

平成 29 年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
 - 2 問題冊子は「物理」2～7ページ、「化学」8～21ページ、「生物」22～33ページ、「地学」34～40ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」4枚、「地学」4枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
 - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
 - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
 - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
 - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
 - 7 **理学部の受験者は、次により解答すること。**なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - 8 **工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。**
 - 9 **医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。**
 - 10 **生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択解答すること。**
 - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
 - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- | | |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

化 学

第 1 問 (33 点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

酸素は多くの元素と酸化物をつくる。周期表の第 3 周期の元素についてみると、1 族に属するナトリウムの単体は、空气中で酸素と速やかに反応して、酸化物となる。2 族のマグネシウムの単体は空气中で表面が徐々に酸化される。13 族のアルミニウムの単体は、空气中で表面に酸化物の被膜を生じるため内部が保護される。この状態を という。第 3 周期の元素では、希ガスと呼ばれる 18 族元素の を除いて、酸素と結合する原子の酸化数がその価電子の数と一致する酸化物が知られており、族の番号が増えるにつれて原子がとりうる最高酸化数が増えることがわかる。

周期表の第 4 周期以降になると、3～12 族の元素が加わる。これらのうち 3～11 族の元素を 元素という。第 4 周期の 元素では、最外殻の電子数は 1 または 2 で、族の番号が増えるにつれておもに 殻の電子数が増える。ただし、最高酸化数が族の番号と一致する酸化物は 3～7 族の元素に限られる。

- (1) ～ に入る適切な語句および に入るアルファベットを記せ。
- (2) 下線部①の酸化物と水の反応を化学反応式で記せ。
- (3) 下線部②の条件を満たす第 3 周期の元素の酸化物の中には、酸素と結合する原子の酸化数が +5 となる酸化物が 1 つある。それを水に加えて加熱したときに生じるオキソ酸の名称を記せ。
- (4) 下線部②の条件を満たす第 3 周期の元素の酸化物の中には、両性酸化物が 1 つある。それが水酸化ナトリウム水溶液に溶ける反応を化学反応式で記せ。

(5) 次の (i) ~ (iii) の性質を示す酸化物を、下記の (a) ~ (f) の中からそれぞれ 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、(a) ~ (c) は下線部②の条件を満たす酸化物であり、(d) ~ (f) は括弧内の組成をもつ酸化物である。

(i) フッ化水素酸以外の酸にはほとんど溶けなかった。

(ii) 塩酸に溶かした後、硫化水素を通じると黒色沈殿を生じた。

(iii) 塩酸に溶かした後、アンモニア水を少しずつ加えていくと白色沈殿を生じた。さらにアンモニア水を加えると再び無色の溶液となった。この溶液に硫化水素を通じると白色沈殿を生じた。

(a) カルシウムの酸化物

(b) アルミニウムの酸化物

(c) ケイ素の酸化物

(d) 亜鉛の酸化物 (ZnO)

(e) 鉄の酸化物 (Fe_3O_4)

(f) 銅の酸化物 (CuO)

問2 次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。

弱酸とその ，あるいは弱塩基とその が適切な濃度で溶けている水溶液には、希釈や少量の酸や塩基の添加に対して水素イオン指数 (pH) をほぼ一定に保つ働きがある。そのような水溶液を という。

例えば、酢酸と酢酸ナトリウムが適切な濃度で溶けている水溶液 I を考える。この水溶液中では酢酸ナトリウムの電離に基づく 効果により、酢酸の電離は著しく抑制されている。水溶液 I に少量の水素イオン (酸の水溶液) を加えると の原理に従ってイオン反応式①の反応が進む。

その結果、水素イオンの濃度はほぼ一定に保たれる。また、水溶液 I に少量の水酸化物イオン (塩基の水溶液) を加えると、同様の原理に従ってイオン反応式②の反応が進む。

