

情報科学部A方式Ⅱ日程・デザイン工学部A方式Ⅱ日程
 理工学部A方式Ⅱ日程・生命科学部A方式Ⅱ日程

3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～20
生 物	22～36

〈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
情報科学部(コンピュータ科)	物理
デザイン工学部(建築)	物理または化学
理工学部(電気電子工・経営システム工・創生科)	
生命科学部(環境応用化・応用植物科)	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. 情報科学部コンピュータ科学科を志望する受験生は選択できない。
2. 解答は、すべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。
 3. 計算問題では、必要な式や計算、説明も解答欄に記入せよ。
 4. 記述問題では、化学式を示す場合はマス目を自由に使ってよい。
 5. 特に文中で指定がない場合は、気体を全て理想気体として取り扱うこと。
 6. 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	S	K	Pb
原子量	1.00	12.0	14.0	16.0	23.0	32.0	39.0	207

7. 必要であれば、下記の値を用いよ。

アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{C}/\text{mol}$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

〔 I 〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。

1種類^(a)の物質だけからできているものを純物質と呼び、2種類以上の純物質が混ざったものを混合物と呼ぶ。混合物から純物質を得る手法^(b)として、ろ過、蒸留(分留)、昇華法、再結晶、抽出、クロマトグラフィーなどが知られている。たとえば、海水は塩化ナトリウム等の塩類と水の混合物であり、蒸留によって水の分離が可能である。以下に海水を蒸留して純水を得る手順【手順 i】を示す。また、硝酸カリウムは表 I - 1 に示す通り水に対する溶解度の温度依存性が大きいいため再結晶による精製が可能である。以下に硝酸カリウムを再結晶により精製する手順【手順 ii】を示す。

【手順 i】

図 I - 1 の蒸留装置を用いて蒸留を行った。枝付きフラスコに海水を入れ、蒸気の温度を測定するために温度計を枝付きフラスコの上部から挿入した。器具 A に冷却水を流しながらフラスコを加熱すると海水が沸騰し、三角フラスコに純水が溜まった。

