

# 化 学

数値の解答は、各問の解答形式に指定されている桁数に従うこと。

例：解答欄が指数形式の場合、190、19、1.9、0.019は、各々

.  ×10,  .  ×10,  .  ×10,  
 .  ×10<sup>-</sup>と解答せよ。

：解答欄が2桁の場合、7は   , 17は   と解答せよ。

：解答欄が3桁の場合、7は    , 17は    ,  
107は    と解答せよ。

必要であれば、原子量、定数は以下の値を使用すること。

原子量 H: 1.00 C: 12.0 N: 14.0 O: 16.0

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

標準状態は 273 K,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  の状態とする。

I 以下の問に答えよ。〔解答欄  ~  〕

問1 金属の結晶格子に関する記述として正しいものを下の①~⑥より2つ選べ。ただし、原子は剛体球とし、最近接の原子は互いに接触しているとする。

- ① 体心立方格子の配位数は12である。
- ② 六方最密構造の配位数は、面心立方格子の配位数より多い。
- ③ 面心立方格子の原子の充填率は、体心立方格子のものより小さい。
- ④ 単位格子中の原子の数は、体心立方格子より六方最密構造の方が多い。
- ⑤ 面心立方格子において、1個の原子に接している原子の数は12である。
- ⑥ 単位格子の一辺の長さが等しい場合、体心立方格子の原子半径は面心立方格子のものより大きい。

問 2 図 1 は周期表の 14 族, 16 族, 17 族元素の水素化合物の分子量と沸点の関係を示したものである。

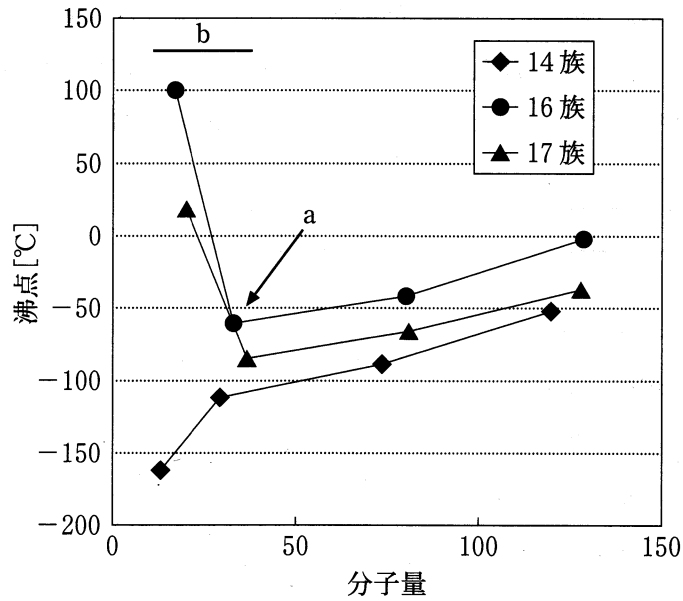


図 1

(1) a に該当する 16 族元素の水素化合物に関する記述として正しいものを下の①~⑦より 2 つ選べ。

- ① 還元作用をもつ。
- ② 気体は無臭である。
- ③ 水溶液は弱い酸性を示す。
- ④ 気体は上方置換で捕集する。
- ⑤ 水溶液はガラスを腐食する。
- ⑥ 銀イオンと反応して白色沈殿を生じる。
- ⑦ カルシウムイオンと反応して白色沈殿を生じる。

- (2) 以下の文章の空欄( A ), ( B )に最も適当な文を, 下の①~⑦よりそれぞれ選べ。  
同じものを2度選んでもよい。

図1に示した14族元素の水素化合物において, 分子量の増加とともに沸点が上昇する原因は, ( A )ためである。一方, 16族元素と17族元素において, bで示した範囲では分子量が小さい化合物の沸点が高くなる。この沸点の上昇は( B )ためである。

( A )  ( B )

- ① 分子がイオン化する
- ② 分子に極性が生ずる
- ③ 分子の極性が消失する
- ④ 水素結合が形成される
- ⑤ 共有結合が形成される
- ⑥ ファンデルワールス力が強くなる
- ⑦ ファンデルワールス力が弱くなる

