

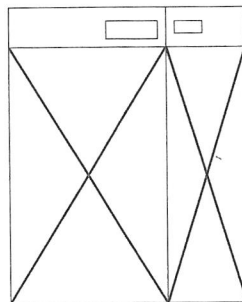
令和5年度 入学試験問題(一般選抜)

理 科

13:20～15:00

注 意

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題文は、物理：1～5ページ，化学：6～11ページ，生物：12～17ページである。
3. 解答紙は計3枚で、物理：1枚，化学：1枚，生物：1枚である。
4. 解答開始前に、試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目も含めすべての解答紙それぞれ2カ所に受験番号を記入すること。
5. 試験監督者の指示にしたがって、選択しない科目の解答紙に下記のように×印を大きく2カ所記入すること。



6. 「始め」の合図があったら、問題冊子のページ数を確認すること。
7. 解答は、黒色鉛筆(シャープペンシルも可)を使用し、すべて所定の欄に丁寧な字で正確に記入すること。英文字、ギリシャ文字は大文字・小文字の区別をすること。欄外および裏面には記入しないこと。
8. 下書き等は、問題冊子の余白を利用すること。
9. 試験終了後、監督者の指示にしたがって、解答紙を物理，化学，生物の順番にそろえること。
10. 解答紙は持ち帰らないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16

気体定数： $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ，ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

大気圧 (27°C)： $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

$\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$, $\log_{10}7 = 0.85$

[1] 以下の文を読んで、問1～6に答えなさい。

アンモニアは、工業的には窒素と水素を原料とするハーバー・ボッシュ法により製造されている。水素と空気中の窒素を、400～600°C、20～100 MPaの高温、高圧下で触媒と反応させることでアンモニアは産生される。このような反応、共有結合の切断や形成には熱の出入りが伴う。表1に各結合の結合エネルギーを示した。本法により製造されたアンモニアは様々な製品の原料として用いられ、例えばアンモニアから作られる硝酸は医薬品や肥料などの製造に広く使われる。

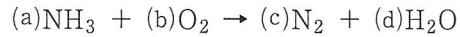
表1 結合エネルギー (kJ/mol)

| 結合 | 結合 エネルギー | 結合 | 結合 エネルギー |
|-----|-------------|-----|-------------|
| H-H | 436 | N≡N | 946 |
| C-H | 414 | N-O | 201 |
| C-C | 347 | N=O | 607 |
| C=C | 614 | O-H | 465 |
| N-N | 160 | O-O | 138 |
| N=N | 418 | O=O | 500 |

問 1 下線部について、アンモニアの生成熱を 46 kJ/mol とし、ハーバー・ボッシュ法の熱化学方程式を記せ。

問 2 表 1 の値を用い、アンモニア分子における N-H 間の結合エネルギーを整数で求めよ。

問 3 アンモニアを他の物質と混合することで燃焼させる技術が開発されつつある。その場合、次のような反応となる。



(a)~(d)に入るもっとも簡単な整数を答えなさい。

問 4 上記、問 3 におけるアンモニア 1 モルあたりの反応熱を答えなさい。

問 5 アンモニアは次世代燃料として期待されている。燃料として用いられているメタンと比較して、優れている点を理由と共に 30 字以内で簡潔に答えなさい。

問 6 ある年の日本で消費されたアンモニアの量は 102 万トンであった。このアンモニアをハーバー・ボッシュ法で製造し、用いる水素を全て水の電気分解により生成するとした場合、必要最小限な電気量を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし水の電気分解に用いる電極は陰極、陽極ともに白金を用い、電解液は薄い水酸化ナトリウム水溶液から構成され、電解槽内の水は十分量あるものとする。

- [2] 分子式 $C_5H_{10}O_2$ で示される酢酸エステル化合物の加水分解反応について、次の文を読んで問 1～7 に答えなさい。

フラスコに酢酸エステルと触媒として 0.50 mol/L の塩酸 96 mL を混ぜた全量 100 mL の反応液を用意した。この状態を反応開始 ($t = 0$) とした。0, 10, 20, 40, ∞^* 分経過後に反応液をそれぞれ 5.0 mL とり、数滴のフェノールフタレインを含んだ 50 mL の水が入ったビーカーに移した。このビーカー内の溶液を 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液にて色が変わるまで滴定した。各反応溶液を滴定するのに要した水酸化ナトリウム水溶液の体積 (V_t) を表 2 に示す。反応において逆反応はほとんど無視できる。

表 2 水酸化ナトリウム水溶液の滴定値

| | | | | | |
|----------------|-----|------|------|------|------------|
| 反応時間 t (min) | 0 | 10 | 20 | 40 | ∞^* |
| 滴定値 V_t (mL) | (a) | 14.8 | 16.4 | 19.4 | 42.0 |

