

2020 年 度

問 題 冊 子

| 教 科 | 科 目 | ページ数 |
|-----|-----|------|
| 理 科 | 化 学 | 10 |

検査開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合には、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、解答と志望学部及び受験番号のほかは、いっさい記入しないこと。

注 意 事 項

1. 検査開始の合図の後、すべて(5枚)の解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず記入すること。
2. 理科の選択科目は、出願時に選択したものと異なるものについて解答してはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 検査終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机の上に置くこと。解答用紙は、解答していないものも含め、すべて(5枚)を回収する。
5. 検査終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

必要があれば，次の値を使うこと。

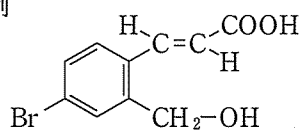
H 1.0 C 12.0 N 14.0 O 16.0 Na 23.0

Al 27.0 Cl 35.5 K 39.1 Zn 65.4

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

有機化合物の構造式は，以下の例にならって示すこと。

例



〔Ⅰ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

炭素は周期表の14族に属する典型元素で、(ア)個の価電子をもつ。炭素を含む化合物は種類がたいへん多く、生物にとっても重要な元素である。

原子には、原子番号は同じでも中性子の数が異なるため、質量数の異なるものがある。これらの原子どうしを互いに(イ)という。そのなかには、原子核が不安定で、放射線を放出してほかの原子に変わる(壊変する)ものがある。炭素には ^{14}C が存在する。大気中では、宇宙からの放射線によって、窒素から ^{14}C が生成する。一方、 ^{14}C は放射線を放出しながら自然に窒素になる。そのため、大気①に含まれる ^{14}C は、年代によらずほぼ一定の割合となる。

ダイヤモンドと黒鉛はともに炭素のみからなる単体であるが、性質が大きく異なる。このように、同じ元素からなるが、性質が異なるものどうしを、互いに(ウ)という。高い温度では、いずれも酸素と化合して二酸化炭素となる。ダイヤモンドは、各炭素原子が隣接する(ア)個の炭素原子と(エ)結合して(オ)形になりそれが繰り返された構造をしている。②ダイヤモンドは非常に硬く、電気を(カ)。黒鉛は、各炭素原子が隣接する(キ)個の炭素原子と(エ)結合して、(ク)形が連なった平面網目状構造をつくり、それが何層にも重なった構造である。それぞれの層の間には、弱い(ケ)しかはたらかないため、黒鉛はこの平面方向に沿ってうすくはがれやすく、やわらかい。黒鉛の炭素原子の価電子のうち(コ)個は、平面全体に共有され、平面内を自由に動くことができるので、電気を(サ)。

問1 文章中の(ア)から(サ)に、適切な語句を入れなさい。

問2 ^{14}C の原子核に含まれる中性子の数を答えなさい。

問 3 下線部①について、植物は ^{14}C を含む二酸化炭素を光合成で取り込むので、大気中と同じ割合の ^{14}C をもつ。しかし植物が死ぬと、 ^{14}C が吸収されなくなり、植物内の ^{14}C は一定の割合で壊変し、減り続ける。したがって、 ^{14}C の割合を調べれば、その植物が生きていた年代を推測できる。ある遺跡から発見された木材中の ^{14}C の割合を調べると、大気中に含まれる量の $\frac{1}{8}$ に減少していた。この木材が切り倒されたのは今から何年前と考えられるか、有効数字 2 桁 で答えなさい。ただし、 ^{14}C の半減期は 5700 年とする。

問 4 下線部②のように、ダイヤモンドと同じ構造をもつ物質を 1 つ答えなさい。

問 5 ガラスの原料の 1 つとして用いられる炭素を含む化合物 A は、次のようにつくられる。

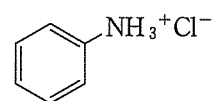
1. 塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアを十分に吸収させて、二酸化炭素を吹き込むと、比較的水に溶けにくい化合物 B が沈殿する。
2. この化合物 B の沈殿を集めて焼くと、化合物 A が生成する。

この 2 つの反応の化学反応式を示しなさい。また、化合物 A を 100 kg つくるためには、理論上、塩化ナトリウムは何 kg 必要か、有効数字 3 桁 で答えなさい。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。なお、問6において数値を解答する場合は、有効数字3桁で答えなさい。