問3 硫化ヒ素のコロイド溶液に電極を浸して直流電圧をかけると, コロイド粒子は陽極側に移動する。次の化合物①~⑦の0.1 mol/L水溶液のうち, 最も少ない体積で硫化ヒ素のコロイド粒子を沈殿させるものはどれか。1つ選べ。

- ① NaCl                      ② MgCl<sub>2</sub>                      ③ Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>                      ④ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- ⑤ KNO<sub>3</sub>                      ⑥ Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>                      ⑦ グルコース

問4 反応  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  を次の(1)または(2)の条件下で行う。密閉した反応容器にアルゴンガスを加えた場合, 反応の終点は, 加えない場合と比較して, どのように変化するか。最も適当なものを下の①~③よりそれぞれ選べ。同じものを2度選んでもよい。

- (1) 全圧一定, 温度一定の場合
- (2) 容積一定, 温度一定の場合

- ① 窒素と水素の物質が増える。
- ② アンモニアの物質が増える。
- ③ 変化しない。

問 5 メタン(g)が完全に燃焼すると、二酸化炭素(g)と水(l)が生成する。メタン(g), 酸素(g), 二酸化炭素(g), 水(l)の生成熱は、それぞれ 74.8, 0, 393.5, 285.8 kJ/mol である。したがって、1 mol のメタン(g)の燃焼反応は( A )反応であり、( B )の方が( C )kJだけ大きなエネルギーをもつ。

(1) A に当てはまる適切な語を選べ。

- ① 発熱                      ② 吸熱

(2) B に当てはまる適切な語を選べ。

- ① 反応物                      ② 生成物

(3) C に当てはまる数値を小数点以下を四捨五入して答えよ。

問 6 下の化合物①~⑤のうちオキソ酸でないものを1つ選べ。

- ① 亜硝酸                      ② 塩酸                      ③ ギ酸                      ④ ホウ酸                      ⑤ 硫酸

問 7 マグネシウムに関する記述として正しいものを下の①~⑥より3つ選べ。

- ① アルカリ金属である。  
② ジュラルミンの成分である。  
③ イオンを含む水溶液は炎色反応を示す。  
④ 単体は炭素や一酸化炭素で還元して得る。  
⑤ 酸化物は緩下剤(医薬品)として用いられる。  
⑥ 塩化物は豆腐を製造する際の凝固剤として利用される。

問 8 次の反応(1), (2)で発生した気体を捕集する方法として最も適当なものを下の①~③より選べ。同じものを2度選んでもよい。

(1) メタノールに単体のナトリウムを加える。

(2) 酢酸ナトリウム(無水塩)と水酸化ナトリウムを混合して加熱する。

- ① 上方置換      ② 下方置換      ③ 水上置換

問 9 次の化合物①~⑨のうち、塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えると青色~赤紫色に呈色するものを4つ選べ。

- |             |           |         |
|-------------|-----------|---------|
| ① アセチルサリチル酸 | ② アセトアニリド | ③ サリチル酸 |
| ④ サリチル酸メチル  | ⑤ 1-ナフトール | ⑥ フェノール |
| ⑦ ベンジルアルコール | ⑧ ニトロベンゼン | ⑨ メタノール |

(問題Ⅱは31ページから)

II 以下の問に答えよ。〔解答欄  ~  〕

問 1 設問(1)~(4)に答えよ。

(1) 水溶液中において、下の①~⑥にあげた2つの物質間で反応が起こるものをすべて選べ。

- ① KBr と Cl<sub>2</sub>                      ② KI と Cl<sub>2</sub>                      ③ NaCl と Br<sub>2</sub>  
④ KI と Br<sub>2</sub>                          ⑤ NaCl と I<sub>2</sub>                      ⑥ NaBr と I<sub>2</sub>

(2) 下の①~④の操作において、下線の物質が酸化されるものをすべて選べ。

- ① 赤鉄鉱から鉄を製錬する。  
② カリウムを水に加えて気体を発生させる。  
③ 次亜塩素酸ナトリウムを用いて衣服の汚れを漂白する。  
④ シュウ酸水溶液を用いて水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求める。

(3) 下の①~④の化合物を酸化剤として反応に使用する。①~④を、1 mol あたりに移動する電子が少ないものから順に並べよ。

- ① オゾン                      ② 酸素                      ③ 濃硝酸                      ④ ニクロム酸カリウム

