

デザイン工学部A方式 I 日程・理工学部A方式 I 日程
生命科学部A方式 I 日程

3 限 理 科 (75分)

| 科 目 | ページ |
|-----|-------|
| 物 理 | 2～9 |
| 化 学 | 10～19 |
| 生 物 | 20～32 |

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 志望学部・学科によって選択できる科目が決まっているので注意すること。

| 志望学部(学科) | 受験科目 |
|-----------------------------|-------------|
| デザイン工学部(都市環境デザイン工・システムデザイン) | 物理または化学 |
| 理工学部(機械工[機械工学専修]・応用情報工) | |
| 生命科学部(生命機能) | 物理, 化学または生物 |

4. 科目の選択は、受験しようとする科目の解答用紙を選択した時点で決定となる。
一度選択した科目の変更は一切認めない。
5. 問題冊子のページを切り離さないこと。

(化 学)

- 注意 1. 解答は、すべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。
2. 計算問題では、必要な式や計算、説明も解答欄に記入せよ。
3. 記述問題では、化学式はマス目を自由に使ってよい。
4. 必要であれば、簡単のために原子量は下記の値を用いよ。

| | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|
| 元素 | H | C | N | O | Na |
| 原子量 | 1.00 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 23.0 |

| | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|
| 元素 | Cl | Cr | Fe | Cu | Br |
| 原子量 | 35.5 | 52.0 | 55.8 | 63.5 | 80.0 |

5. 必要であれば、下記の値を用いよ。

$$\text{アボガドロ定数 } N_A = 6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$$

$$\text{ファラデー定数 } F = 9.70 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

$$\text{気体定数 } R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

$$\log_{10} 2 = 0.301, \log_{10} 3 = 0.477, \log_{10} 5 = 0.699, \log_{10} 7 = 0.845$$

〔 I 〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。

周期表において、1族、2族および (A) 族から18族までの元素を (ア) 元素、その間に位置する3族から (B) 族までの元素を (イ) 元素という。単体が金属の性質を示す元素を (ウ) 元素、単体が金属の性質を示さない元素を (エ) 元素という。(ウ) 元素と (エ) 元素の境界に位置する元素の一部は (オ) 元素とよばれ、酸とも強塩基の水溶液とも反応する。(ア) 元素はその (あ) が (ウ) 元素であるのに対して、(イ) 元素ではその (い) が (ウ) 元素である。(ウ) 元素の単体は、(う) を除いて常温、常圧で固体である。

(ア) 元素では、原子番号の増加とともに最外殻電子の数が規則的に変化

するため、周期表中の の元素がよく似た性質を示す。一方、 元素では、原子番号が増加しても最外殻電子の数はほとんど変わらず、 個または 個である。そのため、周期表中の の元素の性質が似ている。

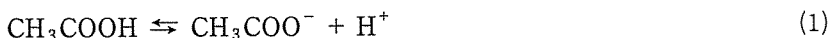
- 空欄(ア)～(キ)に入る適切な語句を以下の中から1つずつ選び、番号で記せ。
 - 同周期
 - 中性
 - 非金属
 - 金属
 - 典型
 - 陰性
 - 同族
 - 遷移
 - 両性
 - 陽性
- 空欄(A)～(D)に入る適切な数字を記せ。
- 空欄(あ), (い)に入る適切な語句を以下の中から1つずつ選び、番号で記せ。
 - 10%以下
 - 20～30%
 - 約50%
 - 70～80%
 - 100%
- 空欄(う)に入る適切な元素名を日本語で記せ。
- 単体の鉄は、 Fe_2O_3 を主成分とする赤鉄鉱などを含む鉄鉱石を、コークスなどと加熱することで得られる。このとき Fe_2O_3 は されたことになり、その鉄原子の酸化数は したことになる。空欄(ク)および(ケ)に入る適切な語を以下の中から1つずつ選び、番号で記せ。
 - 増加
 - 減少
 - 酸化
 - 還元
- 銅(II)イオンを含む水溶液に塩基の水溶液を加えると青白色沈殿を生じる。さらに、この青白沈殿を加熱すると黒色の沈殿に変わる。下線部(a)の反応の化学反応式を記せ。