亜鉛は青白色を帯びた、融点の比較的低い金属であり、塩酸、および水酸化ナトリウム水溶液とそれぞれ反応して、気体を発生する。^①このような性質を(ア)という。亜鉛は(イ)個の価電子をもち、酸化数が(ウ)である亜鉛イオンになりやすい。亜鉛イオンを含む水溶液に少量のアンモニア水などの塩基を加えると、白色のゲル状沈殿が生成する。この沈殿にさらにアンモニア水を加えると、沈殿が溶け、無色の水溶液になる。^②

アルミニウムは周期表の(エ)族に属しており、(オ)という鉱石から作られる酸化アルミニウムを氷晶石(Na_3AlF_6)とともに熔融塩電解して得られる。スズの単体は青銅やはんだなど合金の成分、ブリキとして用いられる。スズは(カ)個の価電子をもち、酸化数が(キ)である化合物がより安定である。そのため、塩化スズ(Ⅱ)は強い(ク)作用を示す。また、ニトロベンゼンにスズの単体と塩酸を作用させるとアニリン塩酸塩(下図参照)が生成し、^③さらにアニリン塩酸塩に強い塩基を加えるとアニリンが生成する。一方(ケ)は、単体の密度が 11.4 g/cm^3 と大きく、蓄電池やX線の遮蔽(しゃへい)材等に用いられる。これらの元素も(ア)を示す。



アニリン塩酸塩

問1 文章中の(ア)から(キ)に、適切な語句あるいは数値を入れなさい。

問2 文章中の(ク)に適切な語句を、以下の選択肢から選んで入れなさい。

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 還元 | 浸透 | 乳化 | 質量 | 緩衝 | 酸化 |
|----|----|----|----|----|----|

問 3 文章中の(ケ)に、適切な元素記号を入れなさい。

問 4 下線部①に示した、(1)亜鉛の単体と塩酸の反応、および(2)亜鉛の単体と水酸化ナトリウム水溶液の反応について、それぞれ化学反応式を示しなさい。

問 5 下線部②に示した反応について、化学反応式またはイオン反応式を示しなさい。

問 6 亜鉛の単体とアルミニウムの単体の混合物 69.7 g を水酸化ナトリウム水溶液と完全に反応させたところ、300 K、大気圧(1.013×10^5 Pa)において 36.9 L の気体が発生した。混合物中の亜鉛の単体の質量(g)を求めなさい。ただし、気体は理想気体としてふるまい、溶液への吸収は無視できるものとする。なお、計算過程も示しなさい。

問 7 下線部③に示した、ニトロベンゼンからアニリン塩酸塩が生成する反応について、化学反応式を示しなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。ただし、蒸留水および水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 、比熱はいずれも $4.18 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

物質は化学エネルギーと呼ばれる固有のエネルギーを持っている。通常出入りするエネルギーは熱や(ア)であり、熱エネルギーを放出する反応を(イ)といい、熱エネルギーを吸収する反応を(ウ)という。化学反応にともなって放出、吸収する熱エネルギーを(エ)という。(エ)は反応物が持つエネルギーの総和と生成物が持つエネルギーの総和との差が熱エネルギーの形で現れたものである。(エ)には燃焼熱、生成熱、中和熱、溶解熱などがあり、燃焼熱とは 1 mol の物質が完全燃焼するときの熱、生成熱とは 1 mol の化合物がその成分元素の単体から生成するときの熱、中和熱とは酸と塩基の中和反応によって 1 mol の水が生成するときの熱、溶解熱とは 1 mol の物質が大量の溶媒に溶解するときの熱である。

問 1 文章中の(ア)から(エ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 水酸化ナトリウム 5.00 g を $20.0 \text{ }^\circ\text{C}$ の蒸留水に溶かして 200 mL にしたところ、溶液の温度は $6.65 \text{ }^\circ\text{C}$ 上昇した。この水溶液を気体の出入りがない状態で温度が $20.0 \text{ }^\circ\text{C}$ に戻るまで放置した。この水溶液に 1.00 mol/L の塩酸を 200 mL 加え、混合したところ温度が $4.25 \text{ }^\circ\text{C}$ 上昇した。この水溶液にメチルオレンジを加えたところ溶液は赤色に呈色した。水酸化ナトリウムを加えた際の溶解熱、中和時に発生した熱量および中和熱を有効数字 3 桁で求めなさい。また、途中の計算過程も記述しなさい。なお、放出または吸収される熱量がすべて水溶液の温度変化に使われたとし、化学反応による溶液の体積変化は無視できるとする。