その結果、水酸化物イオンの濃度はほぼ一定に保たれる。

同様に、アンモニアと塩化アンモニウムが適切な濃度で溶けている水溶液 II に少量の水素イオンを加えると、イオン反応式③の反応が進む。

その結果、水素イオンの濃度はほぼ一定に保たれる。また、水溶液 II に少量の水酸化物イオンを加えると、イオン反応式④の反応が進む。

その結果、水酸化物イオンの濃度はほぼ一定に保たれる。

(1) ～ に入る適切な語句を記せ。ただし、 に入る語句は漢字で記せ。

(2) イオン反応式①～④を記せ。

(3) 次の文章の と に入る適切な数式を文章中の A 、 B を用いて記せ。

酢酸が A [mol/L]、酢酸ナトリウムが B [mol/L] の濃度で溶けている水溶液 I の水素イオン指数を以下の手順で求める。水素イオンの濃度を $[H^+]$ と表し、酢酸の電離定

数を K_a [mol/L] とすると, $K_a =$ と表される. $pK_a = -\log_{10} K_a$ と定義すると,
水溶液 I の pH は $pH =$ と表される.

化 学

第 2 問 (34 点)

次の問1と問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。ただし、気体は条件によっては液化することを除いて理想気体とみなす。必要があれば次の数値を用いよ。

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) = 8.3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{K} \cdot \text{mol})$, $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

図1に純物質 X の蒸気圧曲線を示す。図2に示す密閉された容器内に、気体の水素と共にこの物質 X の液体を少量入れた。物質 X は水素と反応せず、水素を溶かすこともない。温度 127°C 、気体の体積が 50 cm^3 のときに、容器内の水素の分圧は $4.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。気体の温度と体積は自由に変えられ、圧力は圧力計で測定している。容器内部の気体の温度や体積を変化させたときは、圧力が安定するまで待った。

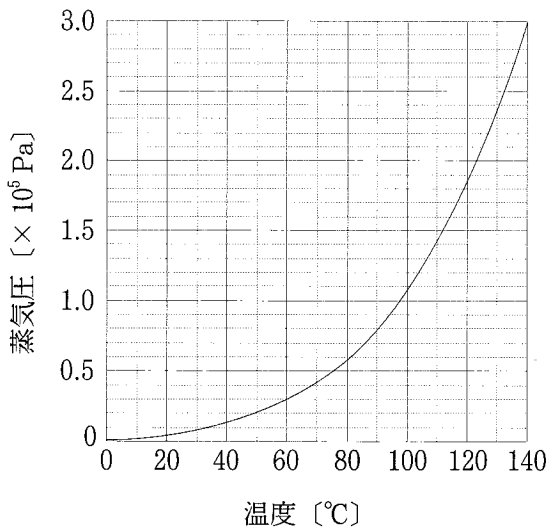


図1

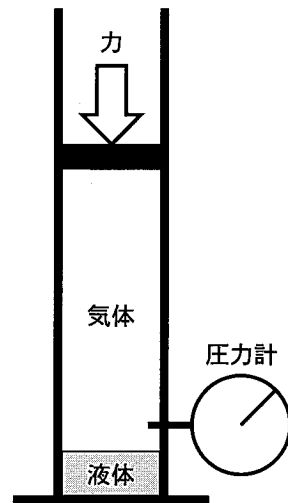


図2

- (1) 温度 $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，気体の体積が 50 cm^3 のとき物質 X の液体が存在した。物質 X の気体の分圧は何 Pa か，有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) 温度を $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ に保ったまま気体の体積を 500 cm^3 にした。このときの水素の分圧は何 Pa か，有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) 気体の体積を 500 cm^3 に保ったまま温度を $227\text{ }^{\circ}\text{C}$ にした。このとき，物質 X の液体がすべて蒸発し，その分圧は $1.66 \times 10^5\text{ Pa}$ であった。物質 X の物質量は何 mol か，有効数字 2 桁で答えよ。

(4) 図3は物質Xの状態図の概略である。この状態図に関する(i)～(v)の説明文中の ～ に入る図中の記号と、 ～ に入る適切な語句をそれぞれ答えよ。ただし、記号は1回だけ用い、解答欄のマス目には1文字ずつ記入すること。

