

平成22年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (心理学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

目 次

物	理	1
化	学	9
生	物	19
地	学	27

注 意

- 1 問題冊子は1ページから31ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
心理学類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
生物学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生物資源学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地球学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物理学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応用理工学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工学システム学類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情報科学類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知識情報・図書館学類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
医療科学類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

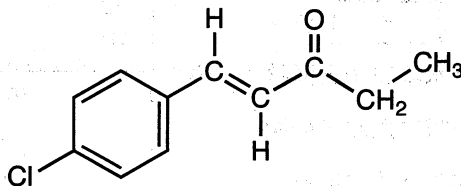
化 学

問題Ⅰ～Ⅲについて解答せよ。字数を指定している設問の解答では、数字、アルファベット、句読点、括弧、記号も、すべて1字として記入せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Cu = 64

気体定数： $R = 8.3 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

有機化合物の構造式は次の記入例にならって示せ。



I 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

類似の分子構造をもつ物質は、一般

(a) に分子量が大きいほど沸点が高い。

図1に14族から17族元素の水素化合物の分子量とその沸点を示す。14族元素においては上で述べた関係がみられるが、15, 16, 17族のアンモニア、水、フッ化水素は同族の他の水素化合物に比べて沸点が異常に高い。これは、分子を構成する原子の **ア** の差が大きく結合に **イ** を生じ、正の電荷を帯びた水素原子と隣接する分子の負の電荷を帯びた原子の間に **ウ** 結合を作るためである。

多くの非金属元素の水素化合物は水に溶けて酸性になるが、アンモニア水は塩基性である。アンモニア分子は水中で水素イオンと **エ** 結合しアンモニウムイオンになる。非金属元素の酸化物は水に溶解し酸性を示す。二酸化窒素は温水と反応して 硝酸 になる。塩素の酸化物である七酸化二塩素は、水と反応して **オ** を生じる。二酸化硫黄が溶解した水溶液は弱い酸性を示し、ヨウ素などを還元することができる。

(e) 強力な乾燥剤であるリンの酸化物は水に溶けると弱酸であるリン酸になる。 二酸化炭素は水に溶けると弱酸性を示す。二酸化ケイ素は共有結合の結晶で水には溶けないが、水酸化ナトリウムと反応してケイ酸ナトリウムを生成する。ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると、粘性が大きな **カ** になり、これに塩酸を加えて加熱・脱水すると多孔質の **キ** になる。

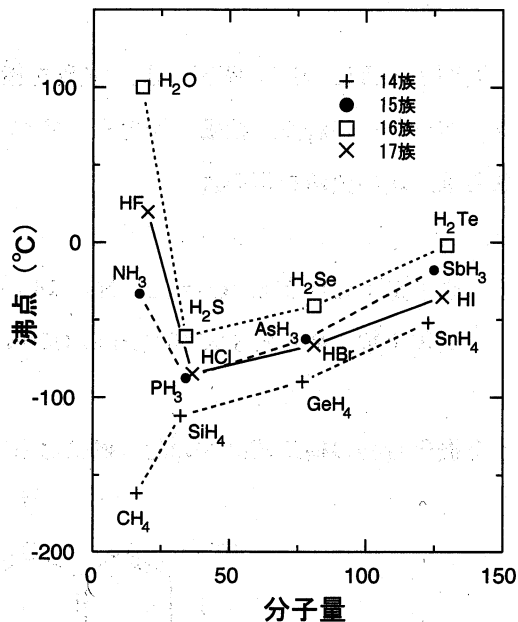


図1

問 1 ア ~ キ に適切な化合物名、語句を記せ。

問 2 下線部(a)について、その理由を 30 字以内で述べよ。

問 3 下線部(b)について、次の問に答えよ。

- (i) 水(気体)の生成反応を熱化学方程式で表せ。ただし、水(気体)の生成熱は 242 kJ/mol である。
- (ii) H—H と O=O の結合エネルギーは、それぞれ 436 kJ/mol と 496 kJ/mol である。水の O—H の結合エネルギーを求めよ。

問 4 下線部(c)について、次の問に答えよ。

- (i) 濃硝酸は塩酸に溶けない銅や銀などを溶かすことができる。その理由を 10 字以内で述べよ。
- (ii) アルミニウム、鉄などは濃硝酸に溶けない。その理由を 15 字以内で述べよ。
- (iii) 希硝酸に銅板 0.64 g を完全に溶かした。この反応で発生した気体を答えよ。また、その気体の物質量と 300 K, 1.0×10^5 Pa における体積を有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 下線部(d)について、次の問に答えよ。

- (i) 水に溶解した二酸化硫黄のイオン反応式を示せ。
- (ii) 水に溶解した二酸化硫黄によるヨウ素の還元反応を化学反応式で示せ。また、硫黄の酸化数を元素記号の下に記せ。

