

2022 年 度

問題冊子

教 科	科 目	ページ数
理 科	化 学	11

試験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、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. 試験開始の合図の後、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. 試験終了時には、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. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。



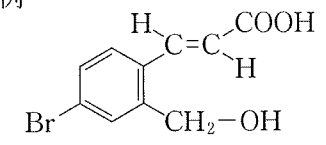
特に指定がない場合、必要があれば、次の値を使うこと。

H 1.0 C 12.0 N 14.0 O 16.0

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。

物質は、一般に固体、液体、気体のいずれかの状態で存在している。固体のうち、構成粒子が規則正しく配列したものを結晶といい、構成粒子の配列に規則性がないものを(ア)という。結晶は、構成粒子間の結合の種類によって、金属結晶、共有結合の結晶、イオン結晶、分子結晶に大別される。金属結晶は、金属原子が金属結合によって規則正しく配列したものである。金属原子の価電子は、特定の原子内で共有されるのではなく、結晶内のすべての原子によって共有されており、このような価電子を(イ)という。金属結晶の結晶格子には、体心立方格子、面心立方格子、(ウ)がある。体心立方格子の充填率は面心立方格子よりも(エ)になっている。ダイヤモンドと黒鉛は共有結合の結晶であるが、結晶中での結合の状態が異なるため性質が異なる。このように、同じ元素からなる単体で、性質が異なるものどうしを(オ)という。イオン結晶では、多数の陽イオンと陰イオンがイオン結合を形成し、規則正しく並んでいる。イオン結晶を水に溶かすと、水分子がイオンと結びつき、イオンは水に取り囲まれた状態になる。この現象を(カ)という。氷は水の分子結晶であり、分子間に働く引力は(キ)と(ク)である。

問 1 文章中の(ア)から(ク)に、適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①により、金属結晶は特徴的な性質を持つ。このことについて180字以内で説明しなさい。

問 4 平均分子量が 1.44×10^4 のナイロン 66 について以下の問いに答えなさい。

有効数字 3 桁で解答し、計算過程も示しなさい。

(1) この 1 分子中には平均何分子のアジピン酸が結合しているか答えなさい。

(2) この 1 分子中の平均アミド結合は何個かを答えなさい。

〔V〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

合成高分子化合物は我々の日常生活において不可欠なものとなっているが、合成高分子化合物の重合は主に以下の5つに分けられる。①二重結合や三重結合をもつ単量体が(ア)反応を繰り返しながら結びつく重合を(ア)重合、②単量体の間から水などの簡単な分子が取れる(イ)反応を繰り返し結びつく重合を(イ)重合、③2種類以上の単量体を混合して行う重合を(ウ)重合、④環状構造をもつ単量体が環を開きながら結びつく重合を(エ)重合、⑤付加反応と縮合反応を繰り返して進む重合反応を付加縮合という。

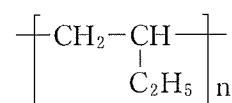
ナイロン66は、アジピン酸と(A)が(イ)重合させるとできるアミド結合を持つ合成高分子化合物である。

問1 (ア)～(エ)にあてはまる適切な語句を下記から選び答えなさい。

開裂, 進展, 開環, 単, 脱水, 縮合, 水素, 付加, 共有, イオン, 混合, 共, 分子間, 加水

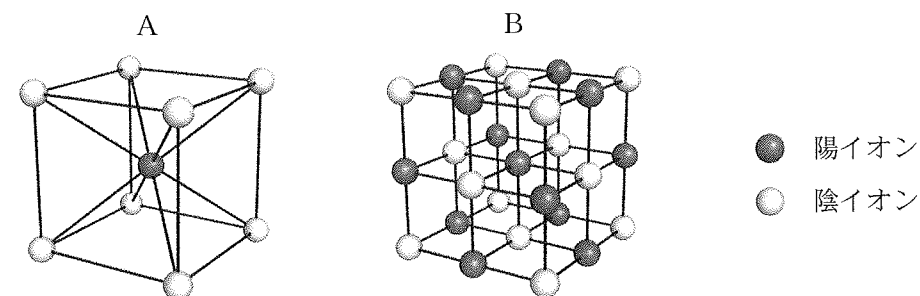
問2 ナイロン66と例としたものを除き、①、②と④の重合反応で合成される代表的な合成高分子化合物の名称と構造式を例にならって、1つずつ答えなさい。

構造式の例



問3 (A)の化合物名と構造式を答えなさい。また、ナイロン66の構造式を問2の例にならって答えなさい。

問3 一価のイオンからなるイオン結晶の単位格子の2つの例(AおよびB)を図に示す。陽イオンのイオン半径を R_1 、陰イオンのイオン半径を R_2 とすると、AとBそれぞれについて、充填率を R_1 、 R_2 、円周率 π で表しなさい。ただし、 $\frac{R_1}{R_2}$ は1.0から0.8の間の値をとり、陽イオンと陰イオンは接しているものとする。



問4 問3において、陽イオンと陰イオンの大きさが、ほぼ等しい場合のA、Bの充填率を求めたい。近似的に、 $R_1 = R_2$ として、A、Bの充填率を有効数字2桁で計算しなさい。なお、計算過程も示しなさい。必要であれば、次の値を使うこと。

$$\text{円周率 } \pi = 3.14, \quad \sqrt{2} = 1.41, \quad \sqrt{3} = 1.73$$

問5 次の物質が結晶状態にあるとき、融点が低い順に並べて、番号をカッコの中に入れなさい。

- (1) 酸化マグネシウム (2) 塩化カリウム (3) 塩化ナトリウム
(4) ダイヤモンド状態の炭素 (5) 二酸化炭素 (6) 水

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

原子番号が6の炭素には質量数が12と13の原子が存在するように、原子番号は同じでも質量数の異なる原子が複数存在するものがある。これらの原子同士はお互いに同位体という。同位体の中でも不安定な原子核は3種類の異なる放射線を放って別の原子核になる。放射線の1つはβ線でその正体は電子である。このような同位体を放射性同位体という。放射性同位体は規則的に一定の割合で崩壊する。この性質は様々な研究におけるトレーサーとして有効活用されている。