- (i) 点 の温度と圧力では固体・液体・気体が共存する。この点は と呼ばれる。
- (ii) 点 はある圧力における融点であり、圧力を低くすると融解する温度はより なる。
- (iii) 点 の温度と圧力以上では気体と液体の区別がない。この点は と呼ばれる。
- (iv) 点 はある圧力で固体が気体に直接変化する温度を与える。この変化を という。
- (v) 点Hの温度と圧力では物質Xは液体である。しかし、この液体に同じ温度と圧力の他の物質の気体が接していると物質Xの一部は気化し、その分圧は点 で示される値となる。

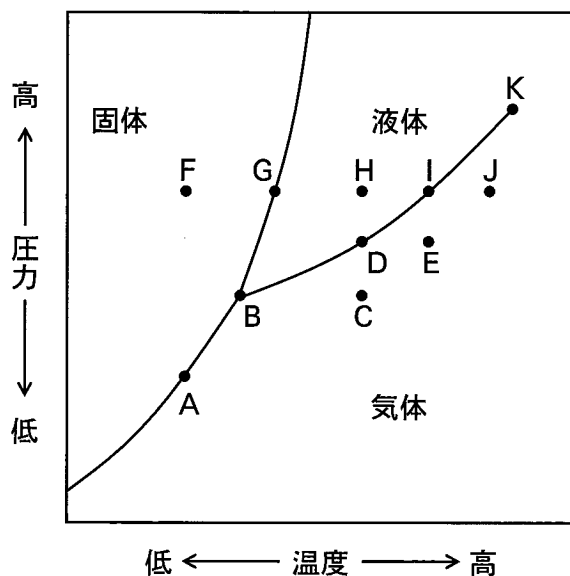


図3

(空 白)

問2 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

物質AとBからCを生じる反応



の反応速度 v は、反応物の濃度 $[A]$ や $[B]$ の減少速度（単位時間あたりの減少量）で表すことができ、 $[A]$ や $[B]$ の何乗かに比例する式 $\langle 2 \rangle$ の形になる場合が多い。

$$v = k [A]^m [B]^n \quad \langle 2 \rangle$$

式 $\langle 2 \rangle$ を反応速度式といい、比例定数 k は速度定数という。式 $\langle 2 \rangle$ で m と n の値が正の場合、温度が一定のとき、反応物の濃度が高いほど反応速度は大きくなる。これは、
 ① 反応物の濃度が高いほど分子が互いに衝突する頻度が高くなるからだと考えられる。 また、濃度が一定の場合には、反応速度は温度が高いほど大きくなる。これは、温度が高いほど、あるエネルギー障壁を越えて反応する分子の数の割合が増えるためである。このエネルギー障壁を という。また、
 ② 適切な触媒を用いると、反応経路が変化して の値が小さくなるため、反応速度は大きくなる。

反応速度式は化学反応式から単純に決めることはできず、実験によって決定される。例として、溶液中で 五酸化二窒素 N_2O_5 が分解して二酸化窒素 NO_2 と酸素 O_2 を生じる反応 ^③ を考える。ある一定の温度で、濃度 $[N_2O_5]$ [mol/L] の変化を反応時間 t [min] に対して測定し、一定の時間間隔ごとに、濃度の減少量 $-\Delta [N_2O_5]$ [mol/L] から平均の分解速度 \bar{v} [mol/(L・min)] を求めると、下の表のようになった。この実験結果を用いて反応速度式を決定することができる。

表 五酸化二窒素の濃度と分解反応の速度

時間 t [min]	0	2.0	4.0	6.0	8.0
濃度 $[N_2O_5]$ [mol/L]	1.00	0.82	0.67	0.55	0.45
平均の濃度 $[N_2O_5]$ [mol/L]		0.91	0.75	<input type="text" value="ア"/>	0.50
濃度の減少量 $-\Delta [N_2O_5]$ [mol/L]		0.18	0.15	<input type="text" value="イ"/>	0.10
平均の分解速度 \bar{v} [mol/(L・min)]		0.090	0.075	<input type="text" value="ウ"/>	0.050

