

2016 年度入学試験問題(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 29 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子，解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には，解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて，監督者の許可を得た後に退出すること。

化 学

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$,

$P = 31.0$, $S = 32.1$, $Ca = 40.1$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

I 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

炭酸カルシウムを空気中で強く熱すると、熱分解が起こり気体を発生する。
① ま、純粋な炭酸カルシウムが熱せられて、その一部が熱分解した試料がある(この試料には熱分解で発生した気体は含まれていない)。この試料 363.0 mg を正確に
ビーカーに量りとり、 2.00 mol/L の塩酸を 10.00 mL 加えたところ、気体を発生し
② ながら試料は完全に溶解した。この溶液を 100 mL の(ア)にすべて移し、水を加えて正確に 100 mL とした。この試料溶液 10 mL を(イ)で正確にコニカルビーカーに量りとり、指示薬としてメチルオレンジを加えた後、(ウ)に入れた 0.0500 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定を行った。中和された時の水酸化ナトリウム水溶液の滴下量は、 22.40 mL であった。

問1 (ア)～(ウ)に入る最も適切な器具を、それぞれ解答欄(ア)～(ウ)に答えなさい。

問2 下線部①で起こっている反応を化学反応式で答えなさい。

問3 下線部②で起こっている二つの反応を、化学反応式でそれぞれ解答欄に答えなさい。

問 4 滴定を行った試料溶液中の塩酸の濃度はいくらになっていたか、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 試料を溶解するために消費された塩化水素としての物質量はいくらか、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 この試料では、炭酸カルシウムの何%が熱分解されていたか、小数点以下 1 桁で答えなさい。

II 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

1839年にダゲールは、感光剤に銀化合物を使った写真を完成しました。さらに、ネガを使用するネガポジ法がタルボットにより発表されました。この時のネガは紙を使用していたので画像は鮮明ではなかったが、拡大や複製ができる利点がありました^①。1851年には、アーチャーがガラス板上に感光剤を塗布する方法(湿板写真)を^②発明しました。この湿板の発明により画像は鮮明になりましたが、感光剤の準備や、現像などの操作を現場で行う必要があるため、装置が非常に大がかりになる難点がありました。そこでマドックスは、ゼラチンに感光剤を混ぜて、支持体の^③ガラス板上に感光材を塗布後、乾燥させて用いる方法(乾板写真)を^④発明しました(1871年)。乾板はあらかじめ作り置きができ大量生産が可能となったことや、撮影後に持ち帰って処理することができるので、撮影装置が小型化でき、写真の普及に大きく貢献しました。しかし、ガラス板は重くて割れることもあるので、代わりにセルロイドを用いるようになりました。1889年には、セルロイドの柔軟性を^⑤利用したロールフィルムがイーストマンにより開発され、さらに写真撮影が広まりました。ロールフィルムは、写真だけでなく映画にも利用され、写真フィルムの需要は急激に増加しました。近年のフィルムは、ゼラチンに混ぜ合わせた臭化銀などのハロゲン化銀を、^⑥トリアセチルセルロース製フィルムの上に塗布し、乾燥させて作られています。

黒白(白黒)写真の原理は、まずフィルムに光が当たるとその部分の臭化銀から銀が^⑦遊離する。その状態のフィルムを現像処理した後、^⑧チオ硫酸ナトリウム溶液で処理を^⑨すると光にあたらなかった部分の臭化銀は溶解し、非感光部分が透明となる。このようにして黒白が逆転した像(ネガ)が得られる。さらに写真として見るためには、感光剤を塗布した紙(印画紙)をこのネガを通した光に露光させた後、フィルムと同様の原理で処理すれば、黒白が再逆転した元通りの画像を印画紙上に再現することができる。

しかし、最近のデジタルカメラの普及は著しく、写真フィルム産業に大きな変化をもたらした。デジタルカメラの受像部には、ハロゲン化銀を塗布したフィルムに代わり、光に反応する^⑩半導体が密に配置され、ここで受けた光の量を電気信号に変

えて記録している。この受光部の一単位を画素と呼んで、デジタルカメラの写真精度の表示の一要素となっている。

問 1 下線部①はセルロースを主成分とし、下線部⑤はセルロースから作られる高分子化合物である。これらの高分子化合物は、繰り返し単位 X が n 個重合したのものとして、 $(X)_n$ のように表される。下線部①および⑤の化合物に対応する化学式 X を、それぞれ解答欄①、⑤に答えなさい。

問 2 下線部②について、ケイ砂に炭酸ナトリウムや炭酸カルシウムなどを加えて、加熱溶融したものを成型、固化したガラスを何ガラスというか、解答欄(i)に答えなさい。また、このガラスのように構成粒子が不規則な状態のまま固化したものを何というか、解答欄(ii)に答えなさい。

