

受験番号							氏名
------	--	--	--	--	--	--	----

2022 年度

# 理 科

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりです。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～14	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	15～27	
生 物	28～49	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。また、問題冊子に計算用紙が挟んであるのでメモや計算に用いて構いません。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークしなさい。

### ① 受験番号欄

受験番号を5ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する5ケタをマークしなさい。(例)受験番号10025番→ $\left[ \begin{array}{c} 1 \\ | \\ 0 \\ | \\ 0 \\ | \\ 2 \\ | \\ 5 \end{array} \right]$ と記入。

### ② 氏名欄 氏名・フリガナを記入しなさい。

### ③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。

6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークしなさい。

例えば 15 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークしなさい。薄いもの、不完全なものは解答したことにはなりません。

(例)

解答番号	解	答	欄								
15		①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消しなさい。鉛筆の色や消しくずが残ったり、●のような消し方などをした場合は、修正したことになりません。
8. すべて選べという指示のある問題を除き、それぞれの問題で指定された数よりも多くの解答をマークした場合は無解答とみなされます。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはいけません。
10. 試験終了後、問題冊子、解答用紙、計算用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

# 化 学

(注意) 問題文中に指定がない場合、解答にあたって必要ならば、次の数値および条件を用いよ。

原子量：H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1, Br = 79.9

気圧：1.00 atm =  $1.01 \times 10^5$  Pa

0℃の絶対温度： $T = 273.0$  K

標準状態の気体 1.00 mol の体積：22.4 L

気体はすべて、理想気体としてふるまうものとする。

**第1問** 以下の問1～5の各群の①～⑤の中には、それぞれの問いの指示に該当するものが一つだけあるか、一つもないかのいずれかである。指示に該当するものが①～⑤の中に存在する場合は、①～⑤のうちから最も適切なもの一つを選べ。該当するものがない場合は⑥を選べ。

問1 

1
---

指示：誤りを含むもの

- ① 有機化合物の分子式は、実験から求めた組成式(実験式)と分子量により、導き出すことができる。
- ② 分子式  $C_2H_6O$  には二つの構造異性体が考えられる。その二つの構造異性体のうち、標準大気圧の下で沸点の高い方がジメチルエーテル  $CH_3OCH_3$  である。
- ③ 芳香族炭化水素を除く環式炭化水素を脂環式炭化水素という。シクロヘキサンやシクロヘキセンは脂環式炭化水素である。
- ④ エチル基  $C_2H_5-$  のような、炭化水素分子から水素原子 H がとれた形の基を炭化水素基という。エチル基は疎水基に分類される。
- ⑤ 異性体のうち、分子の構造式が異なる異性体を構造異性体、原子のつながり方が同じでも、原子や基の立体的な配置が異なる異性体を立体異性体という。シス-トランス異性体や鏡像異性体は立体異性体に分類される。
- ⑥ (①～⑤のどこにも誤りは含まれていない。)

問 2 2

指示：誤りを含まないもの

- ① 物質が水に溶けてイオンに分かれる現象を電解質といい、水に溶けてイオンに分かれない現象を非電解質という。
- ② アルコールには親水基が含まれるので、1-ドデカノール  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OH}$  も水に良く溶ける。
- ③ 固体の溶解度は、その温度で溶媒 100 g に溶ける溶質の最大質量 [g] の数値で表し、気体の溶解度は、気体の圧力 (分圧) が 1.00 Pa のときに溶媒 100 mL に溶ける気体の最大物質量 [mol] の数値で表す。
- ④ 溶液のモル濃度とは、溶媒 1.00 L に溶けている溶質の量を、物質量 [mol] で表した濃度のことである。
- ⑤ 溶質が通過できない半透膜で仕切られた U 字管の一方の側に水、他方の側に水溶液を、それぞれ液面の高さが同じになるように入れたのち、長時間静置した。すると、両液面の高さに差が生じた。再び両方の液面の高さを同じにするには、水を入れた方の側の液面に正の圧力を加える必要がある。この圧力をその水溶液の浸透圧という。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 3