酸化剤 1 mol あたりの電子の移動  <  <  <

(4) 4種類の金属 **キ** , **ク** , **ケ** , **コ** は, 下の①~⑨のいずれかである。表に **キ** ~ **コ** の熱水または酸との反応性を示す。また, 下記の文章(a)~(c)は **キ** ~ **コ** のイオンを含む溶液に関する記述である。 **キ** ~ **コ** に該当する金属を下の①~⑨より1つずつ選べ。

- ① 亜鉛      ② アルミニウム    ③ カルシウム    ④ 金      ⑤ 銀  
 ⑥ 鉄      ⑦ ナトリウム    ⑧ 鉛      ⑨ マグネシウム

表 熱水または酸との反応性

金属	<b>キ</b>	<b>ク</b>	<b>ケ</b>	<b>コ</b>
熱水	○	×	×	×
希塩酸	○	○	○	×
濃硝酸	○	○	×	○

○ : 反応する, × : 反応しない, またはほとんど反応しない

- (a) **キ** が熱水と反応して生成した溶液に希硫酸を加えると白色沈殿が生じる。
- (b) 塩基性条件下, **ク** , **ケ** , **コ** それぞれの硝酸塩水溶液に硫化水素を通じると, **ク** の硝酸塩水溶液では白色沈殿が生じ, **ケ** と **コ** の硝酸塩水溶液では黒色沈殿が生じる。
- (c) **ク** と **コ** それぞれの硝酸塩水溶液に銅線を浸すと, **コ** の硝酸塩水溶液のみで金属樹が生成する。

問 2 濃度不明の過酸化水素水 X の過酸化水素濃度を酸化還元滴定で求める実験を行った。下の「実験」を読み、以下の問に答えよ。

「実験」

コニカルビーカーに 10.0 mL の X を正確にはかり取り、( A ) を加えて酸性にした。これを  $2.00 \times 10^{-2}$  mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、20.0 mL を加えた時点で過酸化水素と過マンガン酸カリウムが過不足なく反応し、終点に達した。

(1) 下の①～⑦で下線の原子の酸化数が、過酸化水素の酸素原子の酸化数と同じものはどれか。すべて選べ。

- ① NaH                      ② H<sub>2</sub>S                      ③ KI                      ④ FeCl<sub>3</sub>  
 ⑤ MnO<sub>2</sub>                      ⑥ N<sub>2</sub>                      ⑦ SO<sub>2</sub>

(2) 「実験」において、過酸化水素は( C )であり、電子を( D )はたらきをして( E )になる。( C )～( E )に入る語句の組み合わせとして正しいものを下表の①～⑧より選べ。

	( C )	( D )	( E )
①	酸化剤	与える	酸素
②	酸化剤	与える	水
③	酸化剤	受け取る	酸素
④	酸化剤	受け取る	水
⑤	還元剤	与える	酸素
⑥	還元剤	与える	水
⑦	還元剤	受け取る	酸素
⑧	還元剤	受け取る	水

(3) 「実験」の過酸化水素と過マンガン酸カリウムとはどのような物質比で反応するか。最も簡単な整数比で答えよ。

過酸化水素：過マンガン酸カリウム =  :



(4) 「実験」の( A )に入る適切な酸を下の①~③よりすべて選べ。

- ① 希塩酸                      ② 希硝酸                      ③ 希硫酸

(5) ( A )に不適切な酸を用いた場合、過酸化水素の濃度を正しく求めることができない。  
下の現象1や現象2が生じる恐れがあるものどれか。下の①~④より該当するものをすべて選べ。

現象1：過酸化水素濃度が実際の値より高い値となる。

現象2：過酸化水素濃度が実際の値より低い値となる。

- ① 希塩酸                      ② 希硝酸                      ③ 希硫酸                      ④ 該当なし

(6) 下線部Bの終点は、コニカルビーカー中の溶液のどのような変化によって知ることができるか。最も適当な変化を下の①~⑦より選べ。

- ① 気体の発生の終了  
② 無色から赤紫色への変化  
③ 赤紫色から無色への変化  
④ デンプンを指示薬とし、青紫色から無色への変化  
⑤ デンプンを指示薬とし、無色から青紫色への変化  
⑥ フェノールフタレインを指示薬とし、赤色から無色への変化  
⑦ フェノールフタレインを指示薬とし、無色から赤色への変化