問 3 下線部③のような流動性のないコロイドを何というか、答えなさい。

問 4 下線部④のセルロイドは、ニトロセルロースを原料として合成される。セルロースからニトロセルロースを合成する反応を何というか、答えなさい。

問 5 下線部④のセルロイドは、加熱すると柔らかくなり、成型後温度を下げると再び硬化する。このような樹脂を何というか、答えなさい。

問 6 下線部⑥、⑦で起こっている反応を化学反応式で、解答欄⑥、⑦に答えなさい。

問 7 下線部⑧の半導体は、高純度のケイ素から作られる。ケイ素は自然界に豊富に存在する二酸化ケイ素を炭素で還元して得られる。この反応を化学反応式で、解答欄(i)に答えなさい。また、ケイ素原子の最外殻電子数を解答欄(ii)に、単体のケイ素がとる結晶構造と同じ結晶構造を持つ物質の名称を一つ解答欄(iii)に答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

エチン(アセチレン)と水素をニッケル触媒のもとで反応させると、エテン(エチレン)を経てエタンとなる二段階の反応が起こる。

今、エチンと水素の混合気体があった。この混合気体の一部を、ニッケルのみが入った反応容器に入れ、反応を行った。混合気体を入れた直後の容器内の圧力は $4.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。なお、この反応中、この容器内の温度および容積は、それぞれ $T^\circ\text{C}$ 、 $V\text{L}$ で一定に保たれた。混合気体を入れてから t_1 分経過したとき、容器内のエテンの物質量はエタンの物質量の19倍となり、容器内の圧力は $3.16 \times 10^4 \text{ Pa}$ になっていた。さらに反応を進めて t_2 分経過したときには、エチンはすべて無くなり容器内の圧力は $2.10 \times 10^4 \text{ Pa}$ となった。

また別に、この混合気体の一部を完全に燃焼させたところ、 0.200 mol の二酸化炭素と 0.400 mol の水が生成した。

問1 下線部①の二段階の反応をそれぞれ化学反応式で答えなさい。

問2 混合気体を反応容器内に入れた直後のエチンおよび水素の反応容器内での分圧をそれぞれ解答欄(i)、(ii)に有効数字3桁で答えなさい。

問3 反応開始 t 分後における反応容器内のエチン、エテン、エタンと水素の分圧をそれぞれ P_y 、 P_e 、 P_a 、 P_h (単位はすべて Pa) としたとき、これらの分圧を用いて反応開始時のエチンおよび水素の反応容器内での分圧を表しなさい。解答は、それぞれ解答欄(i)、(ii)に答えなさい。

問4 下線部②の時点で、反応したエチンは何%になるか、小数点以下1桁で答えなさい。

問5 下線部③の時点で、反応容器内におけるエタンの物質量はエテンの物質量の何倍になるか、小数点以下1桁で答えなさい。

IV 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

3種類の芳香族化合物A, B, Cが溶解しているエーテル溶液がある。このエーテル溶液に十分量の塩酸を加えてよく振り混ぜた後、静置して二層に分離した。この分離した下層を取り出して、水酸化ナトリウム水溶液を加えてアルカリ性になると、油状の化合物Aが析出した。次に、残った上層に水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜた後再び静置すると、化合物B, Cはそれぞれ上層と下層に分かれて存在した。下層に二酸化炭素を十分通しても、化合物Cは下層に溶解したままであった。

さらに、純粋な化合物A, B, Cそれぞれについて調べた。化合物Aについては、その分子量は 110 ± 5 と求められ、構成元素は炭素、水素、窒素のみで、それぞれの質量%は78.6%, 8.3%, 13.1%であった。また、化合物Aを 5°C 以下に冷却しながら塩酸と亜硝酸ナトリウムを加えると安定なジアゾニウム塩が生成した。

化合物B 256.0 mgを完全に燃焼したところ、残渣は存在せず、880.0 mgの二酸化炭素と144.0 mgの水のみが生成した。また、化合物Bに臭素を溶解したテトラクロロメタン溶液を少し加えても溶液の色に変化はなかった。さらに、この化合物B 100.0 mgが入った1.00 Lの容器を 227°C まで加熱したところ、容器内に固体や液体は存在せず、容器内の圧力は $3.25 \times 10^3 \text{ Pa}$ になった。なお、温度変化による容器の体積変化は無視できた。

化合物Cは無水酢酸と反応して、化合物Cにアセチル基が一つ導入された。この反応で、化合物C 690.0 mgと反応した無水酢酸の質量は510.0 mgであった。

問1 化合物Aを示性式で答えなさい。

問2 化合物Aと異性体の関係にあり、下線部①のように反応を行っても安定なジアゾニウム塩を生成しない化合物2種類を、示性式で答えなさい。

問3 化合物Bの組成式を示しなさい。

問 4 化合物 B の分子量を小数点以下 1 桁で答えなさい。

問 5 化合物 B の構造式を答えなさい。なお、ベンゼンの構造式は、略記号を用いて下に示したように表しなさい。



問 6 化合物 C の分子量を小数点以下 1 桁で答えなさい。

問 7 化合物 C を示性式で答えなさい。