

令和9年度 公立学校教員採用候補者選考試験問題

理科(化学)

1 / 7 枚中

注意 答はすべて解答用紙の解答欄に記入すること。

第1問題 次の問に答えよ。

問1 次の a ~ f から混合物を二つ選び、記号で答えよ。

- a 塩酸 b 二酸化炭素 c 水銀 d 水 e 塩化銀 f 石油

問2 次の三つの図の縦軸が表すものの組合せとして正しいものを、あとの a ~ f から一つ選び、記号で答えよ。

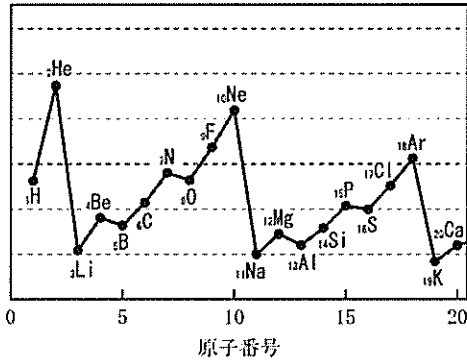


図 I

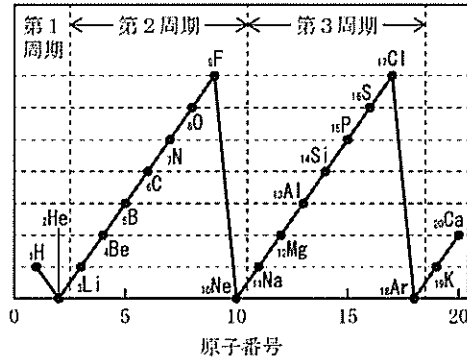


図 II

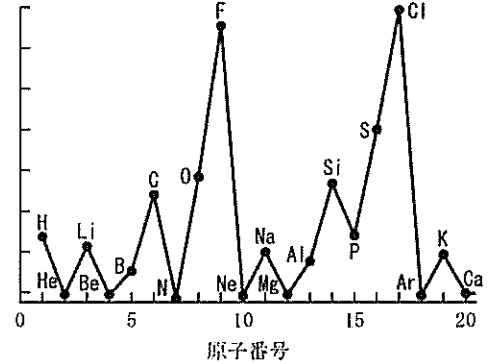


図 III

	図 I	図 II	図 III
a	電子親和力	イオン化エネルギー	価電子の数
b	電子親和力	価電子の数	イオン化エネルギー
c	イオン化エネルギー	電子親和力	価電子の数
d	イオン化エネルギー	価電子の数	電子親和力
e	価電子の数	イオン化エネルギー	電子親和力
f	価電子の数	電子親和力	イオン化エネルギー

問3 SO_4^{2-} という多原子イオン一つが持つ電子の総数を答えよ。

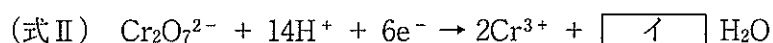
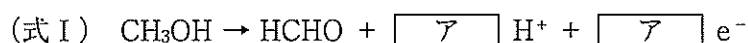
問4 モル濃度が 14mol/L である濃硝酸の質量パーセント濃度を有効数字二桁で求めよ。ただし、この濃硝酸の密度は 1.4g/cm^3 、硝酸のモル質量は 63g/mol とする。

問5 標準状態で12.32Lの体積を占めるエタン C_2H_6 とプロパン C_3H_8 の混合気体を完全燃焼させると、外界に1088.85kJの熱量が放出された。エタン C_2H_6 とプロパン C_3H_8 の燃焼エンタルピーを、それぞれ -1561kJ/mol 、 -2219kJ/mol として、この混合気体中に含まれていたエタン C_2H_6 とプロパン C_3H_8 の物質質量比を、最も簡単な整数比で答えよ。

