

名古屋市立大学

平成 25 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は 40 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

全科目の解答用紙 4 枚ともに受験番号を記入しなさい。

平成25年度個別学力検査

医学部 前期日程
理科 問題

名古屋市立大学 学生課 052-853-8020

許可なしに転載、複製
することを禁じます。

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	5 ”
	” 3	7 ”
	” 4	11 ”

化 学	問題 1	15 ページ
	” 2	17 ”
	” 3	21 ”
	” 4	23 ”

生 物	問題 1	27 ページ
	” 2	31 ”
	” 3	35 ”
	” 4	37 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	1 枚
理科	化学解答用紙	1 枚
理科	生物解答用紙	2 枚

化 学

化学問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

アンモニアは、常温常圧では無色の気体で、特有の刺激臭をもつ。アンモニアを加圧すると容易に液化し、これを冷媒として用いることもある。アンモニアは水によく溶解し、弱塩基性のアンモニア水^{a)}として使用されることも多い。アンモニア水^{b)}の中ではアンモニウムイオン^{c)}が生成する。

自然界にあるアンモニアの多くは生物の代謝産物である。アンモニアは、亜硝酸細菌と硝酸細菌によってそれぞれ亜硝酸塩と硝酸塩に変換され、その硝酸塩が脱窒素細菌によって窒素分子や一酸化二窒素に変換され、窒素分子から生物が再び窒素固定を行うことで、一連の窒素循環^{d)}が成立している。

実験室では、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱することでアンモニアを発生させることができる^{e)}。工業的には高温高圧のもと窒素ガスと水素ガス^{f)}を鉄触媒の存在下で反応させて生成させる。この反応は
$$\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{気})$$
と表され、アンモニアの生成反応は発熱反応である。このハーバー・ボッシュ法が開発されたことで、硫酸などの窒素肥料を合成する道が開かれ、世界の食料生産は増大した。

問 1. 下線部 a) で液体アンモニアが冷媒として優れている理由を、その分子間に行える結合の特徴に基づき説明せよ。

問 2. 下線部 b) に関連して、質量パーセント濃度で 26.0 % の市販の濃アンモニア水(密度は 0.904 g/cm^3) のモル濃度 (mol/L) を有効数字 3 桁で求めよ。ただし $H = 1$, $N = 14$ とする。

問 3. 下線部 c) のアンモニウムイオンの電子式を記せ。

問 4. 下線部 d) の窒素循環の説明で登場した 5 つの物質，アンモニア，亜硝酸塩，硝酸塩，窒素分子，一酸化二窒素のうち，窒素原子の酸化数が 3 番目に大きいものはどれか。その物質名を記せ。

問 5. 下線部 e) の反応を実験室で行って，水分を除いた状態で気体のアンモニアを回収するための実験装置を図示せよ。

問 6. 窒素ガスと水素ガスを物質質量比で 1 : 2 に混合し，下線部 f) の反応を行った。平衡状態に達した後の反応容器内の気体の圧力は $2.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ であり，生成したアンモニアの物質質量は気体全体の物質質量の $\frac{2}{3}$ であった。全ての気体は理想気体であると仮定し，この平衡条件下における圧平衡定数を有効数字 2 桁で求めよ。解答に単位があれば併せて記せ。

問 7. 下線部 f) の反応を行って 500°C ， $2.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ で平衡状態に達した混合気体に対し，一部の条件を変更して平衡状態の変化の仕方を調べた。以下の文の中で正しいものの番号を全て記せ。

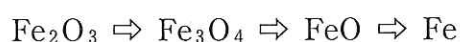
- 1) 温度を 600°C に上げると，圧平衡定数は増加し，アンモニアの分圧は低下する。
- 2) 温度を 600°C に上げると，アンモニア生成反応とアンモニア分解反応の双方の反応速度が上昇するが，アンモニアの分圧は低下する。
- 3) 圧力を $3.0 \times 10^7 \text{ Pa}$ に上げると，圧平衡定数は変化しないが，アンモニアの分圧は上昇する。
- 4) 鉄触媒をさらに加えると，アンモニア生成反応の反応速度が増加し，アンモニアの分圧は上昇する。
- 5) 鉄触媒をさらに加えると，アンモニア生成反応の活性化エネルギーが低下し，アンモニアの分圧は上昇する。

