下の(1)～(4)の問いに答えなさい。  
ただし、気体はすべて理想気体とする。

気体 **A** と気体 **B** は、次の反応式に示す反応により、気体 **C** を生じる。この反応は不可逆反応である。



この反応により気体 **C** が生成する速度  $v$  [mol/(L·s)] と、気体 **A** と **B** の濃度との関係について調べると、反応の速度  $v$  は、気体 **A** の濃度  $[\text{A}]$  [mol/L] と気体 **B** の濃度の 2 乗  $[\text{B}]^2$  [(mol/L)<sup>2</sup>] の積に比例することがわかった。このことから、反応速度定数を  $k$  とすると、この反応の速度式は、 $v = \boxed{\text{ア}}$  となる。

この反応を、右の図 1 のような容積が  $V_0$  [L] で一定である容器を用い、温度一定のもとで行った。容器に気体 **A** を 2.0 mol、気体 **B** を 4.0 mol 入れたとき、容器内の全圧と気体の密度は、それぞれ  $P_0$  [Pa]、 $d_0$  [g/L] であった。反応が始まった直後の反応速度  $v_0$  [mol/(L·s)] は、 $k$  と  $V_0$  を用いてあらわすと  $\boxed{\text{イ}}$  となる。反応が進行し、気体 **A** の物質量が 1.0 mol になったとき、容器内に存在する全気体の物質量は  $\boxed{\text{ウ}}$  mol となる。このときの反応速度は、反応が始まった直後の反応速度  $v_0$  の  $\boxed{\text{エ}}$  倍となった。さらに反応が進み、気体 **A** が反応によりすべて消費された。このときの容器内の全圧は、 $P_0$  を用いてあらわすと  $\boxed{\text{オ}}$   $P_0$  [Pa] であった。また、このときの容器内の気体の密度を  $d_1$  [g/L] とすると、気体 **A** と **B** を入れた直後の密度  $d_0$  [g/L] との比は、 $d_1/d_0 = \boxed{\text{カ}}$  となる。

次にこの反応を、右の図 2 のようなピストンが付いた容器を用い、温度と圧力一定のもとで行った。容器に気体 **A** を 1.0 mol、気体 **B** を 4.0 mol 入れると、容器内の気体の体積と密度は、それぞれ  $V_1$  [L]、 $d_2$  [g/L] となった。反応が進行し、容器内の気体の体積が  $0.90V_1$  [L] になったとき、容器内に存在する気体 **A** の物質量は  $\boxed{\text{キ}}$  mol である。さらに反応が進み、気体 **A** が反応によりすべて消費された。このときの容器内の気体の密度を  $d_3$  [g/L] とすると、気体 **A** と **B** を入れた直後の密度  $d_2$  [g/L] との比は、 $d_3/d_2 = \boxed{\text{ク}}$  となる。

なお，コックと容器を結ぶ管内の体積は無視できるものとする。

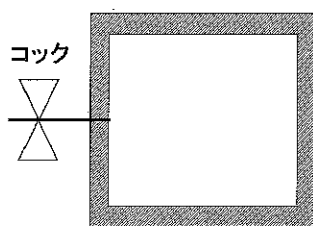


図 1

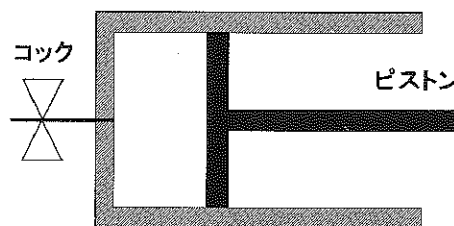


図 2

- (1) 空欄 **ア** および **イ** それぞれに当てはまる数式を記しなさい。
- (2) 空欄 **ウ** ~ **ク** それぞれに当てはまる適切な数値を記しなさい。ただし，空欄 **エ** および **オ**， **ク** は分数で記しなさい。
- (3) 気体 **D** と気体 **E** は，次の反応式に示す反応により，気体 **F** を生じる。この反応は不可逆反応である。



気体 **D** と **E** の初濃度 ( $[\mathbf{D}]_0$  [mol/L],  $[\mathbf{E}]_0$  [mol/L]) を変えて，反応が始まった直後の反応速度  $v_0$  [mol/(L·s)] を求めたところ，下の表に示す結果が得られた。表の実験結果をもとに，この反応の速度式を，反応速度  $v$ ，反応速度定数  $k$ ，気体 **D** と **E** の濃度 ( $[\mathbf{D}]$ ,  $[\mathbf{E}]$ ) を用いて記しなさい。また，この反応の反応速度定数  $k$  を，有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も記しなさい。