問 6 下線部(e)について、リン酸ができる反応を化学反応式で示せ。

II 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

水は地球上で起こる様々な現象に関与しており、最も身近な物質のひとつである。水は様々な物質を溶かすが、一定量の水に溶ける溶質の量には限度があることが多い。^(a)その限度に達した溶液を飽和溶液^(b)といい、その限度量を溶解度という。塩化ナトリウムのようなイオン結晶は、水に溶けると電離しイオンに分かれる。このように水中で電離する物質を という。

純水中の水分子はわずかに電離し、次式のような電離平衡の状態になっている。



H^+ と OH^- のモル濃度の積を水の といい、 K_w と表す。温度一定のとき^(c) K_w は一定値を示す。

塩化ナトリウムは水に溶けるとほぼ全部が電離するが、酢酸は水中で一部のみが電離し、次式のような電離平衡の状態となる。



CH_3COOH 、 H^+ 、 CH_3COO^- のモル濃度を、それぞれ $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ とすると、酢酸の電離定数 K_a は次式のように表される。^(d)

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (3)$$

25℃における酢酸の電離定数 K_a は 2.8×10^{-5} mol/L である。

酢酸の塩である酢酸ナトリウムを水に溶かすと、水溶液は を示す。また、酢酸の水溶液に酢酸ナトリウムを加えると緩衝液となる。^(e)

問1 , に適切な語句を記せ。

問2 に当てはまる適切な語句を次の①～⑤より選び、番号で答えよ。

- ① 強い酸性 ② 弱い酸性 ③ 中性
④ 弱い塩基性 ⑤ 強い塩基性

問 3 下線部(a)に関して、以下に示す物質①～⑥のうち、水に比較的溶けやすいものを三つ選び、番号で答えよ。

- ① 硫酸バリウム ② グルコース ③ 塩化水素
④ 硝酸カリウム ⑤ ナフタレン ⑥ ヘキサン

問 4 下線部(b)に関して、次の問に答えよ。ただし、20℃における硫酸銅(Ⅱ)の溶解度は、20 g/水 100 g である。

- (i) 20℃の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液を 80 g 調製するには硫酸銅(Ⅱ)五水和物が少なくとも何 g 必要か。有効数字 2 桁で求めよ。
(ii) 20℃の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 80 g を 20℃に保ち放置したところ、硫酸銅(Ⅱ)五水和物が 5.0 g 析出した。蒸発した水の質量を有効数字 2 桁で求めよ。

問 5 下線部(c)に関して、次の問に答えよ。

- (i) 温度を上げると K_w は大きくなる。理由を 30 字以内で述べよ。
(ii) 25℃において純水の pH は 7 である。温度を上げると、pH はどうなるか。次の①～③より選び、番号で答えよ。
① 大きくなる ② 変化しない ③ 小さくなる

問 6 下線部(d)について、次の問に答えよ。ただし、温度は 25℃とする。また、酢酸の電離度 α は 1 に比べて極めて小さいものとして計算してよい。

- (i) 0.070 mol/L 酢酸水溶液中の α を有効数字 2 桁で求めよ。
(ii) 水素イオン濃度が(i)の溶液の 2 倍である酢酸水溶液を調製するには、酢酸の濃度を(i)の溶液の何倍にすればよいか記せ。

問 7 下線部(e)の緩衝液 1.0 L を, 0.20 mol/L の酢酸水溶液 500 mL と 0.56 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 500 mL を混合し調製した。次の問に答えよ。

(i) この緩衝液中における $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ と $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ を有効数字 2 桁で求めよ。ただし, この緩衝液中では, 酢酸の電離度は 0.001 以下であるとし, 加えた酢酸ナトリウムは酢酸イオンとナトリウムイオンに完全に電離しているとしてよい。

(ii) 式(3)を用いて, この緩衝液の 25 °C における pH を有効数字 2 桁で求めよ。

(iii) この緩衝液に少量の塩酸を加えても水素イオン濃度はほとんど変化しない。理由を化学式を使わずに 40 字以内で述べよ。

(次ページに第Ⅲ問があります。)

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

炭化水素には、分子中の炭素と炭素の結合が全て単結合である飽和炭化水素や、エチレンやアセチレンのように分子内に二重結合または三重結合を有する不飽和炭化水素^(a)などがある。また、環構造をもつベンゼンやナフタレンなどの芳香族炭化水素もある。ベンゼンも不飽和化合物ではあるが、エチレンやアセチレンとは異なる反応が起こる。たとえば臭素との反応^(b)では、エチレンでは 反応が起こるのに対し、ベンゼンでは 反応が起こりやすい。

エチレンやアセチレンは、様々な化学工業製品の原料として重要である。エチレン^(c)からはエタノール、アセトアルデヒド等が合成される。たとえば、エチレンと酸素^(d)の反応を塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)の触媒存在下で行うと、アセトアルデヒドが得られる。アセトアルデヒドを すればエタノールが得られる。さらにエタノールを濃硫酸とともに 130℃ に加熱すると 反応が起こり、分子式 $C_4H_{10}O$ の化合物 A が得られる。

