

## 理 科

15:00~17:00

## 解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は42ページある。このうち、「物理」は2～7ページ、「化学」は8～19ページ、「生物」は20～33ページ、「地学」は34～42ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部系群・専攻 科目	総 合 入 試					学 部 別 入 試							
	理 系					医 学 部				歯 獣 水			
	数学 重点 選抜群	物理 重点 選抜群	化学 重点 選抜群	生物 重点 選抜群	総合科学 選抜群	医 学 系	保 健 学 系			理 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
							看 護 学 専 攻	放 射 線 技 術 科 学 攻	専 査 技 術 科 学 攻				理 学 療 法 学 専 攻
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○								○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。  
なお、選択問題がある科目については、問題文の指示に従うこと。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

# 化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,

P = 31.0, Ca = 40.0

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

0℃の絶対温度：273 K

$\log_{10} 2 = 0.30$ ,  $\log_{10} 3 = 0.48$

$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$ ,  $\sqrt{7} = 2.65$ ,  $\sqrt{11} = 3.32$ ,

$\sqrt{13} = 3.61$

**1** I, IIに答えよ。

I プロパン( $\text{C}_3\text{H}_8$ )は家庭でよく使われる加熱用燃料ガスである。以下の問1～問4に答えよ。なおプロパンの燃焼熱は2220 kJ/mol, 水の密度は1.0 g/mL, 水1gの温度を1℃上げるのに必要な熱量は4.2 J, 水の27℃での飽和蒸気圧は $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とする。また、気体はすべて理想気体とする。

問1 プロパンが完全燃焼する際の化学反応式を書け。

問2 プロパンの生成熱 $Q$  [kJ/mol]を求めよ。なお $\text{H}_2\text{O}$ (液),  $\text{CO}_2$ (気)の生成熱はそれぞれ286 kJ/mol, 394 kJ/molとする。

問 3 体積一定(1.0 L)の密閉容器を、プロパンと酸素の物質質量比が1.0 : 6.0の混合ガスで満たし、プロパンを完全に燃焼させた。反応後、容器内の温度を27℃として容器内の混合気体の圧力を測定したところ、 $8.3 \times 10^4$  Paであった。反応後の容器内には水の凝縮が観察された。用いたプロパンの物質質量[mol]を有効数字2桁で答えよ。ただし凝縮した水の体積は十分小さいため無視でき、生成した気体の水への溶解量も少量のため無視できるものとする。

問 4 プロパンの燃焼を用いて、温度20℃の水10 Lを加熱することを試みた。プロパンを0.010 mol/sの燃焼速度で反応させたとき、水の温度が50℃になるのに必要な時間 $t$ (s)を有効数字2桁で答えよ。プロパンの燃焼により生じた熱はすべて水の加熱に速やかに使われ、水全体の温度は常に均一であるとする。

II 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

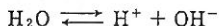
フェノールフタレインなどのpH指示薬(HA)の多くは弱酸であり、その電離定数 $K_a$ は式(1)で表すことができる。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (1)$$

これらのpH指示薬はHAと $\text{A}^-$ が異なる色を示すため、HAと $\text{A}^-$ のpHによる濃度変化を色変化として観察できる。<sup>(i)</sup>pH指示薬を含む水溶液を用いて滴定実験を行った。まず、0.100gの水酸化ナトリウムを125mLの水に溶解し、この溶液にpH指示薬をわずかに加えて0.100mol/Lの酢酸を用いて滴定を行ったところ、中和するまでに要した酢酸は  mLであった。

ここで用いる酢酸も弱酸であり、水溶液中において電離平衡状態にある。酢酸のような電解質において、溶けている電解質の物質質量に対する電離している電解質の物質質量の割合を電離度という。この電離度は濃度と温度に依存する。<sup>(ii)</sup>

水のpHも温度によって変化する。純粋な水は25℃のときpHは7となるが、温度が変化するとpHは7にならない。水の電離平衡は



で表される。この電離平衡において、水の電離は  であり、温度が低くなると  の原理により  。このため、25℃よりも温度が低い中性の水のpHは7よりも  なる。

問1 下線部(i)について、フェノールフタレインを含む水溶液は、HAと $\text{A}^-$ の濃度の比 $[\text{HA}]/[\text{A}^-]$ が0.1付近にて色変化が確認できる。濃度の比 $[\text{HA}]/[\text{A}^-]$ が0.100のときのpHを有効数字3桁で求めよ。ただし、フェノールフタレインの $K_a$ を $4.00 \times 10^{-10}$  mol/Lとする。