* ∞ の滴定値は、反応液を長時間放置し、滴定値が変化しなくなった時点での値

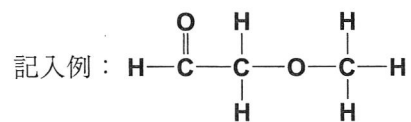
- 問 1 表 2(a)の値を有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問 2 フラスコ内の酢酸エステルの初濃度 (C_0) を有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問 3 反応時間 10 分までの平均反応速度を有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問 4 反応時間 0 分から 10 分までの酢酸エステルの平均濃度を有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問 5 平均反応速度 (\bar{v}) と平均濃度 (\bar{C}) の間には次の関係が成り立つ。

$$\bar{v} = k\bar{C}$$

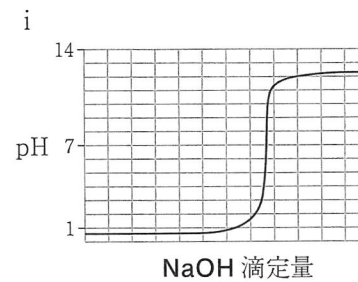
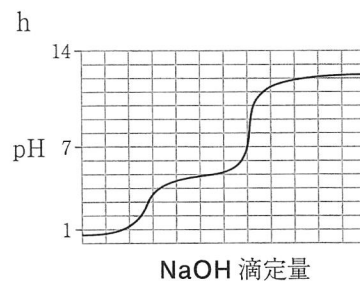
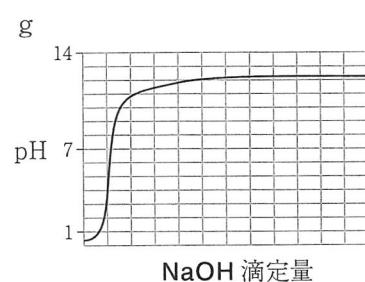
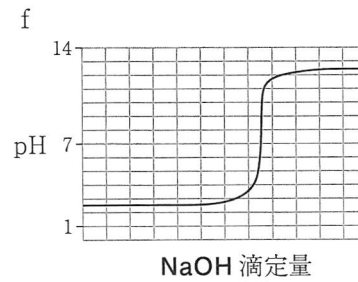
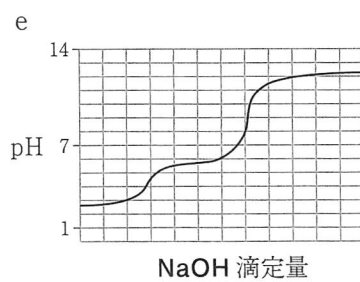
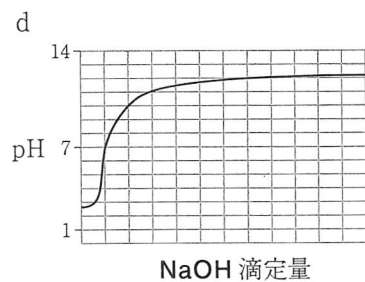
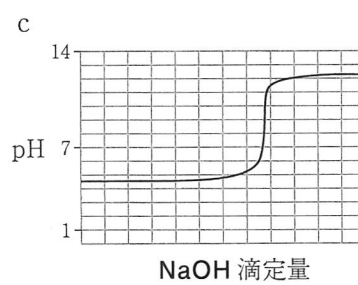
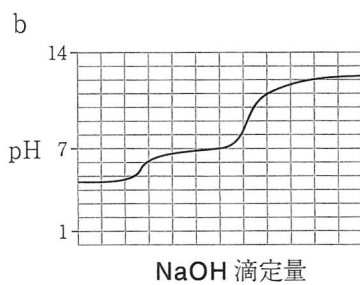
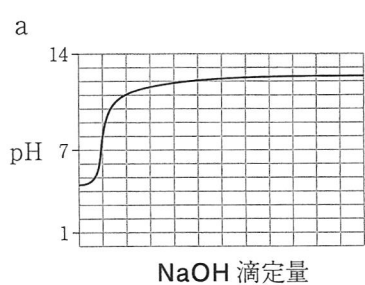
反応開始 10 分までの反応速度定数 (k) を有効数字 2 桁で答えなさい。

問題続く

問 6 実験終了後、フラスコ内の反応液からアルコールを分留した。このアルコールはヨードホルム反応を示した。元の酢酸エステルの構造式を答えなさい。



問 7 $t = \infty$ の時、反応溶液に対する滴定曲線として最も適当なものを、下の a ~ i からひとつ選び記号で答えなさい。ただし、酢酸の電離定数は $3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 、反応溶液中のアルコールは滴定曲線に影響を及ぼさないものとする。



問 4 フルクトースが 14 個と末端にグルコースが 1 個直鎖状に結合したイヌリン 1 mol の質量を答えなさい。

問 5 半透膜で区切られた U 字管の右側に 10 mL の水を入れ、左側に上記問 4 のイヌリン 0.306 g を含む水溶液 10 mL を入れ、十分に時間をおいて観察した。以下の問(a)~(c)に答えなさい。

- (a) U 字管中の水面の高さは右側、左側どちらが低くなっていたか、答えなさい。
- (b) 浸透前のイヌリン水溶液のモル濃度を有効数字 2 桁で答えなさい。
- (c) 浸透前におけるイヌリン水溶液の浸透圧を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、水温、気温共に 27°C、水とイヌリン水溶液の密度は 1.0 g/mL とする。