

平成28年度入学試験問題

理 科

	ページ
物 理	1～14
化 学	15～27
生 物	28～50
地 学	51～58

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

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、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 図1は、原子のイオン化エネルギー(第一イオン化エネルギー)を原子番号順に示したものである。図1に関する問1～問4に答えよ。

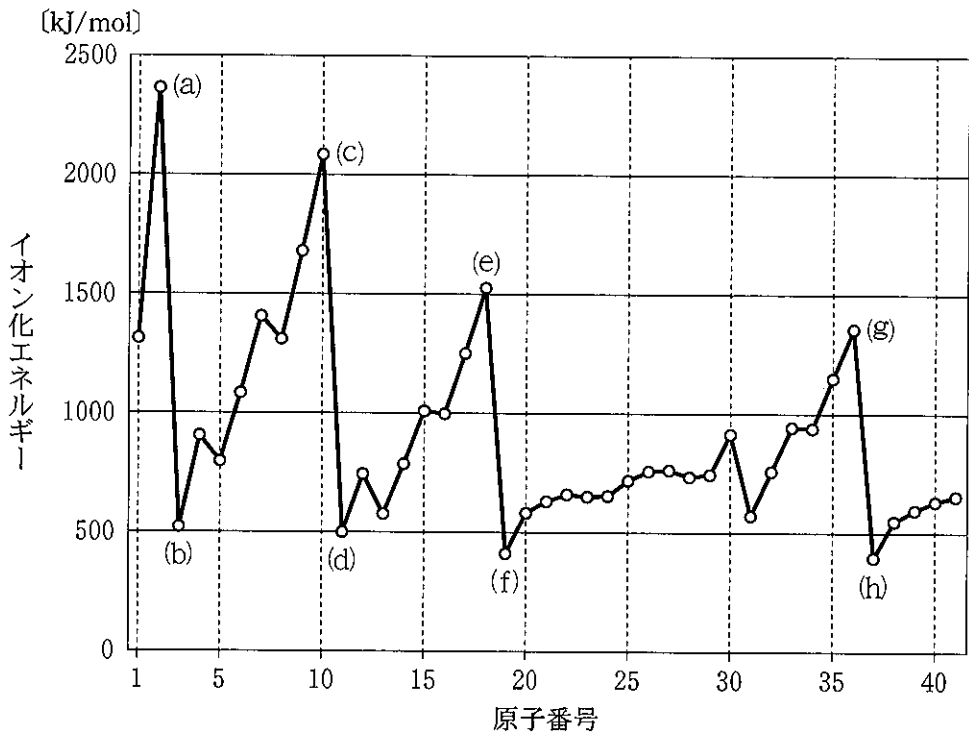


図1 イオン化エネルギーと原子番号の関係

問1 元素(a), (c), (e), (g)では、イオン化エネルギーが極大値を示している。

(1) 元素(a), (c), (e), (g)の元素記号を答えよ。

- (2) これらの元素で、イオン化エネルギーが極大値を示す理由として正しいものを、次の記述(ア)~(オ)のうちから1つ選び、記号で答えよ。
- (ア) 価電子の数が2個であり、安定な電子配置を示すため。
 - (イ) 価電子の数が2個であり、不安定な電子配置を示すため。
 - (ウ) 価電子の数が1個であり、不安定な電子配置を示すため。
 - (エ) 価電子の数が0個であり、安定な電子配置を示すため。
 - (オ) 価電子の数が0個であり、不安定な電子配置を示すため。

問 2 元素(c)の原子と同じ電子配置を示す2価の陽イオンと1価の陰イオンのイオン式を答えよ。

問 3 元素(b), (d), (f), (h)では、イオン化エネルギーが極小値を示している。

- (1) 元素(b), (d), (f), (h)は、水素Hと同族に属するが、これらのうち、水素H以外の元素は何と呼ばれるか、その名称を答えよ。
- (2) 元素(b)と(h)の名称を答えよ。
- (3) 元素(d)に関する次の記述(ア)~(オ)のうち、正しいものを1つ選び、記号で答えよ。
 - (ア) 周期表の第2周期に属し、N殻に最外殻電子を1個もつ。
 - (イ) 元素(d)の炎色反応は、赤紫色を示す。
 - (ウ) 単体は、強い酸化力を示す。
 - (エ) 単体は、そのイオンを含む水溶液を電気分解して得られる。
 - (オ) 単体は、常温の水と激しく反応し、水素を発生する。