3

指示：誤りを含まないもの

- ① ある可逆反応に対して，その反応が平衡状態に達するまでの時間が短くなる触媒を用いると，逆反応の活性化エネルギーは大きくなる。
- ② 可逆反応が平衡状態にあるとき，正反応と逆反応の反応速度定数は互いに等しい。
- ③ 可逆反応では，平衡状態に達していなくても，正反応と逆反応の速さは等しい。
- ④ 可逆反応が平衡状態に達する場合でも，難溶性の塩が生じる場合(例えば  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$ )は正反応も逆反応も停止している。
- ⑤ 気体の吸熱反応では，運動エネルギーの小さい分子の数の割合が増えるほど反応が速く進行する。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 4

4

指示：誤りを含まないもの

- ① シクロヘキサン  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  の 6 個の炭素原子はすべて同一平面上にある。
- ② マレイン酸  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$  は二重結合を中心にカルボキシ基が鏡写しの関係にあるため，鏡像異性体である。
- ③ アンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  の N—H 結合には極性があるが，互いに打ち消し合うため，イオン全体として無極性なので，アンモニウムイオンを含む塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  は水に溶けない。
- ④ ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸イオン  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  の構造は正六面体構造である。
- ⑤ リボ核酸 RNA は 2 本のポリヌクレオチドからなる二重らせん構造をしている。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

## 問 5

5

指示：誤りを含まないもの

- ① 国際単位系では、圧力の単位に Pa が用いられる。1.00 cm<sup>2</sup>の面積に 1.00 N の力がはたらくときの圧力を 1.00 Pa で表す。
- ② 気体中の分子はすべて、一定の温度下では決まった大きさのエネルギーをもって熱運動している。また、その速さは、温度が高いほど大きく、分子量が大きいほど大きい。
- ③ 液面付近で比較的大きな運動エネルギーをもつ液体分子が、それらの分子間にはたらく分子間力に打ち勝って、液体表面から空間に飛び出す現象を昇華という。
- ④ 一定温度の下では、液体の蒸気圧は物質ごとに固有の値を示す。他の物質の気体が共存しても、その値は変わらない。
- ⑤ ある物質の温度と圧力を上げていくと、気体・液体の区別がつかなくなる。この点を三重点という。
- ⑥ (①～⑤のすべてに誤りが含まれている。)

**第2問** 化合物Xに関する下記の実験1～4を読み、以下の各問い(問1～7)に答えよ。

**実験1**：化合物Xに水を加えると気体Aが発生し、無機化合物Bを含む白濁液が得られた。このときに発生した気体Aを捕集した。次に、硫酸水銀(II)  $\text{HgSO}_4$  を触媒として、気体Aに水を付加させると有機化合物Cが生成した。この有機化合物Cを酸化して有機化合物Dとしたのち、無機化合物Bで中和して塩Eとした。空気を断って塩Eを熱分解すると、有機化合物Fを与えた。

**実験2**：実験1で得られた無機化合物Bを含む白濁液をろ過し、ろ液に二酸化炭素を吹き込むと、白色沈殿を生じた。さらに二酸化炭素を吹き込み続けると、やがて白色沈殿は溶解し、無色透明な水溶液となった。こうして得られた水溶液の炎色反応を行ったところ、橙赤色を示した。

**実験3**：硝酸銀  $\text{AgNO}_3$  水溶液にアンモニア水( $\text{NH}_3$ 水溶液)を少量加えると、褐色沈殿Gを生じたが、さらにアンモニア水を加えると褐色沈殿は溶解し、無色透明の溶液となった。この溶液をアンモニア性硝酸銀水溶液とする。アンモニア性硝酸銀水溶液に有機化合物Cを加えると、有機化合物Dの塩が得られた。また、気体Aをアンモニア性硝酸銀水溶液に吹き込むと、白色沈殿を生じた。

**実験4**：気体Aを赤熱した鉄に触れさせると、3分子の気体Aから1分子の有機化合物Hが生成した。有機化合物Hを適切な触媒下でプロペン  $\text{C}_3\text{H}_6$  と反応させると有機化合物Iとなった。有機化合物Iを酸化したのち、酸で分解するとフェノール  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$  と有機化合物Fが得られた。

