

【問 3】化学	受験 番号	
---------	----------	--

- (1) 水溶液中では、ストロンチウムイオンは炭酸イオンと反応し、下記の反応 (A) で示される右向きの反応によって炭酸ストロンチウムとして沈殿する。



この反応を用いて、水中に溶解している放射性核種 ^{90}Sr を炭酸塩沈殿法によって除去することを考える。なお、空気中の二酸化炭素の影響や、沈殿生成による液相の体積変化は無視できるものとする。また、放射性壊変は 1 次反応と考えることができ、放射性ストロンチウムは非放射性ストロンチウムと同じ化学的性質を持つものとする。以下の問に答えなさい。

なお、必要に応じて次の数値を用いなさい。

炭酸ストロンチウムの 25 の水に対する溶解度積 $K_{\text{sp}} = 7.0 \times 10^{-10} \text{ mol}^2 \cdot \text{dm}^{-6}$

放射性壊変による ^{90}Sr の半減期 30 年 $= 9.5 \times 10^8$ 秒

アボガドロ定数 $N_{\text{A}} = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$\ln 2 = 0.69$ 、 $\sqrt{7} = 2.6$

原子量 Sr: 88、C: 12、O: 16、Na: 23

- (a) 炭酸ストロンチウムの溶解度積 K_{sp} は、温度一定の条件において定数となる。この理由を、化学平衡の観点から説明しなさい。
- (b) 溶解度積 K_{sp} を用いて、炭酸ストロンチウムの 25 における溶解度 (水 100 g に溶解する溶質の質量(g)) を求めなさい。ただし、答えだけでなく導出過程も示しなさい。なお 25 における水の密度は $1.0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ とする。
- (c) 1.0 dm^3 の水溶液 X に含まれる ^{90}Sr の原子数が、放射性壊変により 1 秒間に 3.0×10^7 個減少していることが計測された。水溶液 X について、以下の問に答えなさい。ただし、それぞれ答えだけでなく導出過程も示しなさい。なお、水溶液中のストロンチウムは全て ^{90}Sr であり、全てイオン化しているものとする。また、放射性壊変による ^{90}Sr の濃度変化、および反応 (A) に対する水溶液 X 中の ^{90}Sr 以外の化学種の影響は無視できるものとする。
- (i) 水溶液 X に含まれる ^{90}Sr の濃度を $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ の単位で計算しなさい。
- (ii) 水溶液 X に対して $11 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ の濃度となるように炭酸ナトリウムを加えたとき、ストロンチウムイオンは元の濃度に対して何%に減少するかを答えなさい。なお、炭酸ナトリウムは水中で完全に解離するものとする。
- (d) 反応 (A) における共通イオン効果について、ルシャトリエの原理にもとづいて簡潔に説明しなさい。ここで、平衡が移動する条件を必ず 1 つ例示して説明すること。

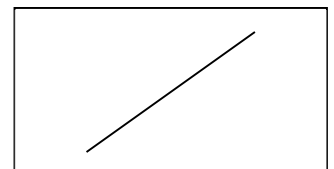
以下に記入すること

(1)

(a)

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

(i)

(ii)

以下に記入すること

(d)

【問3】化学

受験
番号

(2) 次の文章について、以下の問に答えなさい。

ひとつの元素から構成される固体物質の多くは、原子の充填率が最も高くなる結晶構造をとる。この結晶構造は2種類あり、ひとつは面心立方構造、もうひとつは(ア)である。これらの構造の最近接原子の数はいずれも(イ)であって、面心立方構造の最密面は(ウ)である。室温、大気圧下で面心立方構造をとる元素として、例えば(エ)や(オ)が知られている。

結晶構造の推定のために、波長が原子間距離に近いX線や(カ)線を物質に照射して、その回折パターンを測定することが広く行われている。このとき λ を照射するX線や(カ)線の波長、 d を対象とする結晶面の間隔、 n を自然数として、次式の(キ)の法則を満たす回折角 θ で回折ピークが見られる。

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

図1に面心立方構造をとる金属元素AとBの結晶構造を、図2にそれぞれのX線回折パターンを示す。図2から、金属元素Aの格子定数は金属元素Bよりも(ク)ことがわかる。

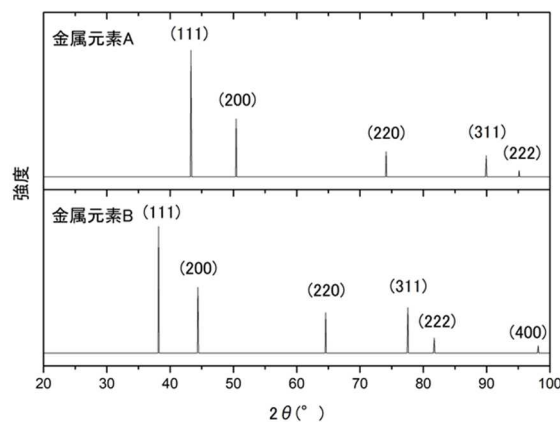
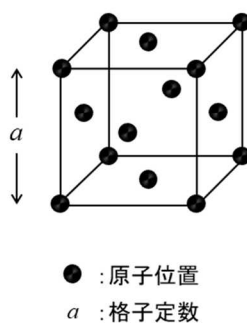