(a)
- クロムの化合物についての以下の記述のうち、誤っているものをすべて選び、番号で記せ。
 - クロム酸カリウムを水に溶かすと、暗緑色のクロム酸イオンを生じる。
 - クロム酸イオンを含む水溶液を塩基性になると、赤橙色の二クロム酸イオンを生じる。
 - 二クロム酸カリウム中のクロム原子の酸化数は+3である。
 - 硫酸で酸性にした水溶液中では、二クロム酸カリウムは酸化作用を示す。

化学

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。ただし、すべての溶液の温度は25.0℃とし、水の電離は無視できるものとする。

水溶液中の酢酸の電離平衡は、式(1)で表される。



ここで、式(1)の各成分の濃度をそれぞれ $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{H}^+]$ と表す。

酢酸の初期濃度を C_A [mol/L]、電離度を α (ただし、 $0 < \alpha < 1$) とすると、平衡時における $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ は $\boxed{\text{ア}}$ となる。このとき、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ と $[\text{H}^+]$ は等しいことから酢酸の酸解離定数 K_a は式(2)で表される。

$$K_a = \frac{1}{\boxed{\text{ア}}} [\text{H}^+]^2 \quad (2)$$

α が1より十分に小さいとき、式(3)のような近似が成り立つ。

$$1 - \alpha \doteq 1 \quad (3)$$

式(2)と式(3)から、酢酸のpHは酸解離指数 $\text{p}K_a (= -\log_{10} K_a)$ を用いると式(4)のように表される。

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_a - \log_{10} \boxed{\text{イ}}) \quad (4)$$

この酢酸水溶液に酢酸ナトリウムの結晶を溶かし、酢酸ナトリウム濃度を C_S [mol/L]とした場合を考える。ここで、結晶の溶解によって溶液の体積は変化しないものとする。酢酸ナトリウムは水中でほぼ完全に電離することから、酢酸と酢酸ナトリウムの電離によって生じる酢酸イオンを合計した $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は $\boxed{\text{ウ}}$ となる。このとき、酢酸の K_a は式(5)のように表される。

$$K_a = \frac{\boxed{\text{ウ}}}{\boxed{\text{ア}}} [\text{H}^+] \quad (5)$$

α が1より十分に小さいとき、酢酸の電離によって生じる酢酸イオンを無視することができ、式(3)の近似も成り立つ。これにより、酢酸と酢酸ナトリウムの混合液のpHは式(6)のように表される。

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10} \boxed{\text{エ}} \quad (6)$$

このような弱酸または弱塩基とその塩を含む水溶液は、少量の水や酸、塩基を
(a)

加えても pH はほぼ一定に保たれる。この作用を緩衝作用といい、緩衝作用を示す水溶液を緩衝液という。一般的に緩衝液は、その pH が弱酸または弱塩基の $pK_a \pm 1$ の範囲内 ($pK_a - 1 \leq \text{pH} \leq pK_a + 1$)^(b) にあるときに有効な緩衝作用を示すことが知られている。

1. 空欄(ア)～(エ)に入る適切な記号または数式について、 K_a , C_A , C_S , α のうちから必要なものを用いて記せ。
2. 式(2)～(6)のうちから必要な数式を用い、つぎの(A)～(C)における pH を小数第一位まで求めよ。ただし、25.0℃における酢酸の pK_a は 4.57 とする。また、酢酸と水酸化ナトリウムとの中和反応にともなう体積変化は無視できるものとする。
 - (A) 0.200 mol/L 酢酸水溶液 100 mL
 - (B) 0.200 mol/L 酢酸水溶液 120 mL と 0.200 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液 80.0 mL の混合液
 - (C) 0.200 mol/L 酢酸水溶液 100 mL と 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 100 mL の混合液

