

平成 24 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 46 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。

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	19 ”
		” 3	23 ”
		” 4	27 ”

生	物	問題 1	31 ページ
		” 2	35 ”
		” 3	39 ”
		” 4	43 ”

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

次の過酸化水素に関する文章を読み、下記の間1～間6に答えよ。ただし、原子量は $H = 1$ 、 $O = 16$ 、大気圧は $1.01 \times 10^3 \text{ hPa}$ 、 25°C における水の飽和蒸気圧を 3.17 kPa とする。数値で答える場合には四捨五入して有効数字2桁とせよ。

下の図は過酸化水素分子の構造を表している。過酸化水素分子の酸素原子間の結合距離は 0.148 nm であり、酸素分子の酸素原子間の距離 0.121 nm に比べて長い。過酸化水素分子の酸素原子と水素原子の結合距離は、水分子の酸素原子と水素原子の結合距離に近い。過酸化水素分子の形は直線形ではなく、図で示されるようにねじれた構造をしている。

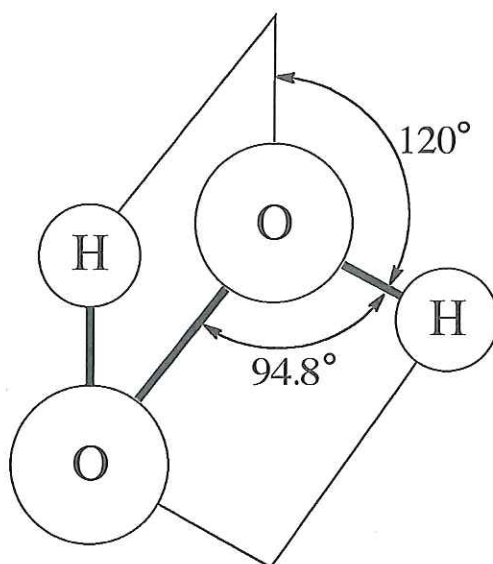


図 過酸化水素分子のモデル

過酸化水素は任意の割合で水と混合することができ、質量パーセント濃度 30～35 % の水溶液が市販されている。希釈した水溶液は漂白剤や殺菌剤として用いられる。過酸化水素は二酸化マンガンや重金属イオンの存在下あるいは塩基性水溶液中では、下記の式に従い分解し、酸素分子を生じる。



過酸化水素水溶液の保存にはガラス瓶の使用は避けられ、プラスチック製容器が使われる。これは、ガラスに微量の重金属が含まれる場合があり、過酸化水素の分解反応が促進される可能性があるためである。

酸化還元反応は電子の授受で説明することができる。過酸化水素の分解反応の場合、過酸化水素が酸化剤としての役割と、過酸化水素が還元剤としての役割を同時に果たし、その反応が進行する。
イ) ウ)

発生した酸素の捕集には実験室では水上置換が用いられる。これは水に溶けにくい物質の場合、エ) 気体の発生量が一目でわかり、集めやすいためである。しかし、この方法では原理上、捕集された気体には必ず水の蒸気が含まれる。

問 1. 過酸化水素分子の電子式を示せ。

問 2. 下線部ア)について、その理由を簡潔に記せ。

問 3. 過酸化水素分子には分子全体として極性があるかどうか、その理由とともに述べよ。

問 4. 下線部イ)および下線部ウ)を表す、電子 e^- を含むイオン反応式を、それぞれ記せ。

問 5. 下線部エ)の方法を図示せよ。

問 6. 質量パーセント濃度 30 % の過酸化水素水(25 °C における密度 1.11 g/mL) 2 mL を水で希釈した。ガラス瓶中で保存しておいたところ、希釈時に存在した過酸化水素のうち、その 10 % が分解していた。残った過酸化水素を完全に分解させるために、少量の二酸化マンガンを加え気体を発生させ、水上置換によりその捕集を行った。次の(a)と(b)に答えよ。

(a) 捕集した気体の 25 °C、大気圧下における酸素の分圧(kPa)を求めよ。ただし、空気が含まれていないものとする。

(b) 残った過酸化水素をすべて分解させた時に、発生した熱量(kJ)を求めよ。

草稿用紙

化学問題 2

次の〔I〕および〔II〕の文章を読み、問1～問8に答えよ。必要であれば、次の原子量を使用せよ。H = 1.01, O = 16.0, Ni = 58.7, Cu = 63.5, Zn = 65.4

〔I〕

金属イオン Ag^+ , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Pb^{2+} を含む水溶液 A がある。これを用いて、次のようにして、含まれているイオンの分離と確認をした。なお、反応や分離は理想的に完全に行われたものとする。