問 4 Ag^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} のうち、周期表で元素(f)と同じ周期に属する元素の陽イオン4つを含む混合水溶液がある。これに希塩酸を加えたのち、硫化水素を十分に通じると **ア** の黒色沈殿が生じた。溶液をろ過して沈殿を分離したのち、ろ液を煮沸し硫化水素を追い出した。つづいて、希硝酸を加え熱したのち、塩化アンモニウムとアンモニア水を加え塩基性になると **イ** の赤褐色沈殿が生じた。溶液をろ過して沈殿を分離したのち、ろ液に硫化水素を通じると **ウ** の白色沈殿が生じた。

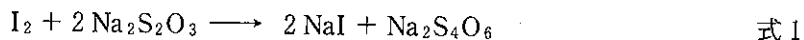
文章中の **ア** ~ **ウ** に入る適切な化学式を答えよ。

2 次のように酸化還元滴定の実験1と実験2を行った。酸化還元反応に関する問1～問7に答えよ。

(実験1) 0.080 mol/Lのヨウ素水溶液(ヨウ化カリウムを含む)100 mLに、ある一定量の二酸化硫黄をゆっくりと通し反応させた。この反応溶液中に残ったヨウ素を定量するため、デンプンを指示薬として加え、0.080 mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定した。25 mLを加えた時に溶液の色が変化した。

(実験2) 濃度不明の過酸化水素水 50 mLに、過剰量のヨウ化カリウムの硫酸酸性水溶液を加えたところ、ヨウ素が遊離した。この反応溶液中に、デンプンを指示薬として加え、0.080 mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、20 mLを加えた時に溶液の色が変化した。

ただし、実験1および実験2において、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムとは、式1のように反応する。



問1 次の化学式(a)～(c)について、()内の原子の酸化数を答えよ。

(a) SO_2 (S)

(b) SO_4^{2-} (S)

(c) NH_3 (N)

問2 次の(a)～(c)の酸化還元反応を化学反応式で示せ。

(a) 酸素と水素 (火花放電)

(b) 希塩酸と鉄 Fe

(c) 濃硝酸と銀 Ag

問 3 下線部①の二酸化硫黄の反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

問 4 下線部①で反応した二酸化硫黄の物質質量[mol]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。

問 5 下線部②の溶液の色の変化を、次の(a)~(f)の中から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 橙赤色から無色 (b) 青紫色から無色 (c) 黄緑色から無色
(d) 無色から青紫色 (e) 無色から黄緑色 (f) 無色から橙赤色

問 6 ヨウ素により呈色しないものを、次の(a)~(e)の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) アミロース (b) グリコーゲン (c) アミロペクチン
(d) セルロース (e) スクロース

問 7 実験 2 の下線部③の過酸化水素水の濃度[mol/L]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。

- 3 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問8に答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。25℃での水のイオン積 $K_w = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{2.70} = 1.64$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\log_{10} 1.64 = 0.215$, $\log_{10} 2.70 = 0.431$, $\log_{10} 3.70 = 0.568$ 。

(文章Ⅰ)

気体Aと気体Bから気体Cを生じる反応は可逆反応であり、式1で示される。ここで、 x , y , z は最小の整数比となる係数である。また、この反応の熱化学方程式は式2で表わされる。



気体Aと気体Bの初濃度を変えて、反応初期の気体Cの生成速度 v を求めたところ、表の結果が得られた。反応の始めの時点で、気体Cは存在していないものとする。

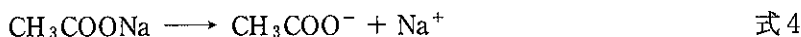
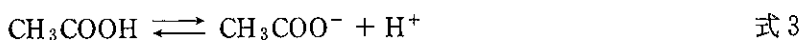
表 気体A、気体Bの初濃度と気体Cの生成速度 v

実験	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v [mol/(L·s)]
1	2.00	4.00	3.20×10^{-2}
2	2.00	2.00	4.00×10^{-3}
3	4.00	2.00	8.00×10^{-3}

また、密閉容器に気体Aを9.0 mol、気体Bを9.0 mol入れ、一定温度に保つと、気体Bは3.0 molとなり、気体Cが4.0 mol生じ、平衡状態になった。

(文章Ⅱ)

塩酸などの強酸は、水溶液中ではほぼ完全に電離しているが、弱酸である酢酸は水溶液中で式3に示す電離平衡の状態にあり、25℃での電離定数 K_a は 2.70×10^{-5} mol/Lである。また、酢酸ナトリウム CH_3COONa を水に溶かすと、式4で示すように酢酸イオン CH_3COO^- を生じ、すべて電離する。この酢酸イオンの一部は式5で示すように水と反応する。この加水分解反応の加水分解定数 K_b は、それぞれのモル濃度を用いて式6で表わされる。



