

令和 7 年 度
入学者選抜学力試験問題
前 期 日 程

理 科

注 意

1. 解答は、科目ごとに別冊の解答用紙の所定の解答欄に書くこと。
2. 各学部志望者は、以下のとおり選択し、解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入すること。
理学部志望者——理科 3 科目の中から 2 科目
生活環境学部及び工学部志望者——理科 3 科目の中から 1 科目
3. 選択した科目の解答用紙の表紙の※印欄に、本学受験番号・氏名を記入すること。
受験番号は、本学受験票の受験番号を記入すること。
※印欄以外の箇所には、受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
4. 解答用紙の表紙の選択別欄に指定科目数をこえて○印をつけた場合は、すべての解答を無効とする。
5. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。
6. 問題冊子総ページ数——24
物 理——1～7 ページ 化 学——8～14 ページ
生 物——15～24 ページ
7. 解答用紙ページ数
物 理——10 ページ 化 学——6 ページ
生 物——3 ページ

化 学

I 以下の文章を読み、問 1 ～ 4 に答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。

原子量：Ca = 40，ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

カルシウム Ca は周期表の 2 族に属するアルカリ土類金属である。Ca 原子の電子配置を考えると、電子が入る最も外側の電子殻は N 殻で価電子は(ア)個である。同じ 2 族のマグネシウム Mg 原子の最も外側の電子殻は M 殻で価電子は(ア)個だが、Ca 原子の M 殻には(イ)個の電子が入る。

Ca は自然界には単体では存在せず、化合物として海水中や鉱物中に存在する。Ca のようなイオン化傾向の大きい金属のイオンを含む水溶液を電気分解しても、その金属の単体は得られない。^①

Ca の単体のはじめて単離されたのは 19 世紀初頭で、熔融塩電解で得られた。^②

Ca の単体は常温の水と反応して、気体が発生し水酸化物が生成する。この Ca の水酸化物は、^③白色の粉末で消石灰ともよばれ、水に少し溶ける。この水溶液を石灰水といい、石灰水に二酸化炭素 CO_2 を通じると、白色沈殿が生成する。ここにさらに CO_2 を通じ続けると、白色沈殿は消えて無色透明の水溶液になる。^④ CO_2 を通じるのをやめ、この水溶液を加熱すると再び白色沈殿が生じる。^⑤

Ca の単体の安定な結晶構造はいくつか存在し、室温では面心立方格子であり、500 °C では体心立方格子である。^⑥また、Ca の単体は乾燥した空気中で酸素 O_2 と反応して酸化カルシウム CaO を生成する。CaO の結晶構造は塩化ナトリウム NaCl 型であり、この結晶中のカルシウムイオン Ca^{2+} は面心立方格子と同じ配置をとっている。CaO の結晶中での Ca^{2+} と酸化物イオン O^{2-} は、それぞれ貴ガス(希ガス)元素の(ウ)原子と(エ)原子と同じ電子配置となる。CaO はイオン結晶であり、 Ca^{2+} と O^{2-} の間にはクーロン力がはたらく。1 つの Ca^{2+} に隣接する O^{2-} は(オ)個で、1 つの O^{2-} に隣接する Ca^{2+} は(カ)個となる。

問 1 (ア) ～ (カ) に入る適切な数または物質名を答えよ。

化 学

I のつづき

問 2 下線部①～③に関する設問(1)～(4)に答えよ。

- (1) 下線部①の理由を簡潔に説明せよ。
- (2) 下線部②に関して、融解させた塩化カルシウム CaCl_2 を、 2.0 A で 7720 秒間電気分解し、 Ca の単体を得た。得られた Ca の質量 $[\text{g}]$ を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示せ。ただし、流れた電流のすべてが Ca の生成に使われたとする。
- (3) 下の枠内の元素の単体で、常温の水と下線部③のような反応を示すものすべてを各元素の元素記号で答えよ。
- (4) 下の枠内の元素の単体で、常温の塩酸と希硫酸のどちらにもほとんど溶けないものすべてを各元素の元素記号で答えよ。

亜鉛, アルミニウム, カリウム, 銀, ナトリウム, 鉛

問 3 下線部④および⑤に関する設問(1)および(2)に答えよ。

- (1) 下線部④の反応の化学反応式を示せ。
- (2) 下線部⑤の現象を、化学反応式を用いて簡潔に説明せよ。

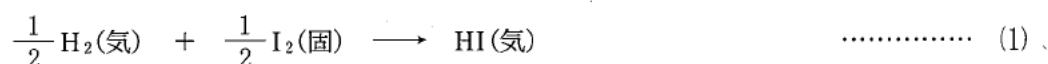
問 4 下線部⑥に関する設問(1)～(4)に答えよ。ただし、結晶中の原子を球と仮定し、原子どうしが接しているとする。2つの結晶構造における Ca の原子半径は同じであるとする。