問 2  にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。また、下線部(ii) の水溶液の pH を有効数字 2 桁で求めよ。

問 3 下線部(iii)について、25℃における濃度 0.25 mol/L の酢酸の電離度を 0.010 とする。このときの酢酸水溶液の電離定数 (mol/L) を有効数字 2 桁で求めよ。

問 4  から  にあてはまる語句を下の (a) ~ (ℓ) から一つずつ選び記号で記せ。

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (a) 発熱反応        | (b) 吸熱反応        |
| (c) 中和反応        | (d) 滴定反応        |
| (e) 電離がよこりやすくなる | (f) 電離がよこりにくくなる |
| (g) 大きく         | (h) 小さく         |
| (i) アレニウス       | (j) ドルトン        |
| (k) ルシャトリエ      | (ℓ) プレンステッド     |

2

I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

リンは、植物の生育に欠かせない必須元素である。しかし、土壌で不足しがちな元素で、作物を効率的に育てるために特に土壌に補給する必要がある。 (ア) ,  (イ) と合わせて肥料の三要素と呼ばれている。

リンの単体には黄リンと赤リンがよく知られており、これらは  (ウ) と呼ばれる。原子には、陽子の数は同じでも質量数の異なる原子が存在するものがあり、これらを互いに  (エ) と呼ぶ。自然界には質量数31のリンしか存在せず、 (オ) は存在しない。

単体のリンの工業的な製造法として、リン鉱石にケイ砂( $\text{SiO}_2$ )とコークス(C)を混合して1500℃程度に加熱する<sup>(i)</sup>方法がある。得られた単体のリンを<sup>(ii)</sup>空气中で燃焼させると十酸化四リン(五酸化二リン)になり、さらに水を加えて加熱するとリン酸( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )が得られる。

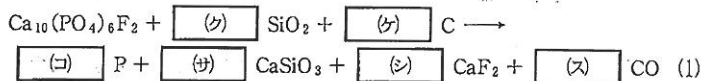
リンの水素化物( $\text{PH}_3$ )の沸点は、およそ $-88^\circ\text{C}$ である。 $\text{PH}_3$ およびリンと同族の窒素およびヒ素の水素化物(それぞれ、 $\text{NH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ )を、沸点の低い順に並べると、 $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{NH}_3$ となる。一般に、構造が似た分子では、分子量が小さいほど分子間に働く  (カ) 力が弱くなるので沸点は低くなる。しかし、 $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{NH}_3$ の沸点は、分子量から予想される序列と異なる。 $\text{NH}_3$ 中のN—H結合を形成している共有電子対はN原子に強く引きつけられており、N原子はいくらか負の電荷を、H原子は正の電荷を帯びている。異なる原子が結合するとき、原子が電子を引きつける強さを数値化したものを  (キ) と呼ぶ。 $\text{NH}_3$ のようにN—H結合の電荷の偏りが大きい場合、隣接する分子の間で  (ク) を形成する。そのため、分子量から予想されるよりも沸点は著しく高くなる。

問1  (ア) ,  (イ) に入る適切な元素を、元素記号で記せ。

問 2  ~  にあてはまる最適な語句を次の(a)~(v)から  
 選び記号で記せ。

- |               |             |
|---------------|-------------|
| (a) 同族体       | (b) 同素体     |
| (c) 同位体       | (d) 異性体     |
| (e) ラセミ体      | (f) アレニウス   |
| (g) ファンデルワールス | (h) ファントホッフ |
| (i) ヘンリー      | (j) 化学エネルギー |
| (k) イオン化エネルギー | (l) 陽 性     |
| (m) 電気陰性度     | (n) 電子親和力   |
| (o) 価 標       | (p) 水素イオン指数 |
| (q) エステル結合    | (r) 単結合     |
| (s) 水素結合      | (t) 共有結合    |
| (u) 配位結合      | (v) イオン結合   |

問 3 下線部(i)について、リン鉱石に含まれるリン化合物は  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  のみであり、この反応は以下に示す式(1)のように、単体のリンと共にケイ酸カルシウム ( $\text{CaSiO}_3$ )、フッ化カルシウム ( $\text{CaF}_2$ )、一酸化炭素 (CO) が生成する。式(1)の  ~  に係数を入れて化学反応式を完成させよ。また、反応前と反応後の P 原子の酸化数を記せ。