まず、水溶液 A に希塩酸を加えたところ白色沈殿が生じたので、ろ過をして沈殿 P とろ液 B に分離した。次に、このろ液 B に硫化水素を通じて、生じた黒色沈殿 Q とろ液 C に分離した。一方、沈殿 P に熱湯を加えたところ沈殿の一部が溶けたので、残った沈殿 R とろ液 D に分離した。

この後、それぞれの沈殿やろ液に対して、以下の確認実験を行なった。

確認実験 1 : ろ液 C を煮沸し、希硝酸を加えた。冷却後、 ところ、赤褐色の沈殿が生じた。

確認実験 2 : 沈殿 R に多量のアンモニア水を加えたところ、沈殿が溶けた。

確認実験 3 : ろ液 D にクロム酸カリウム水溶液を加えたところ、黄色沈殿が生じた。

問 1. 確認実験 1 に関する, 次の各問に答えよ。

- 1) ろ液 C を煮沸した理由を, 簡潔に述べよ。
- 2) 希硝酸を加えた理由を, 簡潔に述べよ。
- 3) 文中の 内に入れる操作として, 次の選択肢のうち最もふさわしいものを選び, 記号で答えよ。
 - あ) アルゴンを通じた
 - い) 硫化水素水を加えた
 - う) 希硫酸を加えた
 - え) 希塩酸を加えた
 - お) アンモニア水を加えた
 - か) ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム水溶液を加えた

問 2. 確認実験 2 に関する, 次の各問に答えよ。

- 1) 生じた溶液は何色か。次の選択肢のうち, 最もふさわしいものを選び, 記号で答えよ。
あ) 無色 い) 赤色 う) 青色 え) 黄色 お) 緑色
- 2) 生じた水溶液に含まれる錯イオンは何か。化学式で書け。

問 3. 確認実験 3 で起きた反応を, イオン反応式で書け。

〔Ⅱ〕

亜鉛板，銅板，ニッケル板を電極として使用し，下表に示す 3 種類の電池 A～電池 C を作成した。なお，各電池の左右それぞれの電解液には，その電極に用いた金属の硫酸塩水溶液を使用し，左右の電解液の間には仕切り板として素焼き板を使用¹⁾した。作成した 3 つの電池において，それぞれの左右の金属板(電極)を導線と電球で接続したところ，いずれも電球が点灯した。また，電池 A において，平均で²⁾ 100 mA の電流が 600 秒間流れた時，左側電極の質量は電流が流れる前と比べて 20.5 mg 変化していた。

	左	右
電池 A	亜鉛	銅
電池 B	銅	ニッケル
電池 C	亜鉛	ニッケル

問 4. 下線部 1) に関して，電池 A における素焼き板が果たす役割として，次の選択肢のうち最もふさわしい記述を一つ選び，記号で答えよ。

- あ) 左右の電解液が混じり合うのを防ぎ，水素イオンを通過させるため。
- い) 左右の電解液が混じり合うのを防ぎ，水分子を通過させるため。
- う) 左右の電解液が混じり合うのを防ぎ，硫酸イオンを通過させるため。
- え) 左右の電解液が混じり合うのを防ぎ，銅イオンを通過させるため。
- お) 左右の電解液が混じり合うことで水素が発生し分極による電圧低下を防ぐため。

問 5. 電池 A の正極活物質は何か。化学式で答えよ。

問 6. 下線部 2) の実験結果から, 次のア) およびイ) を計算せよ。解答は, 有効数字 3 桁とし, 単位も明記せよ。なお, 電気素量(電子 1 個の持つ電気量)を $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

ア) ファラデー定数

イ) アボガドロ定数

問 7. 次のア) およびイ) の各電極で起きている反応を, それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式で書け。

ア) 電池 B の負極

イ) 電池 C のニッケル電極

問 8. 電池 A と電池 B を新たに作成し, 今度は, 電池 A の亜鉛板を電池 B のニッケル板と導線で接続し, 電池 A の銅板は電流計を通して電池 B の銅板と導線でつないだ。

1) このとき, 電流計には電流が流れるかどうか。次の選択肢あ)~う)のうち正しいものを一つ選び, 記号で答えよ。

あ) 電流は, 電池 A の銅板側から電池 B の銅板側へ流れる。

い) 電流は, 電池 B の銅板側から電池 A の銅板側へ流れる。

う) 電流は流れない。

2) このとき起きている現象を, 簡潔に説明せよ。ただし, 下記の語句群に示した 5 つの語句をすべて含めること。

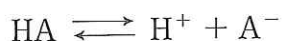
語句群: 起電力, 正極, 陽極, イオン化傾向, 酸化反応

化学問題 3

サリチル酸とそれに関連する有機化合物に関する次の文を読み、問1～問6に答えよ。ただし、原子量は $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$ とする。必要であれば、 $\sqrt{2} = 1.4$, $\sqrt{5} = 2.2$ とせよ。