問6 酸化剤として広く知られる二クロム酸カリウムとアルコールとの酸化還元反応に関する次の(1)～(3)に答えよ。

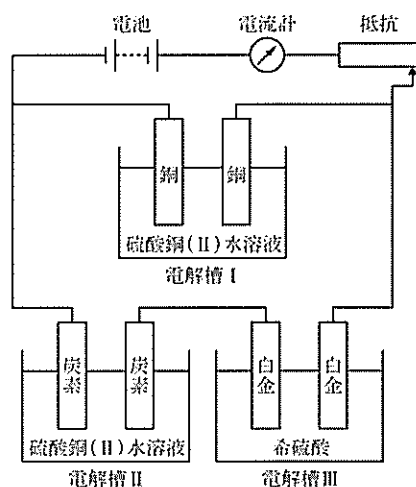
(1) エタノールが、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液によって穏やかに酸化されたときに生じる物質の名称を答えよ。

(2) 硫酸酸性の水溶液中でメタノールおよび二クロム酸カリウムは、それぞれ(式I)、(式II)のように反応する。それぞれの空欄にあてはまる数を答えよ。なお二箇所の「ア」には同じ数字が入る。



(3) 硫酸酸性の $6.0 \times 10^{-3}\text{mol/L}$ 二クロム酸カリウム水溶液10mLと過不足なく反応する $4.0 \times 10^{-4}\text{mol/L}$ メタノールは何mLか、有効数字二桁で答えよ。

問7 三つの電解槽I、II、IIIを次の図のように接続して、1.93Aで1時間、電気分解したところ、電解槽Iの陰極の質量が1.27g増加した。このとき電解槽IIおよび電解槽IIIで発生する気体の標準状態における体積の和を、有効数字三桁で答えよ。なお、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4\text{C/mol}$ 、銅の原子量を63.5とし、発生する気体は電解液に溶けない理想気体とする。



問8 次のように、試薬A、B、Cに金属イオンを加えたところ、沈殿の生成が見られた。

- ・試薬Aにカドミウムイオンを加えると黄色の沈殿が生じた。
- ・試薬Bに鉛イオンを加えると白色の沈殿が生じた。
- ・試薬Cに銀イオンを加えると赤褐色の沈殿が生じた。

それぞれの試薬に含まれると考えられる陰イオンの組合せとして正しいものを、次のa～fから一つ選び、記号で答えよ。

	試薬 A	試薬 B	試薬 C
a	S^{2-}	CrO_4^{2-}	Cl^-
b	S^{2-}	Cl^-	CrO_4^{2-}
c	Cl^-	S^{2-}	CrO_4^{2-}
d	Cl^-	CrO_4^{2-}	S^{2-}
e	CrO_4^{2-}	S^{2-}	Cl^-
f	CrO_4^{2-}	Cl^-	S^{2-}

第2問題 次の問に答えよ。

①炭素、水素、酸素、窒素という四つの元素からなる芳香族化合物Aの構造を決定するために、以下の実験を行った。

【実験Ⅰ】

i : 芳香族化合物A 453mg に濃硫酸と触媒を加えて強熱すると、Aに含まれる窒素はすべて②硫酸アンモニウムに変化した。

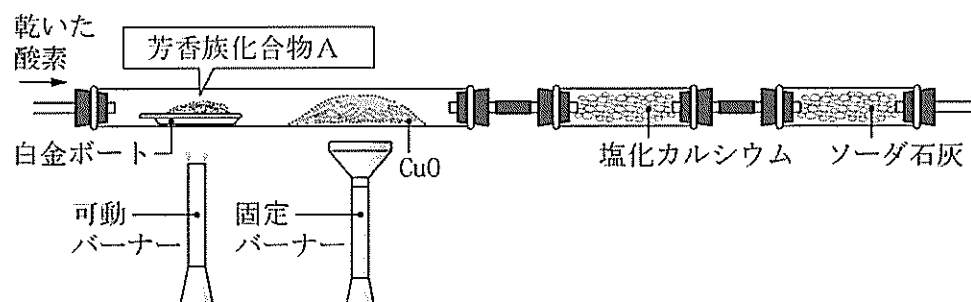
ii : i で得られた溶液を冷却し、十分な量の③水酸化ナトリウムを加えて加熱した。

iii : ii で得られた④アンモニアすべてを 0.10mol/L の硫酸 20mL に吸収させた。

iv : iii で得られた溶液すべてを 0.10mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、中和までに 10mL を要した。