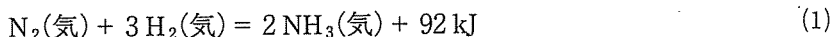
化学

7. 下線部(b)について、設問2の(B)の混合液に 1.00 mol/L 塩酸を $X \text{ mL}$ 加えたところ、その混合液は有効な緩衝作用を示した。このとき、 X の最大値を有効数字2桁で答えよ。ただし、 25.0°C における酢酸の $\text{p}K_{\text{a}}$ は 4.57 とする。

化学

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。

アンモニアの工業的製法は開発者の名前にちなんで とよばれ、アンモニア合成の反応は次式で表される。



アンモニアの生成率が高い平衡状態をつくるためには、ルシャトリエの原理にもとづくと ・ のほうが望ましいことになる。実際の製造では Fe_3O_4 を主成分とした触媒を用いて温度は $400 \sim 600^\circ\text{C}$ 、圧力は $2 \times 10^7 \sim 1 \times 10^8 \text{ Pa}$ 程度の条件でアンモニアを合成している。一方、実験室では、アンモニアは塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱することにより得られる。

1. 空欄(A)に入るアンモニアの工業的製法の名称を記せ。
2. 空欄(B)に入る語句として適切なものを(低温, 高温)のいずれかから選び答えよ。また、そのように判断した理由を(1)式にもとづいて30字以内で説明せよ。
3. 空欄(C)に入る語句として適切なものを(低圧, 高圧)のいずれかから選び答えよ。また、そのように判断した理由を(1)式にもとづいて30字以内で説明せよ。
4. ある反応容器(容積一定)の中で温度を一定に保ちながら、窒素 1.00 mol, 水素 3.00 mol を反応させたところ、平衡時の容器内の圧力が反応前の容器内の圧力の 0.700 倍になった。平衡時の窒素, 水素, アンモニアの体積比を最も簡単な整数で表せ。ただし、窒素, 水素, アンモニアは全て気体の状態で存在し、理想気体として扱えるとしてよい。
5. 設問4において、反応容器の容積が 0.400 L であったとすると、平衡定数(濃度平衡定数)はいくらになるか。有効数字2桁で求めよ。

6. 設問4の操作を、反応容器内に触媒として Fe_3O_4 を加えた状態で行った場合、反応開始からの時間とアンモニア生成率の関係としてもっともふさわしいものを下図の①～⑤より選び番号で記せ。ただし、図中の破線は設問4の反応条件における反応時間とアンモニアの生成率の関係を示している。また容器の容積及び容器内の温度は設問4と同一であるとする。

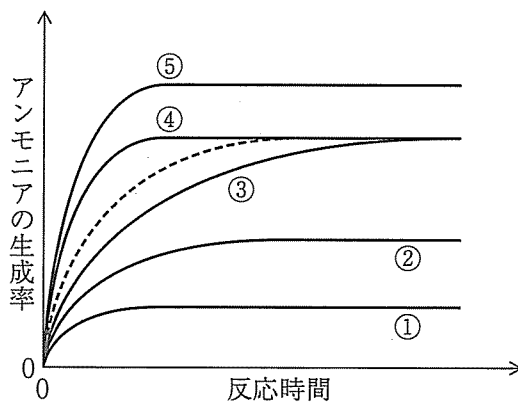


図 アンモニアの生成率と反応時間の関係

7. アンモニアに関する記述として誤りを含むものを以下の①～⑤からすべて選び、番号で記せ。
- ① アンモニアの気体は水への溶解度が小さく、酸素や窒素などの気体と同様にヘンリーの法則が当てはまる。
 - ② アンモニア分子では1つの窒素原子に3つの水素原子が共有結合で結合しており、その立体構造は三角錐形である。
 - ③ 窒素原子と水素原子の電子親和力の差が大きいため、アンモニア分子は極性を持つ。
 - ④ 常温・常圧では、アンモニアは刺激臭のある無色の気体であり、その密度は常温・常圧における空気の密度よりも小さい。
 - ⑤ 窒素以外の15族元素であるリンやヒ素の水素化合物に比べアンモニアは沸点が高いが、これは液体のアンモニアが分子間で水素結合を形成しているためである。
8. 下線部(a)の化学反応式を記せ。

