平成３１年度

理工学群化学類
推薦入試

小　論　文
試　験　問　題

注意事項

① 問題Ⅰ～Ⅳは別々の解答用紙に解答し、各用紙の左上に問題番号を記入すること。

② 解答が書ききれない場合は、「裏へ」と明記の上で、その解答用紙の裏面に続けて書くこと。

③ 試験時間は１２０分とする。

問題Ⅰ

次の英文を読み，問１～問４に答えよ．

注：furnace　炉，harness　利用する，liberate　放出する，transformation　変換，quantitatively　定量的に，vessel　容器，comprise〈…を〉含む，boundary　境界，physical property　物理量，wind　巻く，immerse　浸す，combustion　燃焼，vaporization　蒸発，entity　実在物

P. Atkins, J. de Paula 著, Atkins' PHYSICAL CHEMISTRY 10th Edition (Oxford, 2014)より抜粋（一部改変）

問１　第二段落を「系」,「外界」,「開放系」,「閉鎖系」,「孤立系」の５つの語を用いて 250 字程度に要約せよ.

問２　次の語句を並べ替えて下線部(a)を英訳せよ.

Not all (its surroundings / a temperature difference / even though / there / boundaries / between / the transfer of energy / permit / the system / is / and).

問３　下線部(b)に関して，1 mol のエタノール（液体）が完全燃焼し，二酸化炭素（気体）と水（液体）が生じた．このときの燃焼熱は 1370 kJ であった．以下の（１），（２）に答えよ.

（１）この反応を熱化学方程式で表せ．物質は全て化学式で表せ.

（２）エタノール（液体）の生成熱を求めよ．計算過程も示せ．ただし二酸化炭素（気体）と水（液体）の生成熱をそれぞれ，394 kJ/mol，286 kJ/mol とする.

問４　下線部(c)を和訳せよ.

問題Ⅱ

次の文章を読み，問１～問５に答えよ．

非金属元素は工業的に重要なものが多い．第３周期の非金属元素のオキソ酸にはリン酸や硫酸などがある．リンのオキソ酸である(a)リン酸は十酸化四リンを多量の水と加熱して反応させると得られ，pH 調整剤として食品にも利用されている．硫黄のオキソ酸の硫酸は(b)電池や金属精錬など，化学工業に広く用いられ，工業的には接触法によりつくられる．塩素のオキソ酸の１つである(c)次亜塩素酸の塩は(d)塩素系漂白剤として使われている．

問１　下線部(a)に関して，リン酸は以下に示すように

$$H_3PO_4 \overset{K_1}{\rightleftharpoons} H^+ + H_2PO_4^- \qquad K_1 = 7.5 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol/L} \quad ①式$$

$$H_2PO_4^- \overset{K_2}{\rightleftharpoons} H^+ + HPO_4^{2-} \qquad K_2 = 6.2 \times 10^{-8}\ \mathrm{mol/L} \quad ②式$$

$$HPO_4^{2-} \overset{K_3}{\rightleftharpoons} H^+ + PO_4^{3-} \qquad K_3 = 4.8 \times 10^{-13}\ \mathrm{mol/L} \quad ③式$$

三段階で電離し，各化学種の濃度（分率）の pH 依存性は図１のように表される．なお，図中の c は

$$c = [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] + [PO_4^{3-}]$$

である．

以下の（１）～（３）に答えよ．

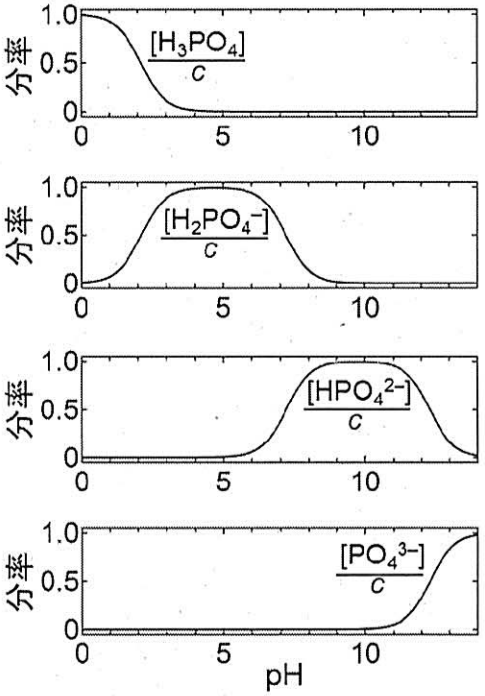


図1　リン酸緩衝溶液中に存在する各化学種の濃度のpH依存性

（１）　0.10 mol/L のリン酸水溶液の水素イオン濃度（有効数字２桁）を求めよ．計算過程も示せ．
なお，$[HPO_4^{2-}] = [PO_4^{3-}] = 0$ として考えよ．必要であれば $\sqrt{3.06} = 1.75$，$\sqrt{30.6} = 5.53$ を用いよ．

（２）　0.10 mol/L のリン酸水溶液 100 mL に，ある量の 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液と水を加えて全体積を 1.0 L とした．この水溶液の pH は 12.0 であった．４つの化学種〔H_3PO_4，$H_2PO_4^-$，HPO_4^{2-}，PO_4^{3-}〕のうち，この水溶液中での分率が１番目と２番目に大きい化学種を答え，それらの濃度（有効数字２桁）を求めよ．計算過程も示せ．