問 3 希薄な強酸と希薄な強塩基を混合したときの中和熱は酸、塩基の種類にかかわらず、ほぼ一定の値を示す。その理由はなぜか。50 字以内で記述しなさい。

問 4 スクロース($C_{12}H_{22}O_{11}$)の燃焼熱を求めなさい。このときの熱化学方程式および途中の計算過程も記述しなさい。スクロース(固)の生成熱は 2226 kJ/mol とし、炭素(黒鉛)の燃焼熱は 394 kJ/mol 、水素(気)の燃焼熱は 286 kJ/mol とする。

問 5 スクロースを加水分解した場合、単糖 A と B が生成する。このときの反応熱を求めなさい。単糖 A と B の生成熱はそれぞれ 1274 kJ/mol 、 1265 kJ/mol とする。

〔Ⅳ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

化合物 A は、ナトリウムフェノキシドに二酸化炭素を高温・高圧下で反応させたあと、生成物に希硫酸などを作用させることにより得られる。この化合物 A は、酸素原子を含む官能基を 2 種類もつ芳香族化合物である。

化合物 A にメタノールと少量の濃硫酸を作用させたところ、化合物 A の（ア）が反応して、化合物 B が生じた。この化合物 B は、消炎鎮痛剤として用いられている。

化合物 A に無水酢酸と少量の濃硫酸を作用させたところ、化合物 A の（イ）が反応して、化合物 C が生じた。この化合物 C は、解熱鎮痛剤として用いられている。

化合物 D 21.5 mg を元素分析装置で完全燃焼させたところ、塩化カルシウム管の質量が 31.5 mg、ソーダ石灰管の質量が 66.0 mg 増加した。また、この化合物 D は分子量が 50 から 100 の範囲にある炭化水素であった。

問 1 文章中の（ア）と（イ）に、適切な官能基の名称を入れなさい。

問 2 化合物 A から化合物 B や C が生成したときにできた官能基（結合）の名称を答えなさい。

問 3 化合物 A, B, C のうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液により呈色しないものを答えなさい。

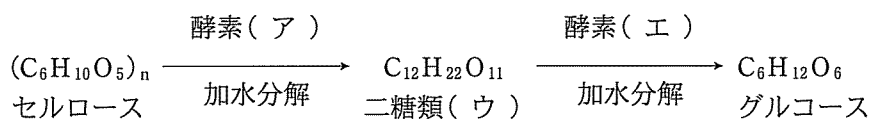
問 4 化合物 A, B, C の構造式をそれぞれ書きなさい。

問 5 化合物 D の組成式と分子式を示しなさい。

問 6 化合物 D の構造異性体のうち、枝分かれのある異性体の構造式をすべて書きなさい。

〔V〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

セルロースは、植物細胞壁の主要な成分であり、単糖であるグルコースが多数重合した分子量がおよそ百万から数千万の高分子^①である。セルロースを酵素（ア）を用いて、（イ）結合を加水分解すると二糖類（ウ）が得られる。（ウ）はさらに酵素（エ）を用いて加水分解すると最終的に単糖であるグルコースが得られる。



問 1 文章中の（ア）から（エ）に、適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①について、セルロースと同様にグルコースが重合したアミロースとセルロースの構造上の違い、およびそれぞれの性質の違いについて 150 字以内で説明しなさい。

問 3 セルロース 4.5 g を溶かした水溶液に（ア）、（エ）の酵素を加えて完全に加水分解した場合、理論上グルコースは何 g 得られるか、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 4 問 3 で得られたグルコースの水溶液に酵母菌を加えてアルコール発酵させた。その結果、 300 K 、 $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ において 1.00 L の二酸化炭素が得られた。

- (1) 上記の反応によって、何%のグルコースがアルコール発酵されたか。
- (2) このとき、理論上エタノールは何 g 得られるか。

二酸化炭素を理想気体とみなし、溶液への吸収は無視できるとし、(1)については有効数字 2 桁で、(2)については有効数字 3 桁で答えなさい。
なお、それぞれの計算過程も示しなさい。