化学問題 2

次の鉄に関する文章を読み、問 1 ～ 問 7 に答えよ。

地球全体では、鉄はすべての元素のなかで、その重量による存在割合が最も多い。宇宙から眺めて、地球をよく『水の惑星』と呼ぶが、『鉄の惑星』ということもできる。

- (1) 鉄の精錬には、下部が大きい円筒形の構造をした、高炉とも呼ばれる溶鉱炉が用いられる。炉の上部から鉄鉱石、コークス、石灰石を入れ、下方から 1000℃ を超える熱風を吹き込む。原材料の鉄鉱石として、赤鉄鉱や磁鉄鉱などが用いられる。磁鉄鉱の主成分である四酸化三鉄は、+2 と +3 の酸化数を持つ鉄が、(ア) : (イ) の比で共存し、見かけ上、鉄の酸化数が +2.67 となる酸化物である。熱風中の酸素は、炉内のコークスと反応して一酸化炭素となる。炉は上部から下部に向かって温度が高くなる構造になっており、一酸化炭素が炉内を上昇する間に、鉄鉱石は逐次還元される。主成分が三酸化二鉄である赤鉄鉱を原材料とした場合、次のように鉄単体まで還元される。



還元された鉄は、コークスから炭素を吸収して、最終的に炭素を 4% 程度含む (ウ) となる。主成分を炭酸カルシウムとする石灰石は、熱により分解して生^(a)石灰となる。^{せつかい}鉄鉱石に含まれる不純物である二酸化ケイ素は、生成した生石灰と反応してケイ酸カルシウムとなり、鉄から分離される。

(2) 水溶液中の金属イオンには、水分子が配位結合し、アクア錯イオンとして存在するものがある。鉄(Ⅲ)イオンに水分子が6個配位結合した水和イオンは、無色のイオンである。ところが、鉄(Ⅲ)イオン水溶液は (エ) を呈する。この理由は水溶液中で配位結合した水分子のうち1個、あるいは2個が水酸化物イオン^(b)となる反応が起き、生じた錯イオンが有色であるためである。

塩化鉄(Ⅲ)水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液やアンモニア水を加えると、赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)が沈殿する。一方、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を多量の沸騰水に加えると、同様に水酸化鉄(Ⅲ)は生じるが沈殿はしない。これは水酸化鉄(Ⅲ)の微小^(c)粒子どうしが集まって大きな粒子にならないためである。この溶液に横からレーザー光のような強い光を当てると、その光の進路が見える^(d)。この現象を (オ) と呼ぶ。また、限外顕微鏡を用いてこの溶液を観察すると、水酸化鉄^(e)(Ⅲ)の微小粒子がブラウン運動と呼ばれる、不規則にふるえるような運動をするようすが見える。

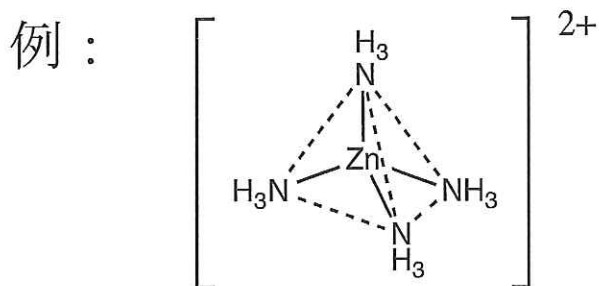
問 1. (ア) : (イ) が最も簡単な整数比となるように、それぞれにあてはまる適切な数値を答えよ。

問 2. (ウ) ~ (オ) を適切な語句で埋めよ。

問 3. 下線部(a)の反応を化学反応式で示せ。

問 4. 下線部(b)について,

- (i) 水分子 2 個が水酸化物イオンとなった錯イオンとして, 考えられる立体異性体はいくつか。ただし, その形状は正八面体形とする。
- (ii) そのなかから 2 個の水酸化物イオンが互いに最も離れた形状 1 つを, 例に
ならない図示せよ。