(7) Xの過酸化水素濃度を、有効数字3桁で求めよ。ただし、解答欄の  は符号とし、+の時は①を、-の時は②をマークせよ。

.   × 10 mol/L

III 以下の間に答えよ。〔解答欄  ~  〕

問 1 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

アミノ酸はタンパク質の構成成分であり、ヒトのタンパク質を加水分解すると約 20 種の  $\alpha$ -アミノ酸が得られる。それぞれのアミノ酸は側鎖の違いによって、様々な性質を持つ。また、アミノ酸は分子内にカルボキシ基とアミノ基を持ち、分子内に正と負の両電荷をもつ双性イオンになることがある。一般式  $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$  で表され、側鎖 R が水素原子 H である  を除いて不斉炭素原子があり、光学異性体が存在する。

アミノ酸は、酸と塩基の両方の性質を持ち、アミノ酸に  と濃硫酸を加えて加熱すると、カルボキシ基が  され、酸としての性質を失う。一方、アミノ酸のアミノ基に  を作用させると、 され、塩基としての性質を失う。

(1)  に当てはまるアミノ酸はどれか。下の①~⑩より 1 つ選べ。

- |           |            |         |
|-----------|------------|---------|
| ① アスパラギン酸 | ② アラニン     | ③ グリシン  |
| ④ グルタミン酸  | ⑤ システイン    | ⑥ セリン   |
| ⑦ チロシン    | ⑧ フェニルアラニン | ⑨ メチオニン |
| ⑩ リシン     |            |         |

(2)  に適当な化合物はどれか。下の①~⑧より 1 つ選べ。

- |         |         |            |
|---------|---------|------------|
| ① アンモニア | ② エタノール | ③ 塩酸       |
| ④ 塩素    | ⑤ 硝酸    | ⑥ 水酸化ナトリウム |
| ⑦ 無水酢酸  | ⑧ フェノール |            |

(3)  に適当な反応はどれか。下の①~⑦より 1 つ選べ。

- |         |         |         |        |
|---------|---------|---------|--------|
| ① アルキル化 | ② エステル化 | ③ けん化   | ④ ジアゾ化 |
| ⑤ スルホン化 | ⑥ ニトロ化  | ⑦ ハロゲン化 |        |

(4)  に適当な化合物はどれか。下の①~⑦より 1 つ選べ。

- |         |            |        |
|---------|------------|--------|
| ① アンモニア | ② エタノール    | ③ 塩酸   |
| ④ 塩素    | ⑤ 水酸化ナトリウム | ⑥ 無水酢酸 |
| ⑦ フェノール |            |        |

(5)  に適当な反応はどれか。下の①~⑦より1つ選べ。

- ① アセチル化      ② アルキル化      ③ けん化      ④ ジアゾ化  
⑤ スルホン化      ⑥ ニトロ化      ⑦ ハロゲン化

問 2 側鎖の性質の違いによって、アミノ酸を同定する方法がある。その同定方法について、以下の間に答えよ。

(1) アミノ酸水溶液に水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酸を加えて中和後、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると黒色沈殿が生じる。この反応を示すアミノ酸を下の①~⑧より1つ選べ。

- ① アスパラギン酸    ② アラニン      ③ グリシン      ④ グルタミン酸  
⑤ システイン      ⑥ セリン      ⑦ チロシン      ⑧ リシン

(2) アミノ酸水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色に着色し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色を呈する。これはアミノ酸のチロシンを検出する方法である。この反応の名称、利用している反応、検出する官能基をそれぞれ1つずつ選べ。

反応の名称

- ① キサントプロテイン反応    ② 銀鏡反応      ③ ジアゾカップリング反応  
④ ビウレット反応      ⑤ フェーリング反応    ⑥ ヨウ素デンプン反応

利用している反応

- ① アセチル化      ② アルキル化      ③ エステル化      ④ けん化  
⑤ ジアゾ化      ⑥ スルホン化      ⑦ ニトロ化      ⑧ ハロゲン化