問 4 下線部(i)および(ii)の方法でリン鉱石からリン酸を製造するとき、  
 10.0 kg のリン鉱石から製造されるリン酸の質量 [g] を、有効数字 2 桁で  
 答えよ。ただし、リン鉱石には質量の 15 % の  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  が含まれて  
 おり、また  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  の式量は 1008 である。

II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

2族元素のうちCa, Sr, Ba, Raを  といい、これらは互いに良く似た性質を示す。BeとMgは、 と種々の性質が異なる。

の炭酸塩を強熱すると、二酸化炭素を生じて酸化物になる。例えば、炭酸カルシウムを強熱すると酸化カルシウムになる。酸化カルシウムは、コークス(C)と混合して強熱すると一酸化炭素と炭化カルシウム(カーバイド)になる。炭化カルシウムは、水と反応してアセチレンを生じるので、実験室でアセチレンを得たいときに用いられる。

の酸化物や塩化物は水と容易に反応するため、これらを使うと気体に含まれる微量の水分が除去できる。中でもカルシウムの化合物は安価なため、気体の乾燥剤として広く利用されている。

の硫酸塩はいずれも水に溶けにくい。特に硫酸バリウムは極めて水に溶けにくく、溶解平衡の状態にある硫酸バリウム水溶液中のバリウムイオン濃度は  $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  (25℃) である。1.0 Lの水に0.010 gの硫酸バリウムを加え飽和溶液を調製した。この溶液に、 $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$ の硫酸アンモニウムを加え、十分に時間が経過した後、水溶液中のバリウムイオン濃度を25℃で測定したところ  mol/Lであった。

問1  にあてはまる適切な語句を書け。

問2 下線部(i)について、塩化マグネシウムまたは塩化カルシウムの水溶液をつけた白金線をガスバーナーの外炎に入れた時、それぞれの炎が呈する色を(a)～(e)から選び、記号で記せ。

- (a) 赤色                      (b) 橙赤色                      (c) 赤紫色  
(d) 黄緑色                      (e) 炎に色はつかない

問3 下線部(ii)の一連の反応によって、28 gの酸化カルシウムから得られるアセチレンの質量(g)を有効数字2桁で答えよ。



問 4 下線部(iii)について、次の(f)~(j)の中で、酸化カルシウムを乾燥剤として用いることができない気体を選び、それぞれ記号で答えよ。ただし、答は一つとは限らない。

- (f) アンモニア      (g) 二酸化炭素      (h) 塩化水素  
(i) 酸素      (j) メタン

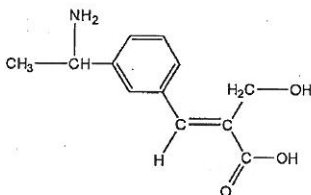
問 5 下線部(iv)について、硫酸バリウムの溶解度積を単位とともに有効数字 2 桁で答えよ。

問 6  に入る値を有効数字 1 桁で答えよ。

3

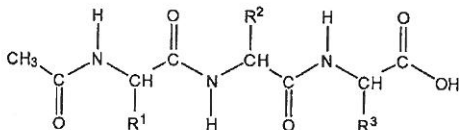
I, IIに答えよ。なお、構造式は記入例にならって記せ。

(記入例)



I 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

分子中にアミノ基(-NH<sub>2</sub>)とカルボキシル基(-COOH)をもち、これらの二つの官能基が同一炭素原子上に結合している分子を $\alpha$ -アミノ酸という。トリペプチドAは図1に示す構造を有し、三つの $\alpha$ -アミノ酸が縮合したうえに末端のアミノ基がアセチル化されている。R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>は置換基を示す。Aに水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、硫酸銅(II)の水溶液を少量加えると (ア)。Aは塩化鉄(III)と反応し、青紫色を示した。

図1 トリペプチドAの構造式(R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>は置換基を示す)

Aを塩酸水溶液中で加熱して完全に加水分解したところ、酢酸とアミノ酸B, C, Dが得られた。分離したB, C, Dそれぞれに水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、硫酸銅(II)の水溶液を少量加えると (イ)。