【実験Ⅱ】

次の図にある装置で 453mg の芳香族化合物A を完全燃焼させると、1056mg の二酸化炭素と 243mg の水が得られた。ただし、Aに含まれる窒素が反応したことで生じる物質は、塩化カルシウム、ソーダ石灰のいずれにも吸収されないものとする。また、【実験Ⅰ】の結果から、453mg のAのうち含有窒素を除いた質量は、411mg であることが分かっている。



【実験Ⅲ】

100g のベンゼンに 453mg の芳香族化合物A を溶かした溶液の凝固点を測定しAの分子量を調べたところ、Aの分子量は 200 未満であることが分かった。また、Aに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると青紫色に呈色し、Aを加水分解して得られた物質にさらし粉を加えると赤紫色に呈色した。

問1 ①炭素の同位体は ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C と三つあるが、自然界に存在する ^{14}C はごく僅かであり、相対質量が 12 である ^{12}C と相対質量が 13 である ^{13}C のみとみなすことができる。 ^{12}C の存在比を 98.93% として、炭素の原子量を少数第二位まで求めよ。

問2 大気中に含まれる ^{14}C は、年代によらずほぼ一定の割合であることから、木片に残る ^{14}C の存在比と ^{14}C の半減期を使って、木片が何年前のものであるかを推定することができる。ある木片の中にある ^{14}C は、生木の中にある ^{14}C の 12.5% で、 ^{14}C の半減期は 5700 年とすると、この木片は何年前のものだと推定されるか。有効数字三桁で求めよ。

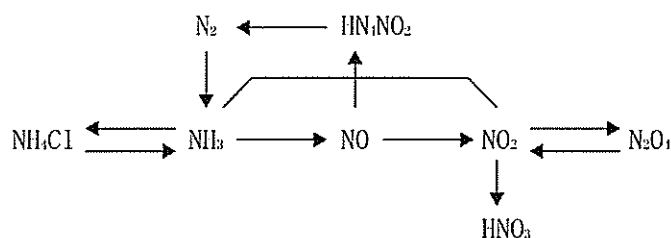
問3 放射性元素の半減期は元素に固有で、ある元素 X の初濃度を $[X]_0$ 、時間 t だけ経過した後に残る X の濃度を $[X]$ と表すと、 $[X]$ は $[X]_0$ に比例し、その比例係数を k とすれば $[X] = [X]_0 e^{-kt}$ が成り立ち、この k を壊変定数という。 ^{137}Cs が β 線を放出して ^{138}Ba へ壊変するときの半減期を 30 年として、壊変定数 [/ 年] を有効数字二桁で求めよ。必要があれば $\log_e 2 = 0.69$ を用いてもよい。

問4 陽イオンと陰イオンの比が、②硫酸アンモニウムと同じであるイオン結晶の組合せとして正しいものを、次の a ~ f から一つ選び、記号で答えよ。

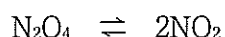
- | | |
|---------------|------------------------------------|
| a : 塩化ナトリウム | 水酸化ナトリウム |
| b : 炭酸ナトリウム | 酸化カリウム |
| c : 炭酸ナトリウム | 塩化カルシウム |
| d : 硫酸水素ナトリウム | 塩化バリウム |
| e : 炭酸ナトリウム | エチレン C ₂ H ₄ |
| f : 酸化カルシウム | 硫酸 |

