

(平 27 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～23
地 学	24～28

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

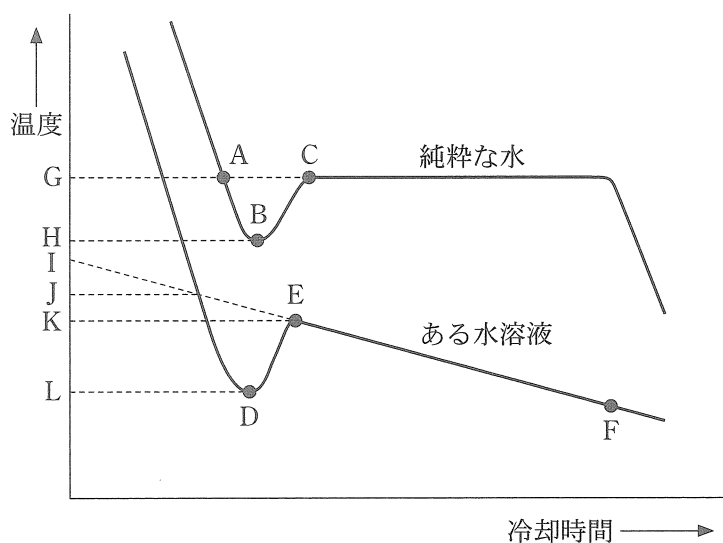
化 学

計算のために必要であれば、以下の値を用いなさい。

原子量：H 1.0 C 12 O 16 Na 23 Cl 35 Ca 40

I 次の文章を読んで問 1 ～ 6 に答えなさい。(配点 18 点)

下図は常圧において純粋な水と「ある水溶液」をゆっくりと冷却したときの温度と冷却時間の関係(冷却曲線)を模式的に表したものである。



問 1 A から B までの状態のことをなんと呼ぶか。

問 2 B から C への過程で純粋な水の状態がどのように変化するか説明しなさい。

問 3 B から C への過程で温度が上昇する理由を説明しなさい。

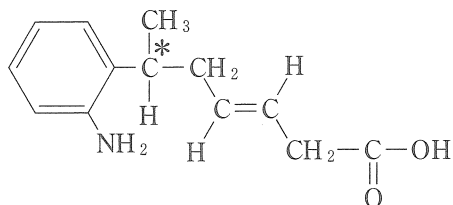
問 4 「ある水溶液」の凝固点を示すのは、図の G, H, I, J, K, L のうちどれか、記号で答えなさい。

問 5 E から F にかけて冷却曲線が傾いている理由を説明しなさい。

問 6 「ある水溶液」が質量パーセント濃度 7.5 % の塩化ナトリウム水溶液であった場合の凝固点は何℃になるか、有効数字 2 けたで求めなさい。ただし、結果だけではなく計算の過程も解答すること。なお、その温度において、塩化ナトリウムは水に溶けて完全に電離しているものとする。また、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ である。モル凝固点降下は質量モル濃度が 1 mol/kg の溶液の凝固点降下度を意味する。

- Ⅱ 次の文章(a)～(c)を読んで、問 1 ～ 7 に答えなさい。なお構造式は下記の例にならって書きなさい。(配点 21 点)

構造式の記入例



*は不斉炭素原子を表す

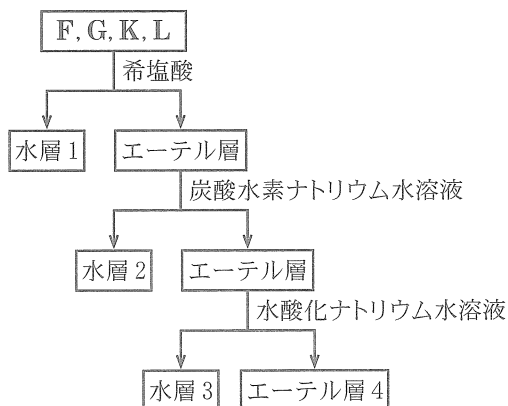
- (a) 鎖式炭化水素 A, B, C に関して以下のことがわかっている。B は A より分子量が 14 小さく, C は A より分子量が 28 小さい。84 mg の A を完全に燃焼させると, 二酸化炭素 264 mg と水 108 mg が得られた。C に白金を触媒として水素を反応させると分子量 30 の炭化水素 D が生成した。A には幾何異性体は存在せず臭素の四塩化炭素溶液と反応させると不斉炭素原子を有する E が生成した。
- (b) 触媒を用いて, ベンゼンと B を反応させると F が生成した。F を空気酸化した後, 希硫酸と反応させると, 弱酸性の G とケトン H が生成した。さらに, G を硝酸と穏やかに反応させると, ベンゼンのパラ二置換体である I とオルト二置換体である J が得られた。I をスズと濃塩酸によって還元すると K の塩酸塩が生成した。また, トルエンを過マンガン酸カリウムによって酸化すると酸性の L が生成した。
- (c) F, G, K および L を用いて, 実験アおよびイを行った。実験の概要は図に示した。