Bは不斉炭素を有していなかった。Cに濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、さらにアンモニア水を加えて塩基性にするとうろ黄色を示した。Dの分子式はC<sub>6</sub>H<sub>13</sub>NO<sub>2</sub>であった。

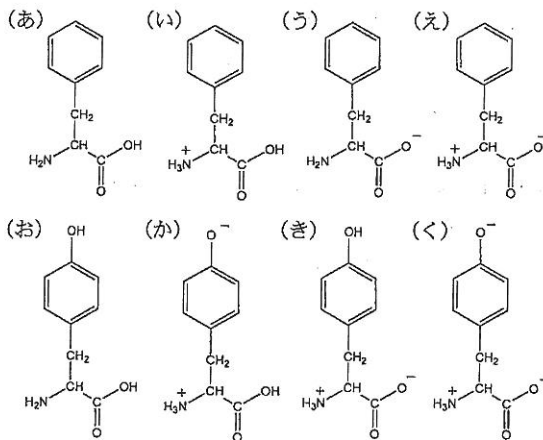
問 1 文章中の (ア) と (イ) にあてはまる適切なものを (a)~(e)

から選択し、記号で記せ。

- (a) 赤色沈殿を生じた
- (b) 黄色結晶が生成した
- (c) 橙黄色を示した
- (d) 赤紫色を示した
- (e) 呈色しなかった

問 2 B の構造式を記せ。

問 3 C を水酸化ナトリウム水溶液に溶かした後、溶液の pH を C の等電点とした。この水溶液中での C の構造として適切なものを次の (あ)~(く) から選択し、記号で記せ。



問 4  $\alpha$ -アミノ酸 D にあてはまる構造は何種類あるか答えよ。ただし立体異性体は考慮しないものとし、分子内に陰イオンあるいは陽イオンを含まないものとする。

問 5 15 g の B をエタノールに溶かし、少量の濃硫酸を加えて煮沸した。その後、中和して得られる化合物をさらに無水酢酸と反応させたところ、化合物 E が得られた。生成した E の質量  $m$  (g) を、有効数字 2 桁で記せ。ただし反応は完全に進行するものとする。

II 次の文章を読み、問 1～問 5 に答えよ。

化合物 A は C, H, O からなる炭素数 14 の芳香族化合物である。A を水酸化ナトリウム水溶液に加えて加熱した後、希塩酸で中和すると、化合物 B, C, D が得られた。B, C, D は水酸化ナトリウム水溶液に加えるとナトリウム塩<sup>(1)</sup>を作って溶けたが、その水溶液に二酸化炭素を通じると C が遊離した。D の硝酸銀水溶液に塩基性でアンモニア水を加えて加熱すると、容器の壁面が<sup>(2)</sup>鏡のようになった。B にメタノールと酸を反応させると、 $C_8H_8O_3$  の分子式を持つ化合物 E になった。一方、B に無水酢酸を反応させると、 $C_9H_8O_4$  の分子式を持つ化合物 F になった。ベンゼンに触媒存在下でプロペンを反応させた後、酸化、分解反応により C が合成できる。

問 1 下線部(1)からわかることを (a)～(d) の中から一つ選び記号で記せ。

- (a) B, C, D はカルボン酸である。
- (b) C は B, D より強い酸である。
- (c) C は二酸化炭素の水溶液より強い酸である。
- (d) B, D は C より強い酸である。

問 2 D の性質のうち、下線部(2)の反応を起こす原因となるものを(e)~(i)の中から一つ選び記号で記せ。

- (e) 揮発性
- (f) 還元性
- (g) 酸性
- (h) 塩基性
- (i) 潮解性

問 3 下線部(2)の反応により D から生成する化合物を(j)~(m)の中から一つ選び記号で記せ。

- (j)  $H_2$
- (k)  $CO_2$
- (l)  $CH_4$
- (m)  $CO$

問 4 A の分子式を記せ。

問 5 F にはあてはまるが、E にはあてはまらないものを(n)~(q)から一つ選び記号で記せ。

- (n) *o*-, *m*-, *p*-異性体が存在する。
- (o) 水酸化ナトリウム水溶液を加えるとナトリウム塩をつくって溶解する。
- (p) 二酸化炭素の水溶液より強い酸性を示す。
- (q) フェーリング液に加えて加熱すると赤色沈殿が生じる。