問5 ③水酸化ナトリウムや水酸化カリウムの固体は、湿った空气中に放置すると水蒸気を吸収して、生じた水に固体が溶ける。この現象の名称を答えよ。

問6 次の図は、④アンモニアの構成元素である窒素を含む化合物の関係を示したものである。これに関する後の (1) ~ (4) に答えよ。



- (1) 銅と希硝酸を反応させると無色の一酸化窒素が発生する。この反応を化学反応式で表せ。
- (2) 硝酸を工業的に製造するには、まず、アンモニアを白金触媒の存在下で反応させて一酸化窒素を得る。次に、この一酸化窒素を酸化して二酸化窒素にし、その二酸化窒素を水と反応させるという工程で製造される。このように硝酸を製造する方法の名称を答えよ。
- (3) 図に示された物質に関する次の a ~ e の記述のうち誤りを含むものを一つ選び、記号で答えよ。
- 窒素は液体空気の分留によって得られ、液体窒素は冷却剤として利用されている。
 - アンモニアは工業的には、四酸化三鉄を主成分とする触媒を用いて、窒素と水素を高温高压で反応させて製造する。
 - アンモニアと塩酸が反応して生成する固体の塩化アンモニウムが空气中に舞うと、白煙のように見える。
 - 銅と濃硝酸を反応させると赤褐色の二酸化窒素が発生するが、刺激臭をもち、有毒で、水に溶けにくい。
 - 非常に不安定な物質である亜硝酸アンモニウムを加熱すると窒素と水への分解を促進することができる。
- (4) 内容積が一定の真空容器に四酸化二窒素を入れてある温度に保ったところ、次の式で表されるように、四酸化二窒素と二酸化窒素は全圧が $2.55 \times 10^5 \text{Pa}$ となる平衡状態に至った。その温度での圧平衡定数が $9.8 \times 10^5 \text{Pa}$ であるとき、四酸化二窒素の解離度を、整数の百分率で求めよ。



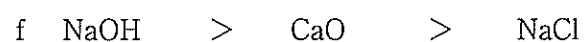
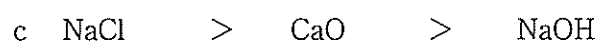
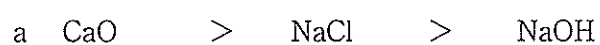
問7 【実験 I】の結果から 453mg の芳香族化合物 A に含まれる窒素原子の物質量を有効数字二桁で求めよ。

問 8 【実験Ⅱ】の図における酸化銅(Ⅱ)の役割を二十字程度で答えよ。

問 9 【実験Ⅱ】の図において塩化カルシウム管とソーダ石灰管が吸収する物質を、それぞれ化学式で答えよ。

問 10 【実験Ⅱ】の図において塩化カルシウム管とソーダ石灰管の配置を逆にしてはならない。この理由を五十字程度で説明せよ。

問 11 ソーダ石灰に含まれる酸化カルシウムおよび水酸化ナトリウムは、いずれもイオン結晶である。酸化カルシウム、水酸化ナトリウム、および代表的なイオン結晶である塩化ナトリウムを、融点の高い順に並べたものとして正しいものを、次の a ~ f から一つ選び、記号で答えよ。



問 12 【実験Ⅰ】、【実験Ⅱ】の結果を踏まえて芳香族化合物 A の分子式を答えよ。ただし、原子量は次の値を用いよ。

$$\text{H} = 1.0, \text{C} = 12, \text{N} = 14, \text{O} = 16$$

問 13 【実験Ⅲ】において 100g のベンゼンに 453mg の芳香族化合物 A を溶かした溶液の凝固点を少数第二位まで求めよ。ただし、純粋なベンゼンの凝固点を 5.53°C とし、ベンゼンのモル凝固点効果を $5.12\text{K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

問 14 【実験Ⅰ】、【実験Ⅱ】、【実験Ⅲ】から芳香族化合物 A には三つの構造が考えられる。それらの構造式をすべて答えよ。

問 15 芳香族化合物 A のベンゼン環に結合する水素原子のうち一つを塩素原子に置き換えたとき、考えられる異性体は二種類である。このことから A の構造を決定し、その構造式を答えよ。

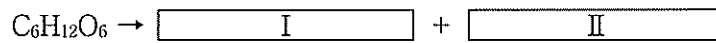
第3問題 次の問に答えよ。

問1 天然高分子に関する次の文章の ~ にあてはまる語を答えよ。なお、二箇所の には同じ語が入る。

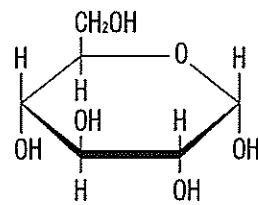
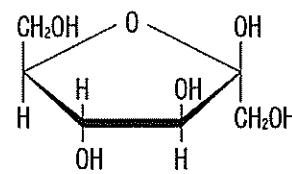
天然高分子の一つである糖類の最小単位はグルコースやフルクトースといった単糖で、これらは酵母がつくる酵素による①アルコール発酵によって別の物質に変化する。②スクロースは α -グルコースと β -フルクトースが でつながった③二糖の一つである。多糖は、多数の単糖が縮合重合でつながった構造をもち、植物がグルコースを貯蔵する形の一つであるデンプン、植物の細胞壁の主成分である④セルロース、動物の肝臓や筋肉中などに存在する などがある。セルロースと無水酢酸を硫酸の存在下で反応させると、トリアセチルセルロースという酢酸エステルが得られる。セルロースは天然繊維であるのに対して、トリアセチルセルロースからつくられるアセテートは と呼ばれる。