$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \quad \text{式6}$$

問1 文章Ⅰの気体Cの生成速度 v は、反応速度定数を k として、 $v = k[\text{A}]^x[\text{B}]^y$ で表わすことができるものとする。反応速度定数 k および式1の係数 x 、 y 、 z を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、反応速度定数 k は有効数字2桁で、単位をつけて示せ。また、係数が1の場合は1と記せ。

問2 文章Ⅰの気体Cの生成速度 v は、次の(1)と(2)の条件下でどのように変化するか、最も適切な値を次の(a)~(h)から選び、それぞれ記号で答えよ。

(1) この反応は温度が10 K上昇するごとに生成速度 v が4倍になる。温度が30 K上昇すると生成速度は何倍になるか。

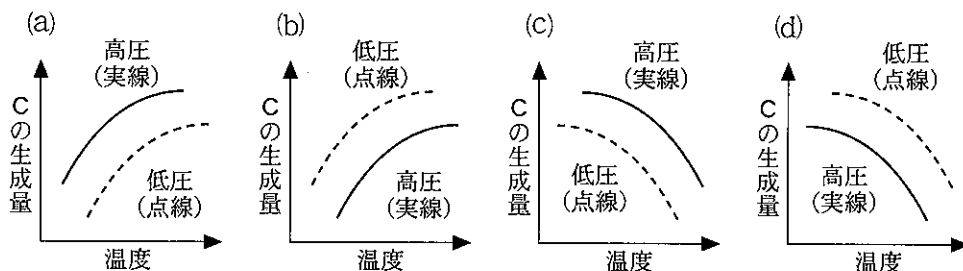
(2) 反応容器を圧縮して、一定温度にて全圧を2倍にすると生成速度は何倍になるか。

(a) 2 (b) 4 (c) 8 (d) 12

(e) 16 (f) 32 (g) 48 (h) 64

(問題は、次ページに続く。)

問 3 文章 I の反応で、高圧と低圧それぞれにおいて温度を変化させて平衡状態にした。そのときの気体 C の生成量を正しく表わしたグラフはどれか。次の(a)~(d)から選び、記号で答えよ。



問 4 文章 II の記述を参考にして、酢酸水溶液の初濃度を c (mol/L)、電離度を α としたとき、電離平衡時のモル濃度 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 、 $[\text{H}^+]$ を c と α を用いて表わせ。

問 5 電離定数 K_a を c と α で表わせ。

問 6 0.100 mol/L の酢酸水溶液の 25 °C での電離度 α を、酢酸の電離定数 K_a の値を用いて求めよ。ただし、電離度 α は 1 よりも十分に小さいものと近似して求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 2 桁で示せ。

問 7 酢酸ナトリウムの 25 °C での加水分解定数 K_h に関して、次の(1)と(2)に答えよ。

(1) 加水分解定数 K_h を、 K_a と K_w を用いた式で表わせ。

(2) (1)で答えた式を用いて加水分解定数 K_h の値を求めよ。有効数字 2 桁で、単位をつけて示せ。

問 8 0.100 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液の 25 °C での pH を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、pH は小数点以下第 1 位まで示せ。ただし、 $[\text{OH}^-]$ は $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ よりも十分に小さいものと近似して求めよ。

4 次の文章Ⅰ～文章Ⅲを読み、問1～問7に答えよ。

(文章Ⅰ)

化学反応のスポーツ用品への応用について調べたA君は、硬式テニスボールの内圧を高めるのに、ボール内で気体を発生させる反応が用いられていることを知った。A君は、化学担当のB先生の指導のもとで、この反応で発生する気体を調べる実験を行った。試験管に、亜硝酸ナトリウムと塩化アンモニウムの混合水溶液を入れ、ガスバーナーで加熱した。この実験についてB先生は、「反応で水と気体Yが発生し、試験管中には正塩が1つ生じる。」と解説した。

A君は実験結果と考察を以下のように記述した。

◆実験結果

- (1) 気体Yを、水上置換で集気瓶に適切に捕集することができた。
- (2) 集気瓶中の気体Yは無色であった。
- (3) 気体Yを捕集した集気瓶に空気を吹き込んでも、赤褐色への変化はなかった。
- (4) 気体Yを捕集した集気瓶に、火のついた線香を入れたところ、火は消えた。