化学

〔IV〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。

エチレン(エテン)やプロピレン(プロペン)のように、分子中の炭素原子間に二重結合をひとつ含む鎖式不飽和炭化水素をアルケンという。アルケンの分子式は、炭素原子の数を n ($n \geq 2$) として、一般式 (ア) で表される。 $n \geq 4$ のアルケンには、炭素原子のつながり方および二重結合の位置に基づく構造異性体と、シス-トランス異性体(幾何異性体)が存在する。エチレン分子は、二重結合を形成している炭素原子2個と、これらに結合している水素原子4個の位置関係より、(あ) 構造をとっている。エチレンは、かすかに甘い匂いのする無色の気体で、実験室では、 $160 \sim 170^\circ\text{C}$ で濃硫酸にエタノールを加えて発生させる。このような反応を (い) 反応という。エチレンに白金やニッケルなどの触媒を用いて水素を反応させると化合物Aが生成する。このような反応を (う) 反応という。

一方、アセチレン(エチン)やプロピンのように、分子中の炭素原子間に三重結合をひとつ含む鎖式不飽和炭化水素をアルキンという。アルキンの分子式は、炭素原子の数を n ($n \geq 2$) として、一般式 (イ) で表される。三重結合を形成している炭素原子2個と、これらに結合している水素原子2個の位置関係より、アセチレン分子は、(え) 構造をとっている。アセチレンは、無色・無臭の気体で、エチレンと同じように (う) 反応を起こしやすい。アセチレン1分子に1分子の臭素を反応させると化合物B、2分子の臭素を反応させると化合物Cが生成する。また、アセチレンを赤熱した鉄に触れさせると化合物Dを生じる。

1. 空欄(あ)~(え)に入る適切な語句をつぎの①~⑨から1つずつ選び、番号で記せ。

- | | | |
|-------|------|--------|
| ① 直線 | ② 平面 | ③ 正四面体 |
| ④ 枝分れ | ⑤ 縮合 | ⑥ 重合 |
| ⑦ 置換 | ⑧ 付加 | ⑨ 脱水 |

2. 空欄(ア)、(イ)に入る適切な分子式を記せ。

3. $n \geq 3$ のとき、分子式がアルケンと同じ一般式で表される飽和炭化水素の総称を記せ。

4. 一般にアルケンにおいて、二重結合を形成している炭素原子上にそれぞれ異なる原子、原子団が結合した場合、シストランズ異性体が存在する。この異性体が存在する理由を30字以内で記せ。
5. 化合物Bの分子式を記せ。この分子式で表される化合物には、シストランズ異性体が存在する。これらの構造式を、構造の違いがわかるように記せ。
6. 27℃、 6.00×10^5 Paで1.12 Lを占めるアセチレンに臭素を加え、過不足なく反応させ、化合物Cを得た。この時、必要な臭素の質量は何gか。有効数字2桁で求めよ。
7. エチレン、アセチレン、化合物Aについて、炭素原子間の結合距離が短いものから順に左から右に並べた。正しいものをつぎの①～⑥から1つ選び、番号で記せ。
- ① エチレン < アセチレン < 化合物A
- ② エチレン < 化合物A < アセチレン
- ③ アセチレン < エチレン < 化合物A
- ④ アセチレン < 化合物A < エチレン
- ⑤ 化合物A < エチレン < アセチレン
- ⑥ 化合物A < アセチレン < エチレン
8. 化合物Dの性質について、正しいものをつぎの①～⑥からすべて選び、番号で記せ。
- ① 常温・常圧で無色の固体で、空气中で潮解する。
- ② 水よりも軽く、水にほとんど溶けない。
- ③ ナトリウムと反応し水素を発生する。
- ④ アンモニア性硝酸銀水溶液を作用させると、白色沈殿を生じる。
- ⑤ 空气中では不完全燃焼による多量のすすを出しながら燃える。
- ⑥ ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加温すると、特有の臭気をもつ黄色沈殿を生じる。