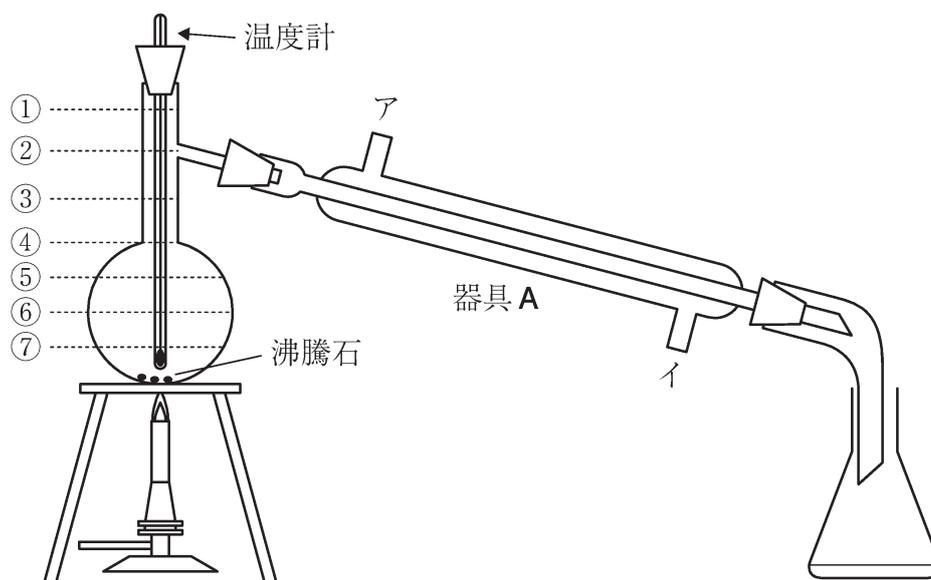


図 I - 1 蒸留装置

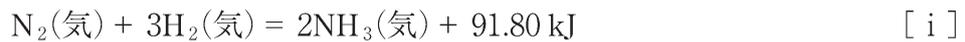
5. 【手順 i】において図 I - 1 中の温度計の下端の位置は誤っている。正しい位置を図 I - 1 中の①～⑦の中から選び、番号で記せ。
6. 【手順 ii】に関して、90.0℃での硝酸カリウムの溶解度は何 g/100 g 水か。有効数字 2 桁で求めよ。ただし、混合物中の不純物は硝酸カリウムの溶解度には影響を与えないものとする。また、水の蒸発は無視できるものとする。
7. 【手順 ii】に関して、20.0℃で析出した硝酸カリウムの質量は何 g か。有効数字 2 桁で求めよ。ただし、混合物中の不純物は硝酸カリウムの溶解度には影響を与えないものとする。また、水の蒸発は無視できるものとする。

化学

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。

窒素は、作物の生育に大きな影響を与える元素である。窒素が植物に取り込まれるときには、アンモニウムイオンや硝酸イオンとして根から吸収される。主な窒素肥料である硫酸 $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ 、尿素(), 塩安 (NH_4Cl) などの窒素含有化合物の合成には、天然鉱石であるチリ硝石(主成分は NaNO_3)を原料としていたので、その資源の枯渇が心配された。そこで、空気中にある窒素をアンモニウム塩、硝酸塩など有用な窒素化合物に化学変化させること(窒素の固定)が求められた。

窒素と水素を原料にしてアンモニアを合成する方法は 法として知られている。アンモニアの生成反応は、熱化学方程式[i]のように示される。



この反応は可逆反応であり、アンモニアの生成率のよい平衡条件をつくるためには、右向きへ平衡の移動を起こす条件、つまり を高くして、 は低くするほうがよい。しかし、 を低くすると反応が遅くなり、平衡に達するまでの時間が長くなってしまうので、不適當である。この問題は、熱化学方程式[i]のアンモニア生成反応をすみやかに進行させる触媒の発見^(a)によって解決された。

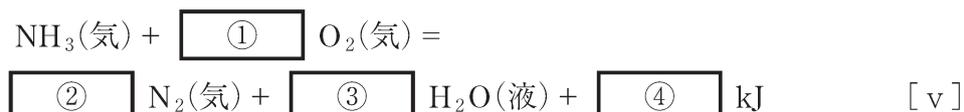
アンモニアの酸化により硝酸を得る方法は、 法として知られている。この方法はアンモニアと空気の混合気体を、白金を触媒として、約 800°C で反応させて をつくり(反応式[ii]), これを空气中で酸化して としたあと(反応式[iii]), 水と反応させて硝酸を生成させるものである(反応式[iv])。



反応式[iv]で生成した は、反応式[iii], [iv]の反応を繰り返してすべて HNO_3 に変える。

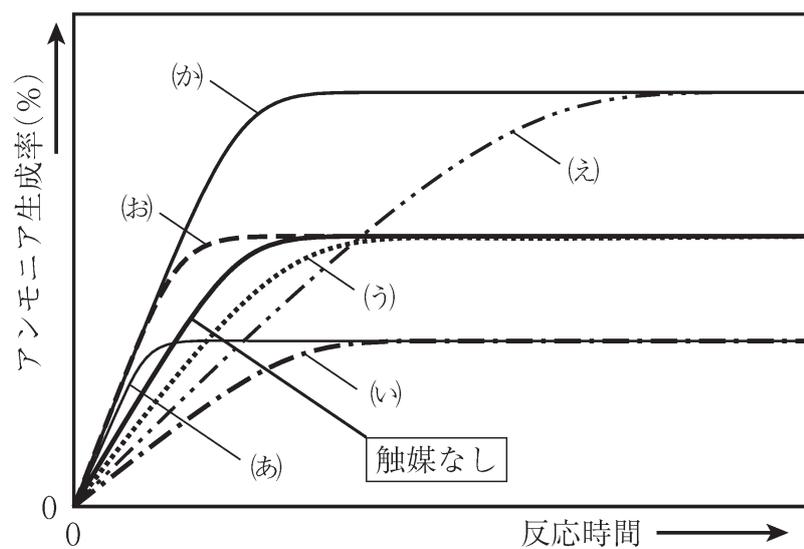
アンモニア合成法，硝酸合成法の開発により，窒素肥料は化学的に合成されるようになり，安価に，しかも大量に利用できるようになった。