(1) 下線部①と②にそれぞれ最も深く関係しているものを、次の(a)～(e)の中から一つずつ選び、記号で答えよ。

- (a) 硫黄は空気中よりも酸素中の方が激しく燃焼する。
- (b) 過酸化水素水は冷蔵庫に保存すべきである。
- (c) 硝酸は無色透明の瓶よりも褐色瓶に入れて保存すべきである。
- (d) 自動車の排ガス浄化装置には、白金・パラジウム・ロジウムが使われている。
- (e) 水溶液中に生じた臭化銀の沈殿を放置すると、淡黄色から黒く変色する。

(2) 空欄 に入る適切な語句を記せ。

(3) 下線部③の反応を化学反応式で記せ。

(4) 五酸化二窒素 N_2O_5 の分解反応について、次の(i)～(iv)の問いに答えよ。

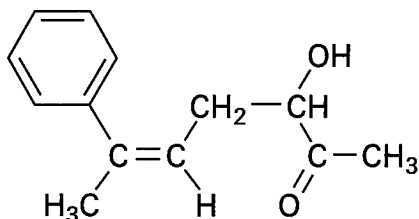
- (i) 表の空欄 ～ に入る数値を求め、有効数字2桁で答えよ。
- (ii) 平均の濃度 $[\text{N}_2\text{O}_5]$ [mol/L] を横軸、平均の分解速度 \bar{v} [mol/(L・min)] を縦軸として、空欄 と の数値も含めて、表のデータを解答欄の図中に黒丸(●)で書き入れよ。
- (iii) 反応速度式を $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]^m$ の形で表わしたとき、(ii)のグラフの形から決定される定数 m の値として、最も適切なものを(a)～(e)の中から選び記号で答えよ。
(a) 2 (b) 1 (c) 0 (d) -1 (e) -2
- (iv) 反応速度式 $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]^m$ の速度定数 k の値として、最も適切なものを(a)～(e)の中から選び、記号で答えよ。また、速度定数 k の単位も答えよ。
(a) 1.0×10^2 (b) 10 (c) 1.0 (d) 0.10 (e) 1.0×10^{-2}

化 学

第 3 問 (33 点)

次の問 1 と問 2 に答えよ。ただし、構造式は次の例にならって記せ。

例



問 1 次の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。なお、原子量は、C = 12.0, H = 1.0, O = 16.0 とする。

硫酸水銀(Ⅱ)を触媒としてアセチレンに化合物 A を付加させると化合物 X を生じる。化合物 X は不安定であるため、ただちに異性体であるアセトアルデヒドへと変化する。アセトアルデヒドは、工業的には塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)を触媒として化合物 B を酸化してつくられる。

酢酸亜鉛を触媒としてアセチレンに酢酸を付加させると化合物 C を生じる。化合物 C を付加重合させた後、① 水酸化ナトリウム水溶液と反応させるとポリビニルアルコールを生じる。 ② ポリビニルアルコールにホルムアルデヒド水溶液を作用させると、アルデヒド基がヒドロキシ基 2 個と反応して水分子が分離し、合成繊維 Y ができる。

アセチレンは鉄を触媒として加熱すると 3 分子が重合して化合物 D となる。

- (1) 化合物 A ～ D の名称を記せ。
- (2) 化合物 X の構造式を記せ。
- (3) 合成繊維 Y の名称を記せ。
- (4) 下線部①の反応は次のいずれに該当するか、(a)～(e)の中から選び、記号で答えよ。
(a) けん化 (b) 脱水 (c) 還元 (d) 縮合 (e) 酸化

(5) 下線部①で得られたポリビニルアルコールの平均分子量は 2.20×10^4 であった。次の (i) と (ii) の問いに答えよ。

(i) このポリビニルアルコールの 1 分子中にヒドロキシ基は平均何個あるか、整数で答えよ。

(ii) このポリビニルアルコールを用いて下線部②の反応を行った。反応は図 1 に示すようにポリビニルアルコールの隣り合ったヒドロキシ基の一部で起こり、得られた合成繊維 Y の平均分子量は 2.29×10^4 であった。ポリビニルアルコールのヒドロキシ基の何%がホルムアルデヒドと反応したか、有効数字 2 桁で答えよ。