実験ア：F, G, K および L をジエチルエーテルに加え, さらに希塩酸を加えてよく振り混ぜて静置した。分離した水層 1 を取り除いた後, 残ったエーテル層に炭酸水素ナトリウム水溶液を加え, よく振り混ぜて静置した。分離した水層 2 を取り除いた後, 残ったエーテル層に水酸化ナトリウム水溶液を加え, よく振り混ぜて静置すると, 水層 3 とエーテル層 4 に分離した。

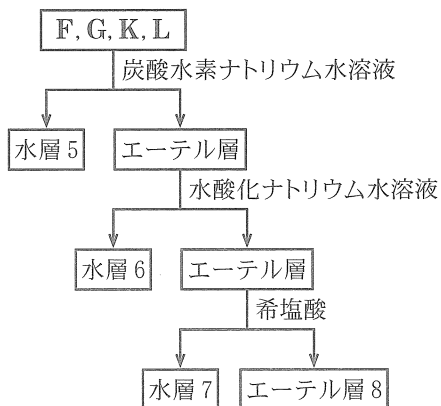
実験イ：F, G, K および L をジエチルエーテルに加え, さらに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜて静置した。分離した水層 5 を取り除いた後, 残ったエーテル層に水酸化ナトリウム水溶液を加え, よく振り混ぜて静置した。分離した水層 6 を取り除いた後, 残ったエーテル層に希塩酸を加え, よく振り混ぜて静置すると, 水層 7 とエーテル層 8 に分離した。

実験の概要

実験ア



実験イ



問 1 化合物 A の異性体のうちで、互いにシーストランス異性体の関係にある化合物の構造式を書きなさい。ただし、それらの構造の違いがわかるように書くこと。

問 2 化合物 D および H の名称を書きなさい。

問 3 化合物 E の構造式を書き、不斉炭素原子に*印を付けなさい。

問 4 下線部に相当する化学反応式を書きなさい。なお、触媒は書かなくてよい。

問 5 化合物 K の構造式を書きなさい。

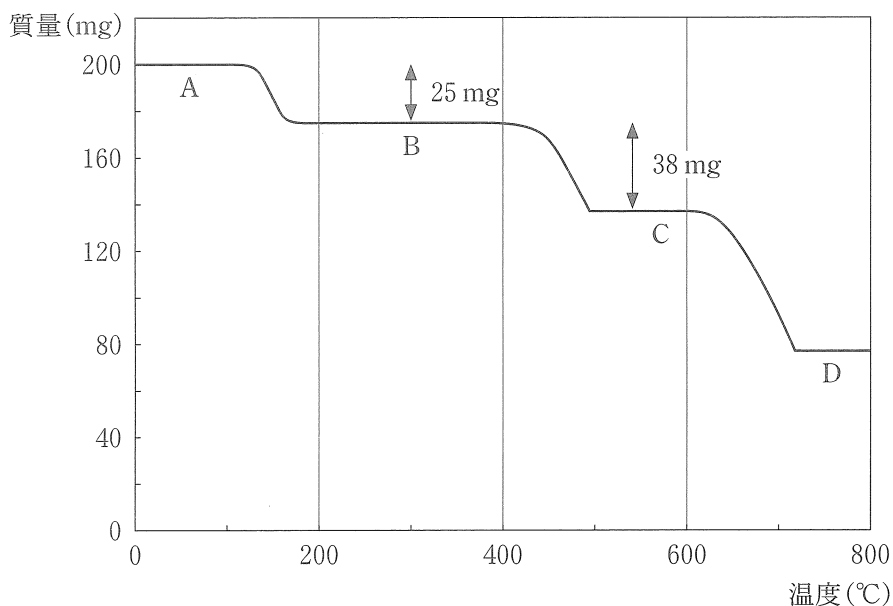
問 6 (c)の実験アおよびイのそれぞれにおいて、化合物 K もしくはその塩は、番号を付けた層(水層またはエーテル層)のどれに入ると考えられるか、最もふさわしい層の番号を答えなさい。

問 7 (c)の実験アおよびイのうちの片方では、番号を付けた層(水層またはエーテル層)のうちで、化合物 F, G, K, L もしくはそれらの塩のいずれも含まれない層が生じると考えられる。その層の番号を答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで問 1 ～ 7 に答えなさい。(配点 18 点)

カルシウムは周期表の ア 族の元素である。その族の元素のうちで、原子番号の大きい 4 種の元素は イ 金属と呼ばれ、それらを含む化合物の中にはわれわれの身の回りで利用されているものも多い。たとえば、カルシウムを含む化合物である ウ は水に溶けやすく、乾燥剤や道路などの凍結防止剤に用いられている。また、エ の硫酸塩は水に溶けにくく、医療用の X 線撮影の造影剤として利用されており、その硝酸塩は黄緑色の炎色反応を示し、花火の発色にも利用されている。