化合物 A には 7 種類の構造異性体^(e) (化合物 A～G) が存在する。表 1 にそれぞれの沸点を示す。化合物 A, B, G は直鎖構造である。比較的沸点が低い化合物 A, B, C は であり、沸点が高い化合物 D, E, F, G は である。化合物 G を過マンガン酸カリウムによって酸化すると、分子式 $C_4H_8O_2$ 、沸点 164℃ の化合物 H が得られる。

化合物 H には多くの構造異性体が存在する。酢酸とエタノールの 反応により得られる酢酸エチルもその一つである。酢酸エチルの沸点は化合物 H の沸点より

。以下に酢酸エチルを合成する実験を示す。

操作 1 ^(f) 氷酢酸 (0.4 mol) とエタノール (0.4 mol) を丸底フラスコに入れ、少量の濃硫酸をゆっくり加えた。

操作 2 30 分間、80℃ の湯浴で加熱した(図 1)。

表 1

化合物	沸 点
A	35℃
B	40℃
C	51℃
D	85℃
E	97℃
F	105℃
G	118℃

操作 3 湯浴を外し室温に戻ったことを確認してから、丸底フラスコの内容物を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液の入ったビーカーに注いだ。

操作 4 ビーカーの内容物を全て分液漏斗に移し、かるく振り混ぜ静置した(図 2)。

操作 5 二層に分かれたうち、 を分けとり、そこへ塩化カルシウムを加え未反応のエタノールを除去した。

操作 6 ろ過して塩化カルシウムを取り除き、ろ液をすべて枝付き丸底フラスコに移した。

操作 7 図 3 の装置を用いて酢酸エチルを得た。

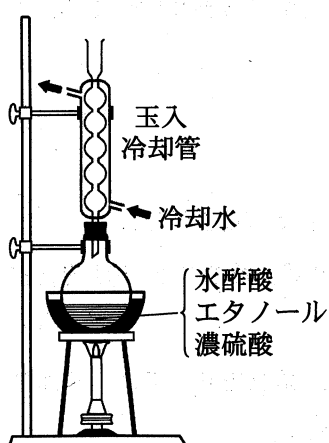


図 1

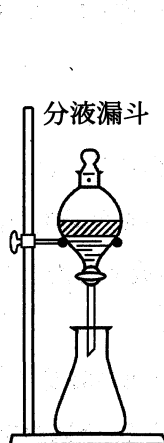


図 2

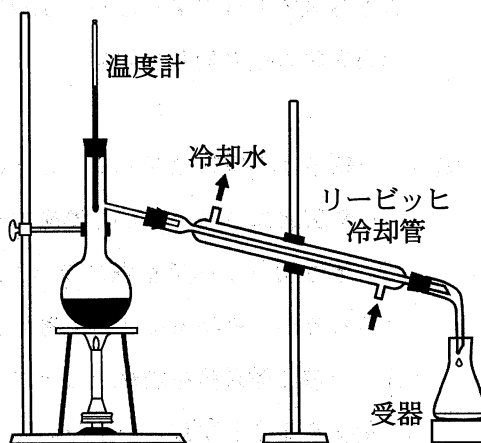


図 3

問 1 ~ にあてはまる最も適切な化学反応または化合物群の名称を記せ。

問 2 下線部(a)に関して、分子内に三重結合を一つもつ鎖式不飽和炭化水素を表す化合物群の名称と炭素数を n とした一般式を答えよ。

問 3 下線部(b)に関して、スチレン(1 mol)と臭素(1 mol)の反応により得られる生成物の構造式を示せ。

問 4 下線部(c)に関して、塩化アンモニウムと濃硫酸から発生する気体(1 mol)とアセチレン(1 mol)の混合気体を高温で塩化水銀(Ⅱ)に接触させた。このときの化学反応式を示せ。有機化合物は構造式で示せ。

問 5 下線部(d)の反応を異なる触媒存在下で行うとアセトアルデヒドの異性体を得られ、これを高温で水と反応させるとポリエチレンテレフタラートの原料の一つが得られる。このアセトアルデヒドの異性体の構造式を示せ。

問 6 下線部(e)に関して、分子式 $C_4H_{10}O$ をもつ構造異性体には、水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素とともに加熱すると黄色の沈殿を生じる異性体がある。この異性体の化合物名を記せ。

問 7 下線部(f)の実験に関して、以下の問に答えよ。

(i) 酢酸とエタノールから酢酸エチルを合成する化学反応式を示せ。

(ii) 氷酢酸をすべて酢酸エチルに変換できたとすれば、酢酸エチルは何 g 得られるか。有効数字 2 桁で答えよ。

(iii) 一般に濃硫酸を触媒としたエステル化反応では、原料をすべてエステルに変換することは難しい。その理由を 25 字以内で述べよ。

(iv) と にそれぞれあてはまる語句の組み合わせを下記から選び、番号で答えよ。

① 低い-上層 ② 低い-下層 ③ 高い-上層 ④ 高い-下層

(v) 図 2 および図 3 に示した溶解性の違いを利用した分離操作、および沸点の差を利用した分離操作の一般名称を答えよ。