- (1) 洋の東西を問わず、古くから「ヤナギの枝」が薬として用いられていた。その有効成分が取り出され、セイヨウシロヤナギの学名 *Salix alba* にちなんでサリシン (salicin) と名付けられたが、これは苦みが強く薬には不向きであった。サリシンは体内で加水分解され、最終的にはサリチル酸に変化してその作用を発揮することが知られてきたが、サリチル酸は胃腸障害が強いことから、アセチルサリチル酸 (アスピリン) が開発された。また、ヤナギが病原体におかされた時にさかんに合成される揮発性のサリチル酸メチルエステルは、香料として利用されるほか、ア(語句) 効果があるので、外用薬(塗布剤)としても使われている。

- (2) あるカルボン酸を HA とすると、電離は次式で表される。



水溶液中での HA, H^+ , A^- のモル濃度をそれぞれ $[HA]$, $[H^+]$, $[A^-]$ とし、電離定数を K_a とすると、

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

と定義される。

ここで、HA の電離度を α とし、 $-\log_{10} K_a = pK_a$ と書き表すことにすると、pH は、 pK_a と α を用いて

$$pH = \text{イ(数式)}$$

と表される。

サリチル酸の $pK_a = 2.5$ 、アスピリンの $pK_a = 3.5$ 、胃液の水素イオン指数を $pH = 2.0$ とすると、胃液中では、サリチル酸はおよそ 25% が電離しているのに対し、アスピリンはわずか ウ(数字) % が電離しているにすぎない。

(3) 分子量が 108 で C, H, O のみからなる芳香族化合物 A を, 過マンガン酸カリウムで酸化するとサリチル酸が得られる。化合物 A には, 芳香族化合物の異性体が A を含めて エ(数字) 種類存在するが, それらの異性体の中で, 化合物 B と化合物 C は塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えても呈色しない。

(4) サリチル酸 1.2 g を試験管に入れ, メタノール 8 mL を加えて溶解させた。濃硫酸を 5 滴加え, さらに沸騰石を入れ, 冷却管をつけて沸騰した水浴中で穏やかに加熱した。20 分間反応させた後, 反応溶液の入った試験管を水道水につけて冷却した。炭酸水素ナトリウムが飽和した水溶液 80 mL を入れたビーカー中に反応溶液を注ぎ入れ, さらにジエチルエーテル 80 mL を加えて分液ロートに入れてよくかき混ぜ, しばらく静置したところ 2 層に分離したので, エーテル層を分けとった。この溶液のエーテルを蒸発させたところ, 最終的にサリチル酸メチルエステルが 0.82 g 得られた。これは, 実験に用いたサリチル酸が完全に反応したとして得られる量の オ(数字) % にあたる。この数値を一般に収率という。

問 1. ア ~ オ に, 括弧内の指示に従い, それぞれ適切な語句等を記せ。数値については, 四捨五入して整数値で答えよ。

問 2. 下線部あ)に関連して, アセチルサリチル酸の構造式を書き, アセチル基を点線で囲め。

問 3. (i) 化合物 B と化合物 C を構造式で記せ。どちらを先に書いてもよい。
(ii) 化合物 B と化合物 C を簡単に区別する実験方法を一つ簡潔に述べよ。

問 4. 下線部い)の濃硫酸の役割を記せ。

問 5. 下線部う)で, 炭酸水素ナトリウムが飽和した水溶液のかわりに水酸化ナトリウム水溶液を用いると, どのような不都合が生じるか簡潔に説明せよ。

問 6. 下線部え)について, 反応の収率を高めるためには, どのような工夫をすればよいか。

(i) 次の a)~e)の中から最も適した工夫を一つ選び, 記号で答えよ。

- a) 反応させる時に加える濃硫酸の量を増やす。
- b) 反応させる時に加えるメタノールの量を増やす。
- c) 反応させる時に少量の水を加える。
- d) 反応させる時に加える濃硫酸を濃塩酸にかえる。
- e) 反応させる時の温度を低くする。

(ii) 選んだ理由を簡潔に記せ。

草 稿 用 紙

化学問題 4

次の文を読み、問1～問8に答えよ。ただし、原子量は $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$ 、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。また、必要に応じて重合度は n とせよ。