近年，アンモニアの新しい応用ではエネルギー関連分野があげられる。アンモニアを火力発電の燃料に応用すると環境負荷の低減が期待できる。アンモニアの燃焼反応(熱化学方程式[v])では，化石燃料の燃焼反応と異なり，温室効果ガスである (カ) が生成しない。



1. 文章中の空欄(ア)には化合物の示性式，(イ)，(オ)には工業的製法の名称を記せ。空欄(ウ)，(エ)に入る適切な語句として(温度，圧力)のいずれかを選び答えよ。また，空欄(カ)に入る空気より重い適切な物質名を記せ。
2. 図Ⅱ-1は，温度・圧力一定条件での，[i]式の反応の反応時間とアンモニア生成率の関係を示す。図中，太い実線は，触媒添加がないときのアンモニア生成率の時間変化である。
下線部(a)のような触媒を添加したときのアンモニア生成率の時間変化②，また，全圧を一定に保ったまま，反応に関与しないArを他の反応物の物質量は変えずに添加したときのアンモニア生成率の時間変化③を，図中(あ)～(か)の中から選び，記号で記せ。ここでアンモニア生成率(%)は，[(アンモニアの分圧)/(窒素の分圧) + (水素の分圧)] × 100]である。
3. 下線部(b)の硝酸の製造工程で，物質A，物質B，および硝酸中の窒素原子の酸化数を，正負の符号をつけて数字で記せ。
4. 下線部(b)の反応が繰り返しを含め完全に進んだとして，濃硝酸(質量パーセント濃度 68.0%，密度 1.40 g/cm³) 1.00 Lを製造するために必要なアンモニアの体積は標準状態で何Lか。有効数字2桁で求めよ。
5. 熱化学方程式[v]において，空欄①～③の係数として適切な数字を記せ(係数が1の場合も，必ず1と記せ)。また，反応熱④を有効数字3桁で求めよ。H₂O(液)の生成熱は 285.8 kJ/mol である。

化学



図II - 1 反応時間とアンモニア生成率の関係(温度・圧力一定)

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。

現在、ガソリンエンジン車用の大電流を放電できる電池として鉛蓄電池が主に用いられている。鉛蓄電池は代表的な二次電池であり、希硫酸に 極として酸化鉛(Ⅳ)、 極として鉛を浸した構造となっている。鉛は希硫酸、塩酸と反応させるとそれぞれ水に不溶な硫酸鉛(Ⅱ)や塩化鉛(Ⅱ)が生じて表面を覆うため、これらの酸にはほとんど溶けない。

鉛蓄電池を放電させると 極が酸化され、 極が還元されるとともに、電池の外部で電子が 極から 極の方向に流れて仕事をを行う。放電前に鉛蓄電池の電解液として、質量パーセント濃度が 38.0 %で、密度 1.29 g/cm^3 の希硫酸が 996 g 入っていた。鉛蓄電池の放電により 200 A の電流を 9 分 39 秒間取り出した。放電後、外部電源の正極を鉛蓄電池の 極に、外部電源の負極を鉛蓄電池の 極につないで鉛蓄電池を充電した。

モーターで駆動する次世代自動車用の電源としては、より長時間の発電が可能となる、水素を燃料とする燃料電池が注目されている。水素は常温・常圧では密度が低い気体であるため、高圧の水素を保管する燃料容器が必要となるが、燃料電池自動車として $7.00 \times 10^7 \text{ Pa}$ の圧力まで耐えられる容器も実用化されている。