一方で、原子核が安定で崩壊しない同位体を安定同位体という。例えば、水素には ^1H と ^2H の崩壊しない同位体が存在し、それぞれの存在比は99.99、0.01%、酸素には ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O が存在し、各々の存在比は99.76、0.04、0.20%である。地球全体での安定同位体の存在比は一定であるが、化学反応や相変化によって、反応の前後で各々の同位体の存在比は変化している。この変化を読み解くことで、自然界の水循環、物質循環や生態系を解析することができるため、様々な分野で安定同位体の存在比は天然のトレーサーとして活用されている。

問1 炭素が ^{12}C と ^{13}C で構成されたとした場合、それぞれの存在比率を計算し、パーセントで答えなさい。炭素の原子量は12.011とする。有効数字は小数点1桁とすること。

問2 下線部①について、β線以外の放射線の名称とその正体を答えなさい。

問3 下線部②について、放射性同位体を利用した研究手法について例を挙げ、その内容を200字以内で説明しなさい。 ^1H などの元素記号は1文字とする。

問4 水は一般的な化学式で表すと H_2O の1種類の分子であるが、下線部③の同位体を考慮した場合、何種類の水分子が存在するか答えよ。また、最も多い分子と2番目に多い分子の分子量を整数で答えなさい。

問4 (A)~(F)の中で、その性質が下記の(1)~(6)の記述に相当するものがあれば(A)~(F)の記号を解答欄に記入しなさい。解答は1つとは限らない。また、該当するものがなければ×を記入しなさい。

- (1) 刺激臭のある液体でセルロースと反応させると、燃えにくいトリアセチルセルロースができる。
- (2) エステルで、希塩酸を加えて加水分解すると生成物の一つとして酢酸を生じる。
- (3) 重合して鎖状分子となる。
- (4) 水より重い液体で水に徐々に溶けて酢酸を生じる。
- (5) 水溶液は酢酸より強い酸である。
- (6) 純粋な結晶は無色で中性の物質であり、解熱作用がある。

〔IV〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

酢酸は無色の刺激臭を持つ液体で、水によく溶ける。(a)～(f)の反応を行うと、有機化合物(A)～(F)が生成した。

- (a) 酢酸亜鉛を触媒として、アセチレンに酢酸を作用させると(A)が生成した。
- (b) アニリンと酢酸を混ぜて加熱すると(B)が生成した。
- (c) 酢酸に水酸化カルシウムを作用させると(C)が生成した。
- (d) 酢酸を適切な脱水剤と反応させると中性の(D)が生成した。
- (e) 酢酸とエタノールの混合物に濃硫酸を加えて加熱すると(E)と水が生成した。
- (f) (E)に水酸化ナトリウムの水溶液を加えて加熱すると、(F)と、エタノールが生じた。

問 1 (A)～(F)の名称と示性式を答えなさい。

問 2 (C)よりアセトン合成する反応の化学反応式を示しなさい。

問 3 (F)を生成する反応のように、塩基によるエステルの加水分解を何というか答えなさい。

問 5 同位体同士は化学反応・相変化において、同じような化学的性質を示す。その理由について 40 字以内で説明しなさい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。なお、気体は理想気体としてふるまい、化学反応によって液体が生成する場合はその体積の影響は無視できるとする。また、反応時の発熱量は25℃、1 atmにおける値とする。

メタンやブタン、ペンタンのように、すべて単結合からなる鎖式炭化水素を(ア)と呼び、炭素原子の数(炭素数)を n とすると、一般式(イ)で表される。このように、共通の一般式で表され、性質や構造がよく似た一連の化合物を(ウ)という。メタンは、実験室では酢酸ナトリウム(無水塩)と水酸化ナトリウムを加熱して得られる。

メタン等の炭化水素は、燃焼すると多量の熱を発生する。例えばメタンを完全燃焼すると二酸化炭素 CO_2 (気)と水 H_2O (液)が生成するが、燃焼熱は891 kJ/molである。

問1 (ア)～(ウ)に適切な語句あるいは化学式を答えなさい。

問2 ペンタンについて、可能な全ての構造異性体の構造式を、1ページに示した記入例に従って書きなさい。

問3 下線部①に示した反応について、化学反応式を示しなさい。

問4 与えられた数値から、メタンの生成熱を求めなさい。なお、 CO_2 (気)と H_2O (液)の生成熱はそれぞれ394 kJ/mol、286 kJ/molであるとする。

問5 メタンと酸素のみからなる、標準状態において8.0 Lの混合気体がある。この気体中のメタンを完全燃焼したところ、気体の体積は、標準状態において4.0 Lに減少した。また、別の試験の結果から、完全燃焼後の気体中には酸素が残存していることが判明した。完全燃焼前の混合気体中に含まれていたメタンの物質質量(mol)を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問6 メタンとブタンのみからなる混合気体について、過剰量の酸素を加えて完全燃焼したところ、標準状態で89.6 Lの酸素が消費され、61.2 gの水 H_2O (液)が生成した。この過程について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 完全燃焼前のメタン、およびブタンの物質質量(mol)を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (2) 完全燃焼した際の発熱量(kJ)を答えなさい。なお、ブタンの生成熱は127 kJ/molであるとする。また、計算過程も示しなさい。