図1 面心立方構造 図2 面心立方構造をもつ金属元素A、BのX線回折パターン、ピークの上に対応する結晶面のミラー指数を示す

- (a) 文章の空欄(ア)～(ク)に入る数値あるいは語句を解答欄表中に記載しなさい。また、(ウ)にはミラー指数を記入し、選択肢があるものは正しい方を○で囲みなさい。
- (b) 金属元素Aの結晶面(200)に対応する回折ピークが $2\theta = 50.4^\circ$ に観察された。照射したX線の波長が1.54 nmであるとき、元素Aの格子定数 a を有効数字3桁で求めなさい。なお $\sin(25.2^\circ) = 0.426$ 、 $\sin(50.4^\circ) = 0.771$ であり、式において $n = 1$ としてよい。

- (c) 金属元素 A と B を 3 : 1 のモル比で融解・混合し、急冷した試料を作製した。また、その後 623 K で 2 時間の熱処理を施した。この操作によって生成した金属間化合物 A_3B の結晶構造を図 3 に示す。図 4 に熱処理前後の試料の X 線回折パターンを示す。このとき、熱処理による X 線回折パターンの変化の特徴、およびそのような変化が生じた理由について、次に示す語句をすべて用いて 200 字程度で説明しなさい。

語句：面心立方構造、金属間化合物、原子散乱因子、規則的、消滅則

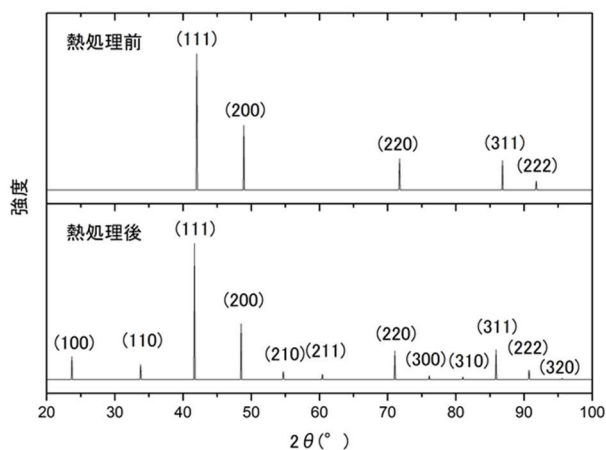
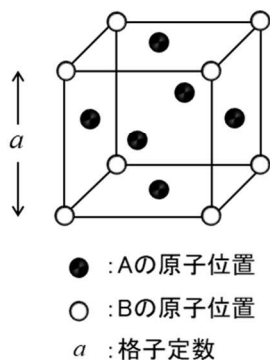
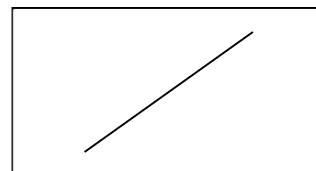


図 3 金属間化合物 A_3B の結晶構造

図 4 熱処理前後の試料の X 線回折パターン

【裏面につづく】



以下に記入すること

(2)

(a)

(ア)	(イ)	(ウ) ()
(エ)	(オ)	(カ)
(キ)	(ク) 小さい 大きい	

(b)

以下に記入すること

(c)

【問3】化学	受験 番号	
--------	----------	--

(3) 次の文章について、以下の問に答えなさい。なお、全ての物質は標準状態にあるものとする。計算に必要であれば以下の値を用いること。

物質	状態	標準生成エンタルピー ΔH_f° (kJ · mol ⁻¹)
水素	気体	0
酸素	気体	0
二酸化炭素	気体	394
水	液体	286
エタノール	液体	278
グルコース	固体	1270

原子量 H : 1.00、 C : 12.0、 O : 16.0

光合成では、光エネルギーを化学エネルギーに変換する過程において、生体に必要な有機物質を作り出す。その一例として、二酸化炭素と水が反応し、グルコース(C₆H₁₂O₆)と酸素が生成する反応過程が挙げられる。また植物が合成したグルコースを原料として、酵母を利用した化学反応により、エタノールを合成することができる。この反応は、飲料アルコールの醸造や、バイオエタノールの生産に活用されている。

ここで、グルコースやエタノールをエネルギー源として利用する場合について考える。100 g のグルコースを完全燃焼して得られる熱エネルギーを計算すると、(ア) kJ となる。一方で、100 g のグルコースを原料とした場合、理論的には最大で (イ) g のエタノールを得ることができる。得られた (イ) g のエタノールを完全燃焼して得られる熱エネルギーを計算すると、(ウ) kJ となる。これらの計算結果を踏まえると、グルコースをエタノールへと変換してから利用する場合、重量基準では (イ) % に減少しているのに対し、標準生成エンタルピー基準では (エ) % のエネルギーが保存されていることになる。

- (a) 下線部の反応過程において、グルコース 1.00 mol が生成するためのエンタルピー変化を求めなさい。ただし、答えだけでなく導出過程も示しなさい。
- (b) 1.00 mol のグルコースからエタノールを得る反応におけるエンタルピー変化を求めなさい。また、この反応が発熱反応か吸熱反応かを答えなさい。ただし、答えだけでなく導出過程も示しなさい。
- (c) 空欄(ア)～(エ)に入る数値を答えなさい。また、それぞれの導出過程を指示された空欄に示すこと。

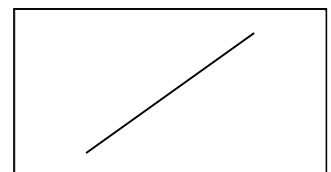
以下に記入すること

(3)

(a)

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

(ア)	(イ)	(ウ)
(エ)		

(ア)の導出過程

(イ)の導出過程

以下に記入すること

(ウ)の導出過程

(エ)の導出過程