- (1) 室温と 500°C のそれぞれの結晶構造で単位格子中に含まれる Ca 原子は何個か。
- (2) Ca の原子半径を $r[\text{cm}]$ 、室温での単位格子の一辺の長さを $a[\text{cm}]$ 、 500°C での単位格子の一辺の長さを $b[\text{cm}]$ とする。 a 、 b をそれぞれ r で示せ。
- (3) Ca のモル質量を $M[\text{g/mol}]$ 、アボガドロ定数を $N_A[1/\text{mol}]$ とする。室温での Ca の単体の結晶の密度 $[\text{g/cm}^3]$ を a 、 M 、 N_A 、 500°C での Ca の単体の結晶の密度 $[\text{g/cm}^3]$ を b 、 M 、 N_A を用いて示せ。
- (4) 室温での Ca の単体の結晶の密度は、 500°C での Ca の単体の結晶の密度の何倍か。計算過程を示し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ 、 $\sqrt{6} = 2.4$ である。

化 学

Ⅱ 以下の文章を読み、問 1～6 に答えよ。

水素分子の H-H 結合の結合エネルギー(結合エンタルピーともいう)は 436 kJ/mol, ヨウ素分子の I-I 結合の結合エネルギーは 151 kJ/mol である。また, ヨウ素の昇華熱(昇華エンタルピーともいう)は 62 kJ/mol である。気体の水素と固体のヨウ素から気体のヨウ化水素を生成する反応は,

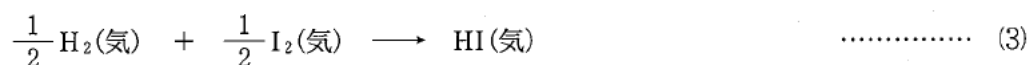


と書ける。この反応は吸熱反応であり、生成する気体のヨウ化水素 1 mol あたり 26.5 kJ の熱が外部から吸収される。

一方、水素と気体のヨウ素からヨウ化水素が生成する反応は可逆反応であり、3種類の気体の間で、(2)式で表される化学平衡が成り立つ。



(2)式の正反応は、



とも書ける。この正反応は発熱反応である。

(2)式でそれぞれの気体成分の濃度を $[H_2]$ [mol/L], $[I_2]$ [mol/L], $[HI]$ [mol/L] とすると, 平衡定数 K は,

$$K = \boxed{} \dots\dots\dots (4)$$

と表せる。

問 1 (3)式の反応熱(気体のヨウ化水素 1 mol の生成で外部に放出される熱量) [kJ/mol] を求めよ。

問 2 ヨウ化水素分子の H—I 結合の結合エネルギー(結合エンタルピー) [kJ/mol] を求めよ。

問 3 ヨウ化水素は水によく溶ける。溶解して生じるオキソニウムイオン(H_3O^+)とヨウ化物イオン(I^-)のそれぞれの電子式を書け。

化 学

Ⅱ のつづき

問 4 (4)式の右辺の空欄に相当する式を示せ。

問 5 (4)式の平衡定数は、 $K = 64$ である。温度を保ったまま、内容積を変えられることができる容器の中に水素 6.0 mol 、ヨウ素 6.0 mol を入れ、一定容積で放置した。すると(2)式の化学平衡に達した。このとき、固体のヨウ素は生成せず、ヨウ素はすべて気体であった。平衡に達した後の水素、ヨウ素、ヨウ化水素の物質質量[mol]を、それぞれ有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。

問 6 問 5 の平衡状態からさらに以下の a ~ d の操作をそれぞれ行ったときに観察されることすべてを、(ア)~(カ)から選び、記号で答えよ。

- a 気体の温度を一定に保ち、容器の内容積を小さくする。
- b 気体の温度を一定に保ち、容器の内容積を一定に保ったまま、中の気体が逃げないようにして、容器内にヘリウムを追加する。
- c 容器の内容積を一定に保ったまま、気体の温度を上げる。
- d 気体の温度を一定に保ち、容器の内容積を一定に保ったまま、中の気体が逃げないようにして、容器内に触媒を入れる。なお、触媒の体積は無視できる。

- (ア) (2)式の化学平衡に変化は起こらない。
- (イ) 化学平衡は(2)式の右に移動する。
- (ウ) 化学平衡は(2)式の左に移動する。
- (エ) 水素の分圧は変化しない。
- (オ) 水素の分圧が増加する。
- (カ) 水素の分圧が減少する。