	$[\mathbf{D}]_0$ [mol/L]	$[\mathbf{E}]_0$ [mol/L]	$v_0$ [mol/(L·s)]
実験 1	0.40	0.10	0.120
実験 2	0.20	0.10	0.030
実験 3	0.20	0.20	0.060

- (4) 一般に，温度の上昇にともない反応速度は大きくなる。この理由を 50 字以内で記しなさい。

### 〔Ⅲ〕

下の問い（問 1，問 2）に答えなさい。

#### 問 1

沈殿生成反応を利用すると、複数の金属イオンを含む水溶液から、特定の金属イオンを分離することができる。水溶液 A には、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、銀イオン、亜鉛イオン、鉛(Ⅱ)イオン、銅(Ⅱ)イオン、鉄(Ⅲ)イオンの 8 種類の金属イオンのうち 6 種類が含まれている。水溶液 A から各金属イオンを分離するために、次の実験①～⑦を行った。下の(1)～(5)の問いに答えなさい。なお、各金属イオンはろ過により完全に分離できることとする。

- 実験① 水溶液 A に希塩酸を加えてろ過し、沈殿 B とろ液 C を得た。
- 実験② 沈殿 B に熱水を加えるとすべて溶解した。この水溶液にクロム酸カリウム水溶液を加えたところ、黄色沈殿が生じた。
- 実験③ ろ液 C に硫化水素を通じてろ過し、沈殿 D とろ液 E を得た。
- 実験④ ろ液 E を煮沸し、希硝酸を加えて加熱した。続いてアンモニア水を十分に加えて塩基性にしたのち、ろ過し、沈殿 F とろ液 G を得た。
- 実験⑤ ろ液 G に硫化水素を通じてろ過し、沈殿 H とろ液 I を得た。
- 実験⑥ ろ液 I に炭酸アンモニウム水溶液を加えてろ過し、沈殿 J とろ液 K を得た。
- 実験⑦ ろ液 K の炎色反応を調べたところ、黄色を呈した。

- (1) 下線部の反応を，イオン反応式で記しなさい。
- (2) 実験④における希硝酸の役割を簡潔に説明しなさい。
- (3) 沈殿として得られた化合物 **B** および **D**，**H**，**J** を，組成式でそれぞれ記しなさい。
- (4) 沈殿 **H** に含まれる金属イオンは，ろ液 **G** 中ではどのようなイオンで存在するか，イオン式で記しなさい。
- (5) ろ液 **K** に含まれる金属イオンを，イオン式で記しなさい。

## 問 2

水溶液中において陰イオンと陽イオンの濃度の積が溶解度積  $K_{sp}$  をこえると沈殿が生じはじめる。塩化物イオンとクロム酸イオンをそれぞれ  $0.10 \text{ mol}$  含む  $1.0 \text{ L}$  の混合溶液に，銀イオンを含む水溶液を少しずつ加えた。塩化銀とクロム酸銀の沈殿が生じはじめるのは，銀イオンのモル濃度がいくらをこえたときか，有効数字 2 桁でそれぞれ求めなさい。計算過程も記しなさい。また，先に沈殿する化合物を組成式で記しなさい。ただし，塩化銀とクロム酸銀の  $K_{sp}$  をそれぞれ  $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$ ， $3.6 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3$  とし，銀イオンを含む水溶液を加えた際の体積ならびに温度変化は無視できるものとする。



# [IV]

次の文章を読み、下の(1)～(7)の問いに答えなさい。  
必要ならば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.0    O 16    S 32    K 39    Cr 52

過酸化水素は、1分子あたりに水素原子を **ア** 個と、酸化数 **イ** の酸素原子を **ウ** 個もつ化合物であり、電子を授受する反応において **エ** 剤または **オ** 剤として作用する。例えば、過酸化水素の水溶液である(a)過酸化水素水に希硫酸を加えて酸性にした溶液を、銅板と反応させた場合、過酸化水素は **エ** 剤としてはたらく。一方、(b)過酸化水素水を、希硫酸で酸性にした二クロム酸カリウム水溶液と反応させた場合、過酸化水素は **オ** 剤としてはたらく。後者の反応では、消費された過酸化水素と同じ物質量の **カ** が単体の気体として発生する。