問 5. 下線部(c)について,

- (i) 大きな粒子とならない理由を簡潔に説明せよ。
- (ii) その理由を確認するための実験方法を記せ。

問 6. 下線部(d)について, なぜ明るく見えるのか, その理由を簡潔に記せ。

問 7. 下線部(e)について, この運動が起こる理由を簡潔に記せ。

草 稿 用 紙

化学問題 3

有機化合物の構造決定に関する次の文章を読み、問1～問6に答えよ。原子量は、 $H = 1$ ， $C = 12$ ， $O = 16$ とする。

炭素、水素、酸素のみからなる化合物 A および化合物 B がある。

芳香族エステルである化合物 A を 8.2 mg とり完全燃焼させたところ、22.0 mg の二酸化炭素と、5.4 mg の水が生じた。この結果から化合物 A の組成式を求めると **あ(組成式)** となる。次に 410 mg の化合物 A をベンゼン 5.00 g に溶解させて凝固点を測定したところ、純粋なベンゼンと比較して凝固点が 2.56 K 下がっていた。この結果から、化合物 A の分子量は **い(数値)** で、分子式は **う(分子式)** と決定できた。

化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液とともにけん化すると、水溶液の上層に油状物質である化合物 C が遊離した。化合物 C はベンゼンの二置換体で、硫酸酸性の二クロム酸カリウムで弱く酸化すると、分子式が $C_8H_8O_2$ で表せる酸性物質である化合物 D が生成した。また化合物 C に過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱した後、室温に冷却して希塩酸を加えると、白色結晶として化合物 E が生成した。化合物 E を融点付近まで加熱すると、水を失って分子式が $C_8H_4O_3$ で表せる^(a)酸無水物の化合物 F となった。

化合物 A と同じ分子式で芳香族エステルである化合物 B をけん化すると均一な水溶液が得られた。この水溶液に希塩酸を十分に^(b)加えて強酸性にすると、油状の化合物 G が遊離した。化合物 G は分子量が 108 の酸性物質で、さらに過マンガン酸カリウムで強く酸化し、室温で強酸性にすると、分子量が 138 の酸性を示す化合物 H となった。化合物 G および化合物 H に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると、化合物 G では青色、化合物 H では赤紫色を呈した。また化合物 G のベンゼン環の水素原子の 1 つを塩素原子に置換した化合物には、2 種類の異性体が存在することがわかった。

問 1. あ ~ う に括弧内の指示に従い、適切な組成式、数値および分子式を記せ。ただし化合物 A はベンゼン中で単分子として存在し、ベンゼンのモル凝固点降下は $5.12 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

問 2. 下線部(a)について化合物 E から化合物 F が生成される変化を反応式で表せ。

問 3. 化合物 C および化合物 D の構造式を記せ。

問 4. 化合物 A の構造式を記せ。

問 5. 化合物 H の構造式を記せ。

問 6. 下線部(b)について、化合物 B がけん化されて化合物 G が生成される変化を反応式で表せ。

化学問題 4

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。必要であれば、以下の数値を使用せよ。
理想気体 1 mol の標準状態における体積：22.4 L，原子量：H = 1，C = 12，
O = 16，Ni = 59

近年、トランス脂肪酸は心疾患など健康に悪影響があるという雑誌記事を見かける。さらに、マーガリンなどトランス脂肪酸を含む食品が英語で「プラスチックフード(= 成型できる食品)」と呼ばれることから、トランス脂肪酸は合成樹脂(= プラスチック)¹⁾と分子が似ているので食べてはいけないと主張するものまである。むしろ両者の分子式は異なり、トランス脂肪酸は合成樹脂ではない。また、2012年に食品安全委員会(内閣府)は、科学的な知見から「日本人の通常の食生活ではトランス脂肪酸による健康への悪影響は小さく、むしろバランスの良い食事を心がけることが必要」と報告している。