**問1** 実験1の気体Aと同じ方法で捕集する気体を、以下の①～⑨のうちから三つ選べ。

6

- ① アンモニア    ② 一酸化窒素    ③ 塩化水素    ④ 塩素  
⑤ 酸素    ⑥ 水素    ⑦ 二酸化硫黄    ⑧ 二酸化窒素  
⑨ 硫化水素

問 2 無機化合物 B として最も適切なものを、以下の①～⑧のうちから一つ選べ。

7

- ① 過リン酸石灰 ② さらし粉 ③ 重曹 ④ 消石灰  
⑤ 生石灰 ⑥ セッコウ ⑦ にがり ⑧ 蛍石

問 3 有機化合物 D あるいはその塩が生成物中に含まれる反応を、以下の①～⑧のうちから三つ選べ。ただし、各反応は完全に進行するものとせよ。

8

- ① アセトンの水溶液にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温める。  
② 塩化パラジウム(Ⅱ)  $\text{PdCl}_2$  と塩化銅(Ⅱ)  $\text{CuCl}_2$  を触媒として、エチレンを酸素で酸化する。  
③ 酢酸ナトリウムの無水物を水酸化ナトリウムとともに加熱する。  
④ 濃硫酸を  $160\sim 170\text{ }^\circ\text{C}$  に加熱しながらエタノールを加える。  
⑤ リン酸触媒のもと加熱・加圧をして、エチレンに水蒸気を付加させる。  
⑥ メタノールの蒸気にバーナーで焼いた銅線を触れさせる。  
⑦ 酢酸エチルに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱する。  
⑧ サリチル酸と無水酢酸を反応させる。

問 4 塩 E として最も適切なものを、以下の①～⑦のうちから一つ選べ。

9

- ① 酢酸カリウム ② 酢酸カルシウム ③ 酢酸ストロンチウム  
④ 酢酸銅(Ⅰ) ⑤ 酢酸ナトリウム ⑥ 酢酸バリウム  
⑦ 酢酸リチウム

問 5 有機化合物 F として最も適切なものを、以下の①～⑧のうちから一つ選べ。

10

- ① アセトアルデヒド      ② アセトン      ③ エタノール  
④ ギ酸      ⑤ 酢酸      ⑥ 酢酸エチル  
⑦ 2-プロパノール      ⑧ ホルムアルデヒド

問 6 実験 3 の沈殿 G と同様に、少量のアンモニア水を加えると沈殿が生じ、過剰量のアンモニア水を加えるとその沈殿が再溶解するイオンを、以下の①～⑨のうちから二つ選べ。

11

- ①  $\text{Al}^{3+}$       ②  $\text{Ba}^{2+}$       ③  $\text{Ca}^{2+}$       ④  $\text{Cu}^{2+}$       ⑤  $\text{Fe}^{3+}$   
⑥  $\text{K}^+$       ⑦  $\text{Na}^+$       ⑧  $\text{Pb}^{2+}$       ⑨  $\text{Zn}^{2+}$

問 7 化合物 X を含む混合物 5.00 g に十分な量の水を加えて気体 A を発生させた。この気体 A の発生量は標準状態で 1.00 L であった。この混合物 100.0 g に含まれる化合物 X の質量は何 g か。最も適切な数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、反応は完全に進行し、化合物 X は水とのみ反応し、気体 A だけを発生するものとする。一方、この実験においては、混合物中に含まれる不純物および気体 A は、いかなる物質とも反応しないものとする。

12 g

- ① 7.00      ② 17.8      ③ 23.2      ④ 42.8      ⑤ 46.4  
⑥ 53.6      ⑦ 57.2      ⑧ 76.8      ⑨ 82.2      ⑩ 93.0



### 第3問 水素の同位体に関する以下の各問い(問1～4)に答えよ。

水素の同位体である  $^2\text{H}$  は重水素と呼ばれ、 $^2\text{H}$  の代わりに D と表記される。それに対して、重水素でない  $^1\text{H}$  は軽水素と呼ばれる。さまざまな化合物中の H を重水素 D に置換した化合物(以下、\*重水素化物と表記する)を合成することができる。重水素化物の性質は概ね置換する前の物質に似ているが、詳細に調べると少しずつ異なる性質を持つ。