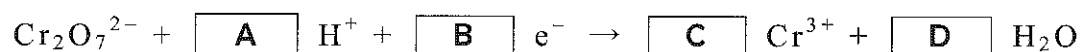
(1) 空欄 **ア** ～ **カ** それぞれに当てはまる適切な数字または語句を記しなさい。

(2) 過酸化水素のように、反応する相手によって、電子を受け取る、あるいは与える両方の性質を示す物質はどれか。下の [            ] 内の物質からすべて選び、化学式で記しなさい。

[
二酸化硫黄
過マンガン酸カリウム
]  
硫化水素
ヘリウム
ナトリウム

(3) 下線部(a)における過酸化水素および銅板の反応を、電子とイオンを含む反応式でそれぞれ記しなさい。さらに、それらの反応式を用いて、下線部(a)全体の反応を、電子とイオンを含まない1つの化学反応式として記しなさい。

- (4) 下線部(b)において、二クロム酸イオンは以下の反応式に示すように電子を受け取る。この反応式の空欄 **A** ~ **D** それぞれに当てはまる適切な係数を記しなさい。



- (5) 下線部(b)における過酸化水素の反応を、電子とイオンを含む反応式で記しなさい。また、この反応式と(4)の反応式を用いて、下線部(b)全体の反応を、電子とイオンを含まない1つの化学反応式として記しなさい。

- (6) (5)の反応式を利用して、濃度がわからない過酸化水素水 10.0 mL を、硫酸酸性にした 0.0500 mol/L の二クロム酸カリウム水溶液で滴定した。その結果、過不足なく反応させるのに、24.0 mL の二クロム酸カリウム水溶液を必要とした。滴定に用いた過酸化水素水のモル濃度と、発生した単体の気体の質量を、有効数字2桁でそれぞれ求めなさい。計算過程も記しなさい。

- (7) (6)の条件で滴定を行う前の過酸化水素水に、以下の(i)~(iii)の操作を行っていた場合、二クロム酸カリウム水溶液の必要量は、それぞれどのようなになると予想されるか。次の①~③から選び、記号で記しなさい。

- (i) 希塩酸を加えていた。
- (ii) 硫酸カリウム水溶液を加えていた。
- (iii) 水で希釈していた。

- ① 24.0 mL よりも多くなる。
- ② 24.0 mL よりも少なくなる。
- ③ 24.0 mL のまま変わらない。

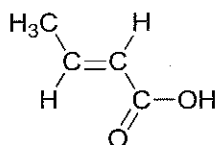
[ V ]

次の文章を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。  
必要ならば、原子量は次の値を使うこと。

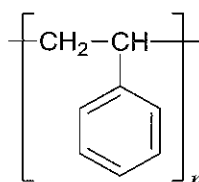
H 1.00      C 12.0      O 16.0

化合物の構造式は、次の例を参考にして記しなさい。

(例 1)



(例 2)



化合物 **A** の分子式は  $C_{16}H_{22}O_4$  である。1 mol の化合物 **A** を加水分解すると、1 mol の化合物 **B** と、分子式  $C_4H_{10}O$  であらわされる化合物 **C** が 2 mol 生成した。(a)化合物 **C** は、単体のナトリウムと反応して気体を発生した。 化合物 **B** は、(b)キシレンの異性体 (o-, m-, p-キシレン) の 1 つである化合物 **D** を酸化することにより得られる。化合物 **B** を加熱すると、酸無水物である化合物 **E** を生成した。化合物 **E** は、 $V_2O_5$  触媒を用いたナフタレンの高温での酸化反応によっても得られる。化合物 **C** を酸化したところ、化合物 **F** を生じた。化合物 **C** と **F** にそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱すると、いずれも化合物 **G** を黄色沈殿として生じた。

- (1) 化合物 **A**～**G** の構造式をそれぞれ記しなさい。ただし、立体異性体は考慮しないものとする。
- (2) 下線部(a)で生じた気体の名称を記しなさい。また、この反応を、示性式を用いた化学反応式で記しなさい。
- (3) 化合物 **C** の構造異性体のうち、酸化されてアルデヒドになる化合物の構造式をすべて記しなさい。
- (4) 下線部(b)に関して、キシレンはベンゼン環に2つのメチル基をもち、それらの結合する位置により3種類の異性体が存在する。これらの異性体を位置異性体という。ナフタレン環に2つのメチル基をもつジメチルナフタレンには、位置異性体がいくつあるか、その数を記しなさい。
- (5) 0.100 mol の化合物 **A** を完全燃焼させるために最小限必要な酸素の質量を、有効数字3桁で求めなさい。計算過程も記しなさい。