油脂は、炭水化物・タンパク質とともに三大栄養素である脂質の一種である。油脂は、すい液中の酵素 により と脂肪酸に分解される。油脂が体内で完全に燃焼したときに発生する熱量は、同じ重さの炭水化物の である。油脂のうち、常温で固体のものを といい、液体のものを という。このような性質の違いは、構成する脂肪酸の炭素間二重結合の数などによる。²⁾一般に、動物性油脂に比べて植物性油脂は不飽和脂肪酸を多く含んでおり、天然物の脂肪酸の二重結合はシス形が多い。英国では、トランス脂肪酸よりも飽和脂肪酸の方が動脈硬化の原因であるとして、その摂取量削減が課題になっている。

マーガリンは、常温で液体の油脂にニッケルを触媒として を不完全に³⁾行い硬化油にしたものである。このとき、構成脂肪酸の一部の炭素間二重結合がシス形からトランス形に変化し、トランス脂肪酸を含む油脂が副生成物として生成される。例えば、分子式が $C_{18}H_{32}O_2$ であるリノール酸は、シス形二重結合を2つ持つ脂肪酸であるが、立体的な構造が変化することによりトランス形二重結合を持つ同じ分子式のリノエライジン酸になる。

- 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、加水分解されて い と脂肪酸のナトリウム塩が生成する。この脂肪酸のナトリウム塩をセッケンという。セッケンは水に溶かすと B を示し、 C としてはたらく。また、セッケンの脂肪酸イオンは水中で球状に集まり、これを か という。
- 4) セッケン水に少量の油を加えてよく振ると、油滴を取り囲んだ微粒子が形成され、この微粒子が水中に分散する。

問 1. 文中の あ ~ か に、適切な語句を入れよ。

問 2. 文中の A ~ C に入れる語句として適切なものを、次の各語句群から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|---------------|--------------|----------|
| A : ア) 約 10 倍 | イ) 約 2 倍 | ウ) 場合と同量 |
| エ) 約 2 分の 1 | オ) 約 10 分の 1 | |
| B : カ) 強酸性 | キ) 弱酸性 | ク) 中性 |
| ケ) 両性 | コ) 弱塩基性 | |
| C : サ) 合成洗剤 | シ) 中性洗剤 | ス) 界面活性剤 |
| セ) 漂白剤 | ソ) 還元剤 | |

問 3. 下線部 1) に関して、熱に対する性質の違いで合成樹脂(プラスチック)を分類するとき、次の 2 つの高分子はどのように称されるか、それぞれ答えよ。

- 1) 尿素樹脂
- 2) ナイロン 66

問 4. 下線部 2) に関して、構成脂肪酸の種類と油脂の性質との一般的な関係について書かれた次の文うち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- ア) 飽和脂肪酸を多く含むものの方が、融点が高い。
- イ) 炭素間二重結合の数が多いものの方が、融点が高い。
- ウ) 炭素間二重結合がトランス形であるものの方が、シス形のものと比べて融点が高い。
- エ) 炭化水素基の炭素原子の数が多いものの方が、融点が高い。

問 5. 下線部 3) に関して，構成脂肪酸がすべてリノール酸からなる油脂 100 g を硬化油にしたところ，いくつかの油脂の混合物となり，構成脂肪酸の物質量の比率が下表のように変化した。この反応で消費した水素は，標準状態で何 L か。ただし，水素は理想気体であるとみなし，有効数字 3 桁で解答せよ。

脂肪酸の名称	分子式	二重結合の種類と数	反応後の構成比率(%)
ステアリン酸	$C_{18}H_{36}O_2$	0	70
オレイン酸	$C_{18}H_{34}O_2$	シス形, 1	11
エライジン酸	$C_{18}H_{34}O_2$	トランス形, 1	4
リノール酸	$C_{18}H_{32}O_2$	シス形, 2	10
リノエライジン酸	$C_{18}H_{32}O_2$	トランス形, 2	5

問 6. 下線部 4) に関する，次の問題に答えよ。

- 1) この変化を何というか。漢字で答えよ。
- 2) 微粒子が水中に分散している様子を，簡潔に説明せよ。ただし，説明には，脂肪酸イオンの向きが明確にわかるような模式図を含めること。

草 稿 用 紙