重水  $\text{D}_2\text{O}$  は水の水素 H を二つとも重水素 D に置換したものであり、次のような性質とする。

	密度 (g/mL)	イオン積 ( $\text{mol}^2/\text{L}^2$ )
重水 ( $\text{D}_2\text{O}$ )	1.107	$10^{-14.88}$

なお、以下の各問いでは D の相対質量を 2.01 とせよ。

注) \*重水素化物イオン ( $^2\text{H}^-$ ) を含む物質という意味ではない。軽水素を重水素で置換したものという意味なので注意せよ。

問1 純粋な重水において、重水分子を溶質かつ溶媒ととらえると、「重水中の重水の濃度」を仮想的に計算することができる。具体的には、濃度の単位に応じて「一定の体積あるいは質量の、溶液もしくは溶媒中に溶存している重水分子の物質質量」として計算できる。

では、純粋な重水に含まれる重水の質量モル濃度はいくらか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、重水の電離は無視せよ。

- [ 13 ] mol/kg
- ① 0.0051    ② 0.0056    ③ 0.050    ④ 0.055    ⑤ 0.51  
⑥ 0.56    ⑦ 5.0    ⑧ 5.5    ⑨ 50    ⑩ 55

問 2 重水中では  $D_2O \rightleftharpoons D^+ + DO^-$  の平衡が成り立っている。水素イオン指数 (pH) に対応させて、重水溶液中の重水素イオン濃度  $[D^+]$  を表す重水素イオン指数を  $pD = -\log_{10}[D^+]$  と定義するとき、純粋な重水の pD はいくらか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

14

- ① 2.0      ② 4.9      ③ 7.0      ④ 7.4      ⑤ 7.9  
 ⑥ 10.0      ⑦ 14.0      ⑧ 14.4      ⑨ 14.9      ⑩ 29.8

問 3 酢酸の重水素化物  $CD_3COOD$  を重酢酸という。重酢酸を重水に溶かした 0.10 mol/L の溶液の pD はいくらか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、重酢酸の重水中における電離定数は  $4.8 \times 10^{-6}$  mol/L とする。また、必要に応じて  $\log_{10} 2 = 0.301$ ,  $\log_{10} 3 = 0.477$ ,  $\log_{10} 5 = 0.698$ ,  $\log_{10} 7 = 0.845$ ,  $\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.23$ ,  $\sqrt{7} = 2.64$  を用いよ。

15

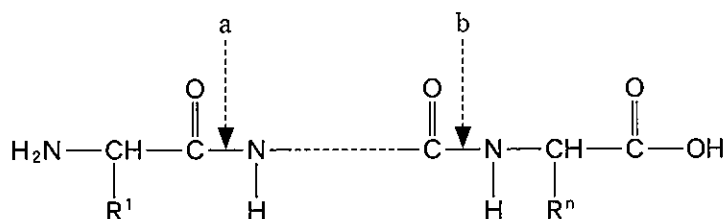
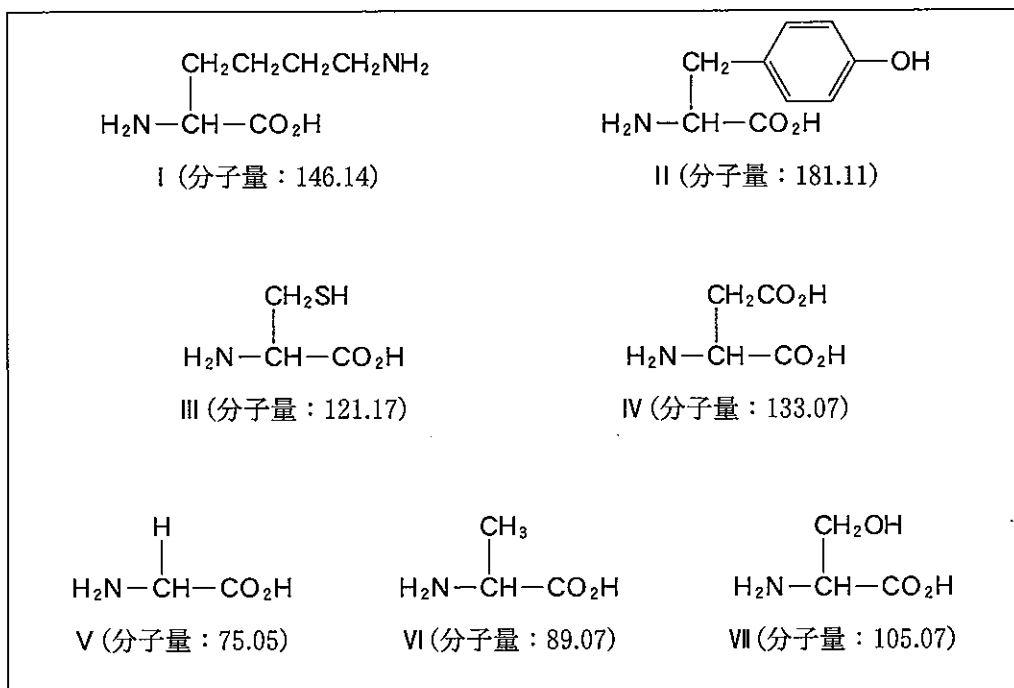
- ① 1.1      ② 1.9      ③ 2.2      ④ 2.9      ⑤ 3.2  
 ⑥ 3.9      ⑦ 4.2      ⑧ 4.9      ⑨ 5.2      ⑩ 5.9