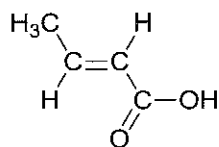
# [VI]

次の文章を読み、下の(1)～(6)の問いに答えなさい。  
必要ならば、原子量は次の値を使うこと。

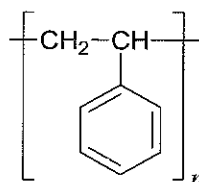
H 1.00    C 12.0    O 16.0    Cu 63.5

化合物の構造式は、次の例を参考にして記しなさい。

(例 1)



(例 2)



デンプンおよび **ア**、**イ** は、いずれも多数の (a) グルコース が脱水縮合した天然高分子化合物である。**ア** は、動物のエネルギー貯蔵物質で、動物デンプンともいう。**イ** は、植物の細胞壁の主成分である。デンプンには、アミロースと **ウ** の2種類の成分がある。

一方、タンパク質は、アミノ酸で構成される天然高分子化合物である。表1にアミノ酸の代表例を示す。一般式  $R-CH(NH_2)-COOH$  であらわされるアミノ酸は、特に  $\alpha$ -アミノ酸といい、置換基 R-の構造の違いによりそれぞれ固有の名称がつけられている。


アミノ酸は、結晶中では、陽電荷部分  $-NH_3^+$  と陰電荷部分  $-COO^-$  が同一分子中に存在する構造となっている。このように、分子内に正・負の両電荷をもつイオンを **エ** という。また、(b) アミノ酸はそれぞれ固有の等電点をもつ。

脱水縮合によりアミノ酸2分子が結合した分子をジペプチド、3分子が結合した分子をトリペプチドという。トリペプチド **A** は、表1に示す6種類のアミノ酸のうちの、互いに異なる3種類が結合した鎖状の分子であることがわかっている。トリペプチド **A** の水溶液に、(c) 薄い水酸化ナトリウム水溶液と薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると赤紫色を呈した。 トリペプチド **A** を部分的に加水分解した

ところ，2種類のジペプチド **B** と **C** が得られた。ジペプチド **B** の水溶液に (d)濃硝酸を加えて熱したのち，アンモニア水を加え塩基性にすると，橙黄色を示した。ジペプチド **C** には，不斉炭素をもたないアミノ酸が含まれていることがわかった。ジペプチド **B** と **C** のそれぞれの水溶液に，水酸化ナトリウムを加えて加熱し，酢酸で中和したのち，酢酸鉛(Ⅱ)の水溶液を加えると，いずれも黒色沈殿が生じた。

タンパク質と構造上の類似点をもつ (e)ナイロン 66 は，ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸の縮合重合により得られる合成高分子化合物である。

表 1

置換基 R-の構造	名称
H-	グリシン
CH <sub>3</sub> -	アラニン
HS-CH <sub>2</sub> -	システイン
H <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	リシン
HOOC-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	グルタミン酸
 -CH <sub>2</sub> -	フェニルアラニン

- (1) 空欄 **ア** ~ **エ** それぞれに当てはまる適切な語句を記しなさい。
- (2) 下線部(a)のグルコース  $C_6H_{12}O_6$  の水溶液には還元作用がある。同様に、グルコース 2 分子が脱水縮合した構造をもつマルトースの水溶液にも還元作用がある。試料 **X** は、グルコースとマルトースの混合物である。2.00 g の試料 **X** に十分な量のフェーリング液を加えて加熱し、生じた酸化銅(I)  $Cu_2O$  の沈殿を集めて乾燥した。その沈殿の質量を測定したところ 1.43 g であった。試料 **X** 中のグルコースの質量百分率を、有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も記しなさい。ただし、消費された還元性の糖と同じ物質量の酸化銅(I)が生成するものとする。
- (3) 下線部(b)について、表 1 に示す 6 種類のアミノ酸の中から、等電点の最も大きいアミノ酸と最も小さいアミノ酸を選び、それぞれの名称を記しなさい。
- (4) 下線部(c)および(d)における呈色反応の名称をそれぞれ記しなさい。
- (5) トリペプチド **A** として考えられる構造異性体の構造式をすべて記しなさい。ただし、立体異性体や官能基の電離は考慮しないものとする。
- (6) 下線部(e)の反応を、構造式を用いた化学反応式で記しなさい。