化 学

Ⅲ 以下の文章を読み、問 1～10 に答えよ。必要があれば以下の原子量を用いよ。

H = 1, C = 12, O = 16

有機化合物における特有の性質のもとになるのは官能基であり、同じ官能基を有する有機化合物は互いに性質が似ている。アルコールは、炭化水素の水素原子をヒドロキシ基で置換した構造をもつが、ヒドロキシ基をもつ化合物がすべてアルコールに分類されるわけではない。例えば、ベンゼン環の炭素原子にヒドロキシ基が直接結合した構造を有する化合物はフェノール類に分類される。アルコールとフェノール類を比べると、よく似た性質もみられるが、明らかに異なったところもある。^①

フェノールは室温では白色の結晶で、石炭酸とよばれることからわかるように、石炭由来のコールタールを分留することによって入手することができる。工業的には、フェノールはクメン法^②によって製造されている。フェノールは水に少ししか溶けないが、水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶けてナトリウムフェノキシドになる。このナトリウムフェノキシドの水溶液に二酸化炭素を十分に通じるとフェノールが遊離してくる。^③一方、ナトリウムフェノキシドの乾燥粉末に高温・高圧のもとで二酸化炭素を反応させ、希硫酸を作用させるとサリチル酸が得られる。サリチル酸はベンゼン環にヒドロキシ基とカルボキシ基が直接結合した化合物であり、同一分子内に 2 種類の官能基を有する二官能化合物^④の一種である。

ヒドロキシ基やカルボキシ基に関する以下の実験を行った。サリチル酸に対して、不斉炭素を有する炭素数 5 の飽和カルボン酸(化合物 A)と濃硫酸を作用させるとエステル化が進行し、分子式 $C_{12}H_{14}O_4$ で表される化合物 B が得られた。一方、化合物 B の異性体である化合物 C も、ベンゼン環に 2 個の置換基がある化合物で、エステル結合を有する。化合物 C に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素を発生させながら溶解した。化合物 C に水酸化ナトリウム水溶液を加え加熱した後、室温に戻し、エーテルを加えると、有機層と水層の 2 層に分離し、この有機層を濃縮すると化合物 D が得られた。単離した化合物 D 3.70 mg を完全に燃焼させると、二酸化炭素が 8.80 mg、水が 4.50 mg 生じた。^⑤また、化合物 D にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加え加熱すると、特異臭をもつ黄色沈殿が生じた。一方、水層に含まれている有機化合物の塩は、この水層に「ある操作」を行うことにより、水に難溶の化合物 E となった。^⑦化合物 E とエチレングリコールの縮合重合で合成されるポリエチレンテレフタレートは、ペットボトルの原料として利用されている。

化 学

Ⅲのつづき

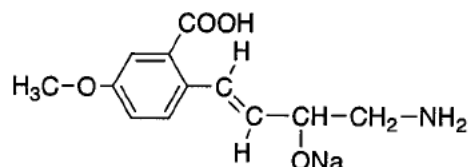
問 1 下線部①に関する次の(a)～(c)に示す文はエタノールとフェノールのどちらにあてはまるのか答えよ。ただし、両方にあてはまる場合は「両方」、どちらにもあてはまらない場合は「どちらでもない」と答えよ。

- (a) 金属ナトリウムと反応して水素を発生する。
- (b) 臭素を加えると置換反応が進行する。
- (c) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色に呈色する。

問 2 下線部②に示すクメン法は、フェノールと同時に生成するある化合物の工業的製法にもなっている。その化合物の名称を記せ。

問 3 下線部③に示す反応の化学反応式を記せ。化学反応式中の化合物の構造式は下の例にならって書くこと。

〈例〉



問 4 下線部④に示す二官能化合物の一種であるアラニン($\text{CH}_3-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$)を電気泳動すると、 $\text{pH} = 6.0$ 未満の酸性水溶液中では陽イオンとなっているので陰極側に、塩基性水溶液中では陰イオンとなっているので陽極側に移動する。しかし、 $\text{pH} = 6.0$ のときにはどちらの極側にも移動しない。 $\text{pH} = 6.0$ における水溶液中でのアラニンのイオンの構造を記し、どちらの極側にも移動しない理由を説明せよ。

問 5 化合物 A と化合物 B の構造式を問 3 の例にならって書け。

問 6 下線部⑤の結果のみを用いて化合物 D の組成式を求めよ。計算過程も記すこと。

化 学

Ⅲのつづき

問 7 下線部⑥に示す黄色沈殿の名称を記せ。

問 8 化合物 D の構造式を問 3 の例にならって書け。

問 9 化合物 E の構造式を問 3 の例にならって書け。また、下線部⑦に示す「ある操作」を簡潔に説明せよ。

問10 化合物 C の構造式を問 3 の例にならって書け。