1. 酸化鉛(Ⅳ)、酸化鉛(Ⅱ)、塩化鉛(Ⅱ)、および硫酸鉛(Ⅱ)の粉末固体の色としてもっとも適切な色をつぎの①～⑤の中から選び、番号で記せ。ただし、同じ番号を複数回選択してもよい。

① 白色, ② 青灰色, ③ 黄色, ④ 褐色, ⑤ 緑色

2. 空欄(ア)～(ク)に適切な語として「正」または「負」を入れよ。

3. 鉛蓄電池の放電を行った際に、正極、負極に生じる質量変化について「増加」または「減少」で記せ。

4. 下線部(a)に関して、放電前後における正極および負極の質量変化量の絶対値はそれぞれ何 g か。有効数字 2 桁で求めよ。

5. 下線部(a)に関して、放電後における鉛蓄電池の電解液である希硫酸の質量パーセント濃度は何 % か。有効数字 2 桁で求めよ。

化学

6. 下線部(b)の操作を行った際に生じる両極の変化をまとめて表す電池全体の反応を示す化学反応式を示せ。
7. 水素を燃料として燃料電池から 70.0 A の電流を 16 時間 5 分間取り出した。このとき必要となる水素を下線部(c)の容器に 27.0 °C において充填する場合、容器の体積は少なくとも何 L 必要か。有効数字 2 桁で求めよ。ただし、水素はすべて燃料電池による発電に関する反応に利用されるものとする。

〔Ⅳ〕 つぎの文章を読んで、以下の設問に答えよ。

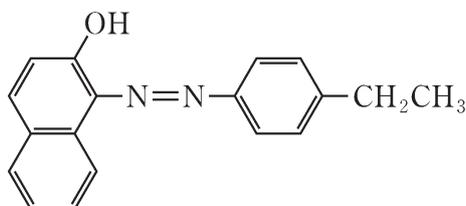
化合物 **A** は炭素、水素、酸素のみからなる分子量 300 以下の化合物である。化合物 **A** 12.7 mg を完全燃焼させたところ、37.4 mg の二酸化炭素と 8.10 mg の水が生成した。

化合物 **A** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した。反応混合物にジエチルエーテルを加えて分離操作をおこない、水層とジエチルエーテル層に分離した。ジエチルエーテル層を濃縮したところ、化合物 **B** が得られた。一方、水層に塩酸を加えて液性を酸性にしたところ、化合物 **C** が得られた。

化合物 **B** は不斉炭素原子を一つもつ芳香族化合物であった。化合物 **B** に硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて加熱したところ、化合物 **D** が生じた。化合物 **B** および **D** それぞれにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、いずれも特有の臭気をもつ黄色沈殿が生成した。 化合物 **B** および **D** いずれも分子量は 125 以下であった。

化合物 **C** も不斉炭素原子を一つもつ芳香族化合物であった。化合物 **C** に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると気体が発生した。この気体を石灰水に通じると、白濁した。

1. 化合物 **A** の分子式を記せ。
2. 下線部(a)の反応の反応名を記せ。
3. 化合物 **B**, **C**, **D** の構造式を例にならって簡略化した構造式で記せ。化合物 **B**, **C** 中の不斉炭素原子の右肩には*を付けよ。



構造式の例

化学

4. 下線部(b)に関して，指示薬を加えたときの炭酸水素ナトリウム水溶液の色の変化として正しいものをつぎの①～④の中から1つ選び，番号で記せ。

- ① メチルレッドを加えると赤色になる。
- ② ブロモチモールブルーを加えると黄色になる。
- ③ フェノールフタレインを加えると薄赤色になる。
- ④ メチルオレンジを加えると薄赤色になる。

5. 下線部(c)の反応の反応式を記せ。

(白 紙)