問 4 重酢酸のナトリウム塩である重酢酸ナトリウム  $CD_3COONa$  を、重水に溶かした 0.10 mol/L の溶液の pD はいくらか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、必要に応じて問 3 に示した数値を用いよ。また、重水酸化ナトリウム NaOD は、重水中で完全に電離すると考えてよい。

16

- ① 4.6      ② 5.2      ③ 5.9      ④ 6.8      ⑤ 8.1  
 ⑥ 8.9      ⑦ 9.3      ⑧ 9.6      ⑨ 10.3      ⑩ 11.1

**第4問** 下の枠内に示した7種類のアミノ酸Ⅰ～Ⅶのうちの数種類がペプチド結合のみによって直鎖状に結合したペプチドXに関する次のページの各文ア～キを読み、以下の各問い(問1～4)に答えよ。



ペプチドX (R<sup>1</sup>, …R<sup>n</sup>はそれぞれ、構成するアミノ酸の側鎖を表す)

- ア. 1分子のペプチドXには、同じアミノ酸が複数個含まれることはない。また、ペプチドXに含まれる側鎖はすべて、枠内に描かれた各アミノ酸の側鎖のいずれかと同じ構造を保っている。つまり、ペプチドXには、これを構成するアミノ酸の側鎖の官能基が縮合した構造などは含まれない。
- イ. ペプチドXを破線矢印aの位置(N末端側のペプチド結合)1箇所だけで加水分解すると、アミノ酸AとペプチドBが生成する。一方、破線矢印bの位置(C末端側のペプチド結合)だけで加水分解すると、アミノ酸CとペプチドDが生成する。ペプチドXに含まれるペプチド結合を1個だけ加水分解する反応としては他に、ペプチドEとペプチドFが得られるものと、ペプチドGとペプチドHが得られるものの2種類がある。なお、ペプチドE、F、GおよびHはすべて、不斉炭素原子を2個ずつ含む。
- ウ. ペプチドXの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱したのち、中和してから酢酸鉛(II)水溶液を滴下すると、黒色の沈殿が生じた。アミノ酸Aでも同様の結果が得られた。
- エ. ペプチドXの水溶液に濃硝酸を加え、加熱すると、黄色に変化した。これを冷却してからアンモニア水を加えて塩基性にすると、橙黄色に変化した。アミノ酸CおよびペプチドFでも同様の結果が得られた。
- オ. ペプチドXの水溶液に薄い水酸化ナトリウム水溶液を加え、塩基性にしたのち、硫酸銅(II)水溶液を数滴滴下してからふり混ぜると、赤紫色に変化した。同じ実験をペプチドE、F、GおよびHに対して試みたところ、ペプチドFとペプチドGについてのみ、同様の結果が得られた。一方、ペプチドEの実験とペプチドHの実験では、赤紫色への変化は認められなかった。
- カ. ペプチドEのすべてのペプチド結合を加水分解し、得られたアミノ酸をpH6.0の緩衝液に溶解させ、電気泳動を行うと、移動しないアミノ酸と陽極側に向かって移動するアミノ酸のみが観察された。
- キ. カと同じ実験をペプチドFについて行うと、移動しないアミノ酸と陰極側に向かって移動するアミノ酸のみが観察された。