アミノ酸も天然高分子の一つで、分子間で が起こり、 $-\text{CO}-\text{NH}-$ というアミド結合ができる。アミノ酸がアミド結合でつながってできる化合物を という。⑤アミノ酸は水溶液中で液性によって様々なイオンになり、このアミノ酸全体の電荷が0になる pH を⑥等電点という。等電点はアミノ酸によって異なる。タンパク質はアミノ酸が多数結合した構造をもち、タンパク質の構造として一次構造から四次構造までが知られるが、 α -ヘリックスや β -シートは 次構造の代表例である。生体内で重要な役割を果たす⑦酵素もタンパク質からできている。

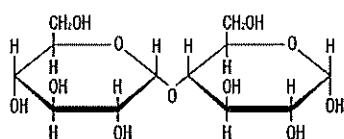
問2 ①アルコール発酵を表した次の化学反応式の空欄 、 にあてはまる化学式を、係数も含めて答えよ。



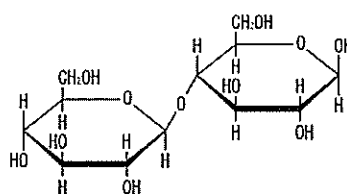
問3 ②スクロースの構造式を、次の α -グルコースと β -フルクトースの構造式を参考に答えよ。

 α -グルコース β -フルクトース

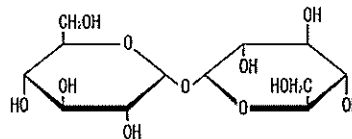
問4 ③二糖について、次に示すいくつかの構造式のうち、還元性をもたない物質の構造を、a ~ d から一つ選び、記号で答えよ。



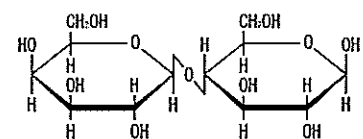
a



b



c

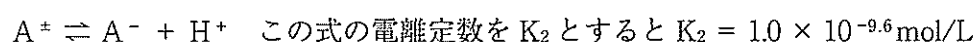
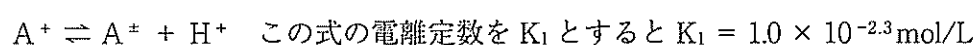


d

問5 ⑥セルロース 64.8g をすべてトリアセチルセルロースにしたときに得られるトリアセチルセルロースの質量を、有効数字三桁で求めよ。ただし、 n を重合度とすると、セルロースの分子量は $162n$ 、トリアセチルセルロースの分子量は $288n$ と表すことができる。

問6 下線部⑤について、アミノ酸の一種であるアラニンの酸性溶液中における構造を、構造式で表せ。

問7 ⑥等電点に関して、グリシンの等電点について次のことが分かっている。グリシンの陽イオンを A^+ 、双性イオンを A^\pm 、陰イオンを A^- と表すと、グリシンの水溶液中では次の電離平衡が成り立つ。



これよりグリシンの等電点を、その導出過程を示して、有効数字三桁で求めよ。

問8 ⑥酵素に関して、酵素反応に関する記述として誤っているものを、次の a ~ d から一つ選び、記号で答えよ。

- 唾液に含まれるアミラーゼの最適 pH は約 7、膵液に含まれるトリプシンの最適 pH は約 8 であるように、生体内の酵素の最適 pH はすべて 7 から 8 の間にある。
- 35℃ から 40℃ までの間にある最適温度より高い温度では、酵素を構成しているタンパク質が変成して酵素は失活し、酵素反応の速度は急激に小さくなる。
- 酵素の濃度が一定であれば、基質の濃度が増加するにしたがって酵素反応の速度は大きくなり、ある濃度で最大値に達し、それ以上の濃度において反応速度は一定になる。
- 酵素は特定の物質とのみ結合し、特定の反応のみの触媒となる。酵素反応における活性化エネルギーは非常に小さいため、低温でもすみやかに反応が進行する。