検出する官能基

- ① アゾ基      ② アルデヒド基    ③ アミノ基      ④ スルホ基  
⑤ 二重結合    ⑥ ヒドロキシ基    ⑦ ベンゼン環    ⑧ メチル基  
⑨ リン酸基

問 3 pH 6.0 の緩衝液で湿らせたろ紙の中心に、アミノ酸 A, B, C の混合水溶液をつけ (図 2(a)), 直流電圧をしばらくかけた。その後、ろ紙にニンヒドリン溶液を吹き付けて加温し、アミノ酸を発色させたところ、3つの発色点 1, 2, 3 が観察された (図 2(b))。この実験に関し、以下の問に答えよ。アミノ酸 A~C は、アラニン、グルタミン酸、リシンのいずれかであり、それぞれの等電点は、下表の通りである。

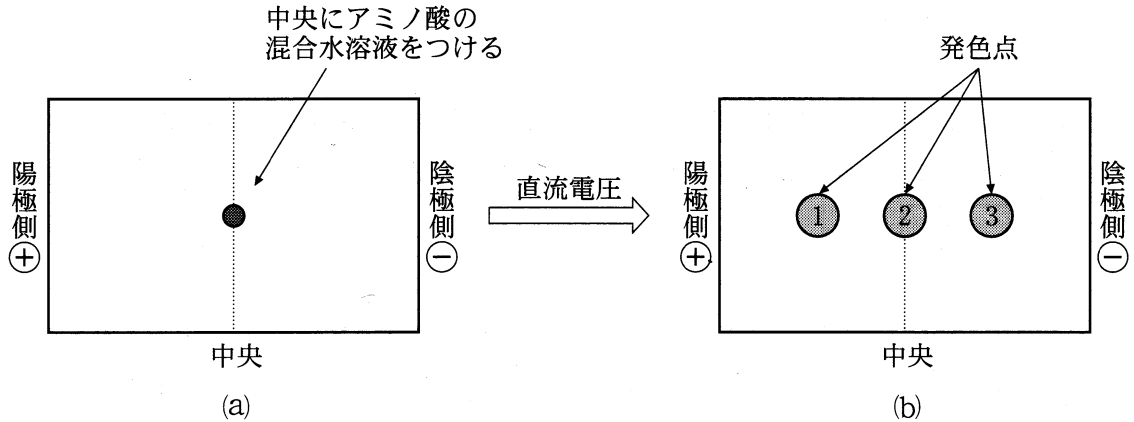


図 2

表 アミノ酸の等電点

アミノ酸	等電点
アラニン	6.0
グルタミン酸	3.2
リシン	9.7

(1) 発色点 1 がアミノ酸 A, 2 が B, 3 が C である時、アミノ酸 A, B, C は何か。下の①~③より選べ。

A  B  C

① アラニン      ② グルタミン酸      ③ リシン

(2) 同様の実験を pH 12.0 の緩衝液を用いて行う場合、アミノ酸 A, B, C は、どのように移動するか。最も適当なものを下の①～⑦より選べ。

- ① A～Cのすべてが、中央から動かない。
- ② A～Cのすべてが、中央よりも陽極側に移動する。
- ③ A～Cのすべてが、中央よりも陰極側に移動する。
- ④ AとBが陽極側へ、Cが陰極側に移動する。
- ⑤ Aが陽極側へ、BとCが陰極側に移動する。
- ⑥ Bが中央にとどまり、Aが陽極側、Cが陰極側に移動する。
- ⑦ Bが中央にとどまり、Aが陰極側、Cが陽極側に移動する。

問 4 1種類の $\alpha$ -アミノ酸のみで構成される、分子量約 10,000 の直鎖状のポリペプチドがある。

この $\alpha$ -アミノ酸は側鎖に窒素原子を含まない。

このポリペプチド 0.524 g を分解促進剤の存在下、濃硫酸とともに加熱して $\alpha$ -アミノ酸まで完全に加水分解した。その後、過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、標準状態で 89.6 mL のアンモニアが発生した。このポリペプチドを構成する $\alpha$ -アミノ酸の分子量を求めよ。ただし、ペプチドの両末端の H, OH は無視して計算して良い。

$\alpha$ -アミノ酸の分子量