（3）　（2）で調製した水溶液は緩衝液である．緩衝液とはどういうものかを 30 字程度で説明せよ．

問２　下線部(b)に関して，鉛蓄電池の放電時の正極・負極それぞれの半反応式を答えよ．

問３　下線部(c)に関して，次亜塩素酸は塩素が水に溶けたときに生じる．この反応の化学反応式を書け．

問４　下線部(c)に関して，塩素を含むオキソ酸の中で次亜塩素酸よりも酸性が強く，塩素の酸化数が+7 のオキソ酸を化学式で答えよ．

問５　下線部(d)に関して，次亜塩素酸ナトリウムが主成分である塩素系漂白剤に，塩酸を含む酸性洗剤を混ぜると危険である．その理由を 50 字程度で説明せよ．

問題Ⅲ

次の文章を読み，問１～問５に答えよ．有機化合物の構造式は図１にならって示せ．なお，構造式の記入に際し，光学異性体は区別しないものとする．

天然の α-アミノ酸は一般式 R-CH(NH_2)-COOH で表され，側鎖 R の種類によって表１に示すように固有の名称がつけられている．

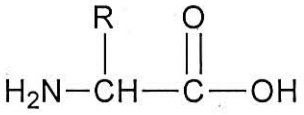
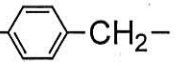


図１　α-アミノ酸の構造式

表１

名称(簡略記号)	側鎖 R−
グリシン(Gly)	H−
アラニン(Ala)	CH_3−
セリン(Ser)	HO−CH_2−
バリン(Val)	CH_3−CH(−CH_3)−
システイン(Cys)	HS−CH_2−
ロイシン(Leu)	CH_3−CH(−CH_3)−CH_2−
イソロイシン(Ile)	CH_3−CH_2−CH(−CH_3)−
アスパラギン酸(Asp)	HOOC−CH_2−
リシン(Lys)	H_2N−CH_2−CH_2−CH_2−CH_2−
グルタミン酸(Glu)	HOOC−CH_2−CH_2−
チロシン(Tyr)	HO−  −CH_2−

一般にアミノ酸は有機化合物でありながら，ジエチルエーテルなどの有機溶媒に溶けにくく，(a)水や酸，塩基の水溶液に溶けやすい．アミノ酸の水溶液を(b)電気泳動すると，アミノ酸の電荷によって陽極側，もしくは陰極側に移動する．また，ある pH では，アミノ酸はどちらの極へも移動しない．この時の pH をそのアミノ酸の等電点という．

あるアミノ酸のアミノ基と，別のアミノ酸のカルボキシ基との間で脱水縮合すると，アミド結合ができる．アミノ酸同士のアミド結合を特にペプチド結合といい，その結果できた化合物をペプチドという．

異なる４つの α-アミノ酸からなる鎖状のペプチド A がある．ペプチド A について以下のことがわかっている．

1．ペプチドＡは表１に示されているアミノ酸から構成されている．
2．ペプチド A では，アミノ酸の側鎖 R の構造部分はペプチド結合の形成に関与していない．
3．ペプチドＡは５つの不斉炭素原子を持っている．
4．ペプチド A に，塩基性アミノ酸のカルボキシ基側のペプチド結合を選択的に加水分解する酵素を作用させると，ペプチド B とアミノ酸 C に分解した．
5．アミノ酸 C の水溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後酢酸で中和し，酢酸鉛(II)水溶液を加えると，黒色沈殿を生じた．
6．ペプチド B を穏やかに加水分解すると，２種類のペプチド D，E，および３種類のアミノ酸が生成した．
7．ペプチド D の水溶液に濃硝酸を加えて加熱し，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．
8．ペプチド E の水溶液に濃硝酸を加えて加熱し，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．

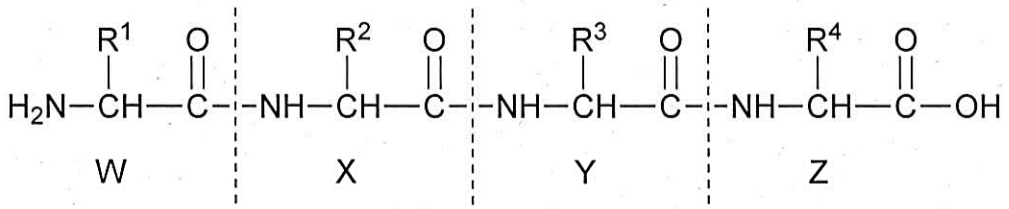
問１　下線部(a)に関して，アラニンを十分な量の 1 mol/L 塩酸に溶かしたとき，主にどのような構造になっているか構造式で示せ．

問２　アラニンの融点が 250 ℃以上であるのに対し，アラニンの-NH_2 を-OH に置き換えた乳酸の融点は 53 ℃である．乳酸よりアラニンの融点が著しく高い理由を 40 字程度で説明せよ．

問３　アラニンと無水酢酸を反応させると化合物 F が生じる．この化学反応式を記せ．なお、有機化合物については構造式で記すこと．

問４　下線部(b)に関して，化合物 F をアラニンの等電点と同じ pH の水溶液で電気泳動すると，化合物 F は陽極，陰極どちらの電極側に移動するか，または移動しないか，理由とともに答えよ．

問５　下図のペプチドＡを構成するアミノ酸 W, X, Y, Z を，簡略記号を用いて答えよ．なお，それぞれのアミノ酸を決定した過程も記すこと．



問題Ⅳ

近年，化学製品であるペットボトルやプラスチック製レジ袋などによる海洋汚染が，問題視されるようになってきている．今後の環境保護に対して，化学が果たしていくべき役割や役に立つ技術などについて，自分の意見も交えて300～400字程度で論じよ．