◆考察

まず、実験結果(4)より、水素と酸素を気体Yの候補から除外した。反応物の構成元素に基づき、可能性がある気体を表にまとめた。候補とした気体はアンモニア、一酸化窒素、二酸化窒素、窒素、塩化水素、塩素である。これら候補中に気体Yが含まれることの確認をB先生から得たうえで、実験結果(1)～(3)から否定できる気体に×印をつけた。表から、気体Yは×印がない **ア** であると結論できた。

表 気体Yの候補について、実験結果(1)～(3)に基づく検討

可能性を検討した気体	実験結果(1)	実験結果(2)	実験結果(3)

(文章Ⅱ)

分子量 118 の化合物 C はカルボン酸である。化合物 C は、炭素 C、水素 H、酸素 O のみからなり、酸素はすべてカルボキシ基を構成している。化合物 C を正確に 2.00 g 量り取り、純水に溶解して、メスフラスコで 200 mL とし、化合物 C の水溶液とした。ビュレットには、滴定用の NaOH 水溶液を入れた。

【滴定操作 1】 コニカルビーカーに、 5.00×10^{-2} mol/L のシュウ酸標準液を 10.0 mL 入れ、指示薬 D を加え、ビュレットを用いて NaOH 水溶液で 3 回滴定した。終点までの滴下量の平均値は 12.5 mL であった。

【滴定操作 2】 化合物 C の水溶液をメスフラスコから 10.0 mL 取ってコニカルビーカーに入れ、指示薬 E を加え、ビュレットを用いて NaOH 水溶液で 3 回滴定した。終点までの滴下量の平均値は 21.2 mL であった。

(文章Ⅲ)

鉄は、水分を含んだ空気中で酸化されやすい。鉄の腐食を抑えるため、表面を亜鉛でメッキしたものがトタンである。トタン表面が傷ついて内部の鉄が露出したとき、酸素を多く含んだ水が接しても、鉄の酸化は、亜鉛が残っている限りは起こらない。部分的に亜鉛メッキされている鉄くぎ全体を、酸素を溶解した食塩水に浸したとき、亜鉛が残っている間は鉄さびが生じないのも同じ原理である。

問 1 解答用紙の表で、文章Ⅰの実験結果(1)~(3)によって否定できる気体の欄に「×」を入れ、表を正しく完成させよ。

問 2 文章Ⅰ中の空欄

ア

 に入る適切な気体名を答えよ。

問 3 文章Ⅰの実験で発生した気体 Y 0.010 mol あたり、何 g の正塩が生じたか、有効数字 2 桁で答えよ。

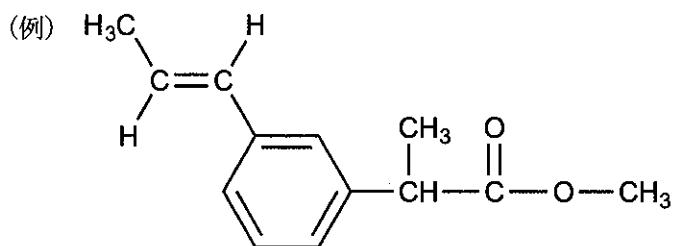
(問題は、次ページに続く。)

問 4 文章Ⅱで、【滴定操作 1】による NaOH 水溶液の濃度決定が必要だったのは、薬品瓶から固体の NaOH を取り出して重量を量り、純水で溶かす操作では、正確な濃度の NaOH 水溶液を準備できないからである。その理由 2 つを、NaOH の性質に基づき、45 字以内で説明せよ。

問 5 文章Ⅱ中の指示薬 D と E についての記述(a)~(e)のうち、正しいものを 1 つ選び、記号で答えよ。

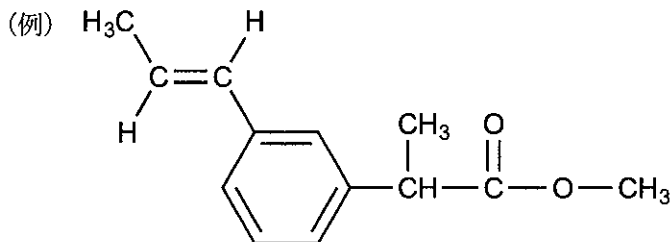
- (a) 指示薬 D と E に、メチルオレンジを用いるべきである。
- (b) 指示薬 D と E に、フェノールフタレインを用いるべきである。
- (c) 指示薬 D と E には、メチルオレンジとフェノールフタレインのどちらを用いても良い。
- (d) 指示薬 D にメチルオレンジ、指示薬 E にフェノールフタレインを用いるべきである。
- (e) 指示薬 D にフェノールフタレイン、指示薬 E にメチルオレンジを用いるべきである。