注) 酸性アミノ酸と塩基性アミノ酸以外のアミノ酸は、カおよびキの電気泳動では移動しないものとする。

問 1 アミノ酸 A は次の①～⑦のうちのどれか。あてはまるものを一つ選べ。

17

- ① アミノ酸Ⅰ    ② アミノ酸Ⅱ    ③ アミノ酸Ⅲ    ④ アミノ酸Ⅳ  
⑤ アミノ酸Ⅴ    ⑥ アミノ酸Ⅵ    ⑦ アミノ酸Ⅶ

問 2 アミノ酸 C は次の①～⑦のうちのどれか。あてはまるものを一つ選べ。

18

- ① アミノ酸Ⅰ    ② アミノ酸Ⅱ    ③ アミノ酸Ⅲ    ④ アミノ酸Ⅳ  
⑤ アミノ酸Ⅴ    ⑥ アミノ酸Ⅵ    ⑦ アミノ酸Ⅶ

問 3 次の①～⑩のうちから、記述内容が正しいものをすべて選べ。ただし、この問題では、選択した正解選択肢の数に応じて得点を与え、選択した不正解選択肢の数に応じて減点する。なお、選択した不正解選択肢の数が選択した正解選択肢の数を上回る場合は 0 点とする。

19

- ① ペプチド B の分子量は、ペプチド D のそれよりも大きい。  
② ペプチド E の分子量は、ペプチド F のそれよりも大きい。  
③ ペプチド E の分子量は、ペプチド H のそれよりも大きい。  
④ ペプチド F の分子量は、ペプチド D のそれよりも大きい。  
⑤ ペプチド F の分子量は、ペプチド G のそれよりも大きい。  
⑥ ペプチド G の分子量は、ペプチド B のそれよりも大きい。  
⑦ ペプチド H の分子量は、ペプチド G のそれよりも大きい。  
⑧ アミノ酸 A の分子量は、ペプチド E の分子量とアミノ酸 A の分子量との差よりも大きい。  
⑨ アミノ酸 A の分子量は、ペプチド H の分子量とアミノ酸 C の分子量との差よりも大きい。  
⑩ アミノ酸 C の分子量は、ペプチド F の分子量とアミノ酸 C の分子量との差よりも大きい。  
⑪ アミノ酸 C の分子量は、ペプチド G の分子量とアミノ酸 A の分子量との差よりも大きい。

問 4 次の①～⑪のうちから、記述内容が正しいものをすべて選べ。なお、採点の方式は、問 3 と同じとする。

20

- ① ペプチド B, D, F および G のすべてにアミノ酸 I が含まれる。
- ② ペプチド B, D, F および G のすべてにアミノ酸 III が含まれる。
- ③ ペプチド B, D, F および G のすべてにアミノ酸 V が含まれる。
- ④ ペプチド B, D, F および G のどれにもアミノ酸 VI は含まれない。
- ⑤ ペプチド B, D, F および G のどれにもアミノ酸 VII は含まれない。
- ⑥ オと同じ実験をペプチド B について行くと、赤紫色への変化が認められる。
- ⑦ カの実験と同じ条件でアミノ酸 A の電気泳動を行うと、アミノ酸 A は陰極側に向かって移動する。
- ⑧ カの実験と同じ条件でアミノ酸 C の電気泳動を行うと、アミノ酸 C は陰極側に向かって移動する。
- ⑨ カと同じ実験をペプチド D について行くと、移動しないアミノ酸と陽極側に向かって移動するアミノ酸の他に、陰極側に向かって移動するアミノ酸も観察される。
- ⑩ カと同じ実験をペプチド G について行くと、移動しないアミノ酸と陰極側に向かって移動するアミノ酸のみが観察される。
- ⑪ カと同じ実験をペプチド H について行くと、移動しないアミノ酸と陰極側に向かって移動するアミノ酸のみが観察される。