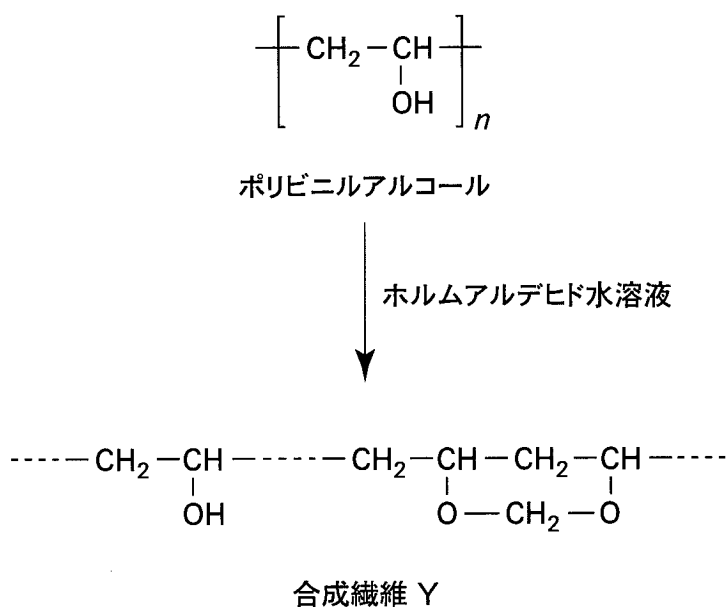


図 1

問2 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

アニリンの水溶液は 性を示す。アニリンをジアゾ化して得られるジアゾニウム塩は加熱するとフェノールを生じる。フェノールは工業的にはクメン法で製造される。このときフェノールと同時に化合物Xも生じる。フェノールの水溶液は 性を示す。フェノールに希硝酸を20℃で反応させるとパラ位の水素原子が別の官能基で置換される。生じた化合物を還元した後、無水酢酸と反応させると解熱鎮痛作用がある化合物Yを生じる。トルエンを穏やかな条件で酸化して生じる化合物Zをさらに酸化すると安息香酸を生じる。① アニリン、フェノール、トルエン、安息香酸を溶かしたジエチルエーテル溶液から、抽出操作によってそれぞれの化合物を分離することができる。

(1) と に入る適切な語句を、次の(a)～(e)の中から選び、記号で答えよ。

(a) 強酸 (b) 弱酸 (c) 中 (d) 弱塩基 (e) 強塩基

(2) 化合物Xの水溶液にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を少量加えて温めると、特異臭をもつ黄色沈殿を生じた。このとき酢酸ナトリウムも同時に生じた。この反応を化学反応式で記せ。

(3) 化合物YおよびZを構造式で記せ。

(4) 下線部①の実験操作では一般に図2の器具Aが使用される。器具Aを図2に示すように誤った方法で使用すると活栓の穴から気泡を生じることがある。次の(i)と(ii)の問いに答えよ。

(i) 器具Aの名称を記せ。

(ii) 気泡が生じた理由を、次の語句すべてを用いて60字以内で記せ。

圧力	ガラス栓	内部
----	------	----

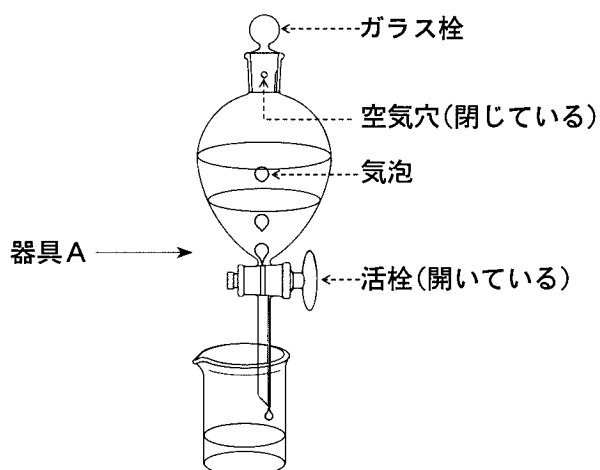


図2