問 6 文章Ⅱの化合物 C として考えられる 2 つの構造式を、例にならって記せ。



問 7 文章Ⅲの下線部の鉄くぎで、亜鉛 Zn の表面および鉄 Fe の表面で起こる反応を、それぞれ電子 e⁻ を含むイオン反応式で記せ。

5 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。



炭素 C、水素 H、酸素 O のみからなる化合物 A～E は互いに構造異性体の関係にあり、分子量 74 の有機化合物である。化合物 A 37 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 88 mg と水 45 mg が生じる。化合物 A～E の中で、化合物 C、D、E は、炭素原子および酸素原子のつながり方が直鎖状の分子である。化合物 A、B、C は であり、ナトリウムと反応して水素を発生する。化合物 C を二クロム酸カリウムにより酸化すると、 が得られ、これをさらに酸化すると、分子量 88 の になる。化合物 A を二クロム酸カリウムにより酸化すると、分子量 72 の になり、この化合物は酸化されにくい。化合物 A、B、C の中で、沸点が最も高いものは化合物 C で、沸点が最も低いものは化合物 B であり、化合物 B は酸化されにくい。化合物 D および E は である。

の一種である化合物 F と濃硫酸の混合物を約 130℃ で加熱すると、化合物 E が生成する。また、化合物 F と濃硫酸の混合物を約 170℃ で加熱すると、分子内での脱水反応が起こり化合物 G が生じる。化合物 G はビニル基をもつ化合物であり、付加重合により鎖状構造をもつ熱可塑性樹脂 をつくる。

問 1 文章中の **ア** ~ **オ** にはそれぞれ異なる化合物の一般名が入る。適切なものを次の(a)~(l)から1つずつ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| (a) エステル | (b) 芳香族化合物 | (c) ケトン |
| (d) スルホン酸 | (e) アルコール | (f) カルボン酸 |
| (g) アルデヒド | (h) アルカン | (i) アルキン |
| (j) アミド | (k) エーテル | (l) アミン |

問 2 化合物 A~G の構造式を記せ。ただし、鏡像異性体がある場合は区別しなくてよい。

問 3 化合物 A~E と同じ分子式をもつ構造異性体は、A~E も含めて全部でいくつ存在するか、数字で答えよ。

問 4 化合物 A~G の中で、不斉炭素原子をもつ化合物はいくつ存在するか、0~7 のいずれかの数字で答えよ。

問 5 文章中の **カ** に入る適切な樹脂名を次の(a)~(g)から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-------------------------|-------------|-------------|
| (a) ポリスチレン | (b) ポリ酢酸ビニル | (c) ナイロン 66 |
| (d) ポリ塩化ビニル | (e) ポリエチレン | (f) ポリプロピレン |
| (g) ポリエチレンテレフタレート (PET) | | |

問 6 問 5 の樹脂(a)~(g)の中で、炭素と水素のみからなる樹脂をすべて選び、記号で答えよ。

(問題は、次ページに続く。)

問 7 合成高分子に関する記述として正しいものを次の(a)~(f)から 3 つ選び、記号で答えよ。

- (a) 化合物 G を高圧 ($1 \sim 3 \times 10^8$ Pa), 200°C 前後で重合すると, 耐熱性に優れた熱硬化性樹脂が得られる。
- (b) 化合物 G を低圧 ($7 \sim 40 \times 10^5$ Pa), 60°C 前後で重合した場合, 高圧 ($1 \sim 3 \times 10^8$ Pa), 200°C 前後で重合した場合よりも低密度で柔らかい性質を示す樹脂が得られる。
- (c) 化合物 G の水素の 1 つをシアノ (CN) 基で置き換えた化合物を付加重合するとアクリル繊維が得られ, 衣料などに用いられる。
- (d) 化合物 G の水素の 1 つをシアノ (CN) 基で置き換えた化合物とブタジエンを共重合させると, 合成ゴムをつくることができる。
- (e) 化合物 G の水素の 1 つをフェニル基で置き換えた化合物とブタジエンを共重合させると, 合成ゴムをつくることができる。
- (f) 化合物 G の水素の 1 つをフェニル基で置き換えた化合物を付加重合して得られる樹脂はフェノール樹脂と呼ばれ, 耐熱性に優れている。