一般に、分子量が約1万以上の物質を高分子化合物という。天然に存在するものを天然高分子化合物、人工的に合成されたものを合成高分子化合物という。天然高分子化合物に分類されるデンプンは、単量体である α -グルコースが多数結合した鎖状構造をしており、あ(分子式) で表される。デンプンの水溶液にい(語句) を加えると青～青紫色になる。この反応はデンプンの検出に利用される。セルロースもまた天然高分子化合物であり、あ(分子式) で表される。セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、綿・パルプ・ろ紙の原料として用いられる。セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合溶液(混酸)を作用させ、ヒドロキシ基を全^{a)}てエステル化すると、硝酸エステルであるトリニトロセルロースが得られる。トリニトロセルロースは火薬として用いられる。

合成高分子化合物に分類されるポリエチレンテレフタレートは、繊維・フィルム・ボトルなどに用いられる。エチレングリコールとテレフタル酸との縮合重合に^{b)}よりポリエチレンテレフタレートが合成される。高分子化合物の平均分子量は浸透圧を測定することにより求めることができる。このとき、浸透圧は溶液のモル濃度と絶対温度に比例し、比例定数は気体定数 R で与えられる。あるポリエチレンテ^{c)}レフタレートの 1 g を溶媒に溶かして 100 mL とした溶液の浸透圧を 27°C で測定したところ $1.66 \times 10^2 \text{ Pa}$ であった。

タンパク質は多数のアミノ酸分子が縮合重合してできたポリペプチド構造を持つ天然高分子化合物であり、生物の細胞組織の主要成分である。可溶性のタンパク質は水中で分散し親水う(語句) 溶液となる。タンパク質を加熱したり、酸、塩^{d)}基、アルコール、重金属イオンなどを加えると凝固し、ゲルとなり再びもとの状態にもどらなくなることがある。この現象をタンパク質のえ(語句)という。タン

パク質に濃硝酸を加えて熱すると黄色になり，冷却後にアンモニア水を加えて塩基性になると橙黄色になる。これを **お(語句)** 反応という。タンパク質水溶液に水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると赤紫色を呈する。これを **か(語句)** 反応という。生体を構成する主要な α -アミノ酸は約 20 種類あり，そのうちのいくつかは 必須アミノ酸 と呼ばれる。アミノ酸に **き(語句)** 水溶液を加えて温めると青紫～赤紫色を呈する。これを **き(語句)** 反応という。ジペプチド は一つのアミノ酸のカルボキシル基と，他のアミノ酸のアミノ基が縮合した化合物である。

問 1. **あ** ～ **き** に括弧内の指示に従いそれぞれ適切な語句等を記せ。

問 2. 下線部 a) を化学反応式で表せ。

問 3. トリニトロセルロースと同様にエステル結合を持つ化合物を次のア)～エ)の中から全て選び，記号で答えよ。

- ア) ニトログリセリン
- イ) トリニトロトルエン
- ウ) トリニトロフェノール
- エ) ニトロベンゼン

問 4. 下線部 b) を化学反応式で表せ。

問 5. 下線部 c) に関連して，次の①と②に答えよ。ただし，答えは四捨五入により有効数字 2 桁とし， 2.1×10^4 のように記せ。

- ① この合成高分子化合物の平均分子量はいくらか。計算式も示せ。平均分子量は解答用紙の点線わく内に記入し，それ以外のスペースに計算式を示せ。
- ② この合成高分子化合物の 1 分子中にエステル結合はおよそ何個あるか。

問 6. 下線部 d) について, この現象が起きる理由を簡潔に述べよ。

問 7. 下線部 e) について, このように呼ばれる理由を簡潔に述べよ。

問 8. 下線部 f) に関連して, 1 分子のアラニンと 1 分子のフェニルアラニンからなるジペプチドについて考えられる構造式を全て記せ。ただし, 光学異性体やイオン化した状態の違いを考える必要はない。

草 稿 用 紙

必ず2か所に受験番号を記入すること

(平成24年度) 理科(前) 化学 解答用紙

問題 1

問 5	問 1	問 2		
	問 3			
	問 4	イ)		
		ウ)		
	問 6	(a)	(b)	

(1)

(1)

問題 2

問 1	1)	2)	3)
問 2	1)	2)	問 3
問 4	問 5	ア)	
問 7	ア)	イ)	問 6 イ)
問 8	1)	2)	

(2)

(2)

問題 3

問 1	ア	イ	問 2
	ウ	エ	
問 3	(i)	(ii)	
	問 4	問 5	
問 6	(i)	(ii)	

(3)

(3)

問題 4

問 1	あ	い	う
	え	お	か
問 2			問 3
問 4			
問 5	①	問 8	
	②		
問 6			
問 7			

(4)

(4)

見本