シュウ酸カルシウム一水和物 $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 200 mg を乾燥した窒素気流中で、昇温速度が一定になるように加熱した時の、質量の変化は下図のようになった。すなわち、図の A と B の間で 25 mg の質量減少があり、B と C の間で 38 mg の質量減少があった。また、図の C と D の間で発生する気体には石灰水を濁らせる性質があったが、B と C の間で発生する気体にはなかった。また、この実験で発生するいずれの気体にもカルシウムは含まれていなかった。



問 1 空欄

ア

 ～

エ

 にあてはまる適切な数字，語句などを書きなさい。

問 2 A と B の間で試料の式量はどれだけ減少したか，有効数字 2 けたで答えなさい。

問 3 A と B の間でどのような変化が起こったか，説明しなさい。

問 4 B と C の間で試料の式量はどれだけ減少したか，有効数字 2 けたで答えなさい。

問 5 B と C の間で起こったと考えられる変化を化学反応式で示しなさい。

問 6 C と D の間での質量減少は何 mg になると考えられるか，有効数字 2 けたで答えなさい。計算の過程も書きなさい。

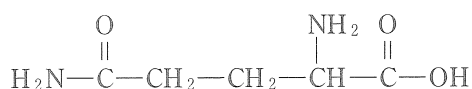
問 7 D で残っている固体の化学式を書きなさい。

IV 次の文章を読んで、問 1 ～ 4 に答えなさい。なお、構造式は問題中に示した例にならって書きなさい。その際、不斉炭素の立体配置を示す必要はない。(配点 18 点)

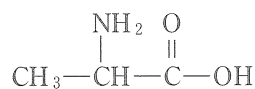
細胞の培養は生命の仕組みを明らかにする研究に欠かせないものであり、さまざまな細胞の培養技術が考案されている。

動物細胞の培養液には重要な成分として種々のアミノ酸が含まれているが、グルタミンは水溶液中で不安定なため、アミド結合の部分がゆっくりと加水分解されてアンモニアを生じる。そのアンモニアは長期間の培養における支障となっている。

そこでグルタミンの代わりとして、グルタミンの不斉炭素原子に結合したアミノ基とアラニンのカルボキシ基の間の脱水縮合によって得られるジペプチドが培養に用いられることがある。このジペプチドは細胞内での代謝によってグルタミンの供給源になるうえ、培養液中でも安定であることから、アンモニア生成の問題が解決される。

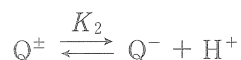
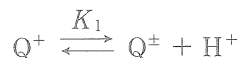


グルタミン



アラニン

アラニンなどのアミノ酸は水溶液中では陽イオン(Q^+)、双性イオン($\text{Q}^\pm$)、陰イオン(Q^-)の 3 種類のイオンとして存在し、下記の電離平衡が成り立つ。ただし、 K_1 、 K_2 はそれぞれの平衡定数である。



これらの平衡定数から、以下に述べるように等電点を計算することができる。すなわち、平衡定数の定義から、 K_1 、 K_2 を Q^+ 、 $\text{Q}^\pm$ 、 Q^- の濃度 $[\text{Q}^+]$ 、 $[\text{Q}^\pm]$ 、 $[\text{Q}^-]$ お

よび水素イオン濃度 $[H^+]$ (単位は全て mol/L とする) で表すと以下ようになる。

$$K_1 = \boxed{\text{ア}}$$

$$K_2 = \boxed{\text{イ}}$$

等電点は Q^+ , Q^+ , Q^- の電荷の総和が 0 になるときの pH を意味するので、等電点においては $[Q^+] = [Q^-]$ となっている。

これらの式を使って等電点での K_1 , K_2 の積を表すと次式のようなになる。

$$K_1 \cdot K_2 = \boxed{\text{ウ}}$$

アラニンの K_1 および K_2 の値は以下のとおりであるので、これらの値を用いればアラニンの等電点が計算できる。

$$K_1 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$K_2 = 2 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

すなわち、 K_1 および K_2 の値から、等電点での水素イオン濃度を計算すると次のようになる。

$$[H^+] = \boxed{\text{エ}} \text{ mol/L}$$

これから水素イオン指数 pH を計算すれば次のようになり、等電点が計算できたことになる。

$$\text{pH} = \boxed{\text{オ}}$$

問 1 下線部①で述べた反応の際にアンモニアとともに生じるアミノ酸の構造式を書きなさい。ただし、電離していない状態の構造式を書くこと。

問 2 下線部②で述べたジペプチドの構造式を書きなさい。ただし、電離していない状態の構造式を書くこと。

問 3 アラニンの陽イオン(Q^+)、双性イオン(Q^+)、陰イオン(Q^-)のそれぞれの構造式をその電離状態がわかるように示しなさい。

問 4 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{オ}}$ にあてはまる適切な式あるいは数値を書きなさい。