

試験問題例と実施後の分析

科目名	化学基礎	学年類型	2年	単元名	粒子の結合
単元の観点ごとの目標					
知識及び技能		思考力, 判断力, 表現力等		学びに向かう力, 人間性等	
粒子間に働く化学結合に関する基本的な概念や原理を理解すること。 物質の状態とその変化について理解するとともに, 固体の構造の概念や原理などを理解すること。		粒子間に働く化学結合や固体の構造に関する規則性や関係性を見いだし表現すること。		化学結合や固体の構造に対して, 見通しをもつことや, 振り返りをするなど主体的に探究しようとする態度を養うこと。	
単元の観点ごとの評価規準					
知識・技能		思考・判断・表現		主体的に学習に取り組む態度	
粒子間に働く化学結合に関する基本的な概念や原理を理解している。 物質の状態とその変化について理解するとともに, 固体の構造の概念や原理, 規則性などを理解している。		粒子間に働く化学結合や固体の構造に関する規則性や関係性を見いだし表現できる。		化学結合や固体の構造に対して, 見通しをもつことや, 振り返りをするなど主体的に探究しようとしている。	
考査名	第2回定期考査	想定解答時間	8分(関連する問題(5), (6), (7)の解答時間)		

＜本校生徒の実態＞

ほぼ全ての生徒が大学への進学を希望しており, 学習意欲が高い生徒が多い。しかし, 考査課題等を課さないため生徒により習熟度に差がある。また, 3年次に文系・理系に分かれるため2年生の全生徒を対象とした考査である。

＜出題の意図＞

結晶構造に関する内容は知識によるところが大きく, 単位格子ごとに全て暗記してくる生徒も少なくない。そこで, 問題文を読解し, 学んだ知識を活用して考える問題を出題したいと考えた。これまでの単元で温度が高いほど粒子の熱運動は激しく, それに伴い状態変化が起こることや体積が増加することを学習している。また, 本単元では体心立方格子を例に充填率の求め方を指導した。

四角で囲んだ問題番号(6), (7)では, 温度が上がるほど固体の体積が増加することや原子半径から格子定数を導きだすことを確認するために, 加熱によって格子定数が増加することや結晶構造の変化に伴い格子定数が変化することを問うことにした。

＜作成上の留意点＞

意欲的な生徒の中には大学入試問題に慣れている生徒もいるため, 生徒がこの問題を解く際に既存の知識ではなく, 思考力, 判断力を活用するよう工夫した。

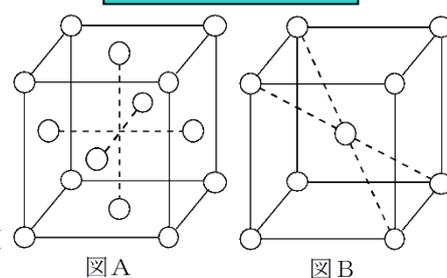
＜問題＞〔温度変化に伴うと結晶構造の変化〕 観点別学習状況の評価

思考・判断・表現

結晶内では, 原子やイオンなどの構成粒子が規則正しく整列している。結晶内の粒子の配列を結晶格子, 結晶格子の最小の繰り返し単位を単位格子と呼び, 単位格子の一边の長さを格子定数と呼ぶ。

金属結晶では多くの金属は常温常圧では最密構造である図Aの結晶構造をとる。鉄の結晶は温度によってその構造が変わり, 室温では下図の図Bの構造をとるが, 907℃以上に加熱すると図Aの構造に変化する。

また亜鉛の結晶は図Aとは異なる最密構造である六方細密構造をとる。亜鉛の単位格子中に含まれる原子の数は , 配位数は である。



一方でイオン結晶は陽イオンの半径と陰イオンの半径の比に応じさまざまな結晶構造をとることが知られている。イオン結晶は、イオン同士がクーロン力により引き合うことで安定化しているため、陰イオン同士が接触し、陽イオンと陰イオンが接触しないと不安定になる。また、より多くの相手イオンに接している方が安定となる。イオンを球と考え、陽イオンの半径を r^+ 、陰イオンの半径を r^- とすると、図1になるには、同符号のイオン同士は接触しないため、陽イオンと陰イオンの半径の比は

$\frac{r^+}{r^-} > (\text{①})$ でなければならないからである。また、同様の理由で、図2になるためには $\frac{r^+}{r^-} > (\text{②})$

でなければならない。さらに、図3になるためには $\frac{r^+}{r^-} > (\text{③})$ でなければならない。

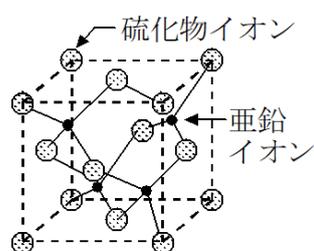


図1

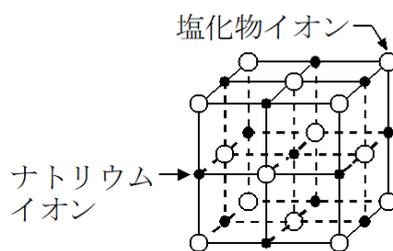


図2

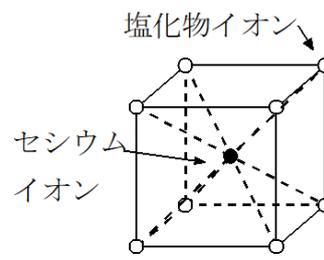
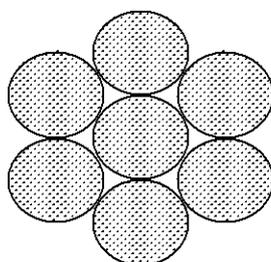
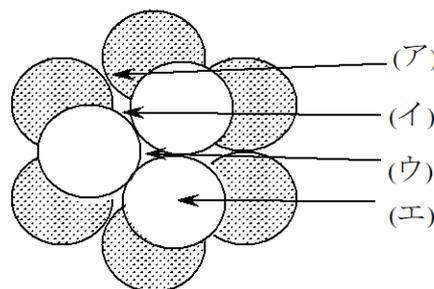


図3

- (1) 図A及び図Bの構造の名称を答えなさい。
- (2) 図A及び図Bの構造では、単位格子にそれぞれ何個の鉄原子が含まれるか答えなさい。
- (3) 文中の ア、イ に当てはまる数値を答えなさい。
- (4) 最密構造の原子配列は、原子が最も隙間の少ないように接してできた層が積み重なったものと考えることができる。1層目、2層目の原子を詰める様子を次の図に示す。図A及び六方細密構造の3層目の原子の位置として最も適切な位置はどこか。それぞれ適するものを(ア)～(エ)より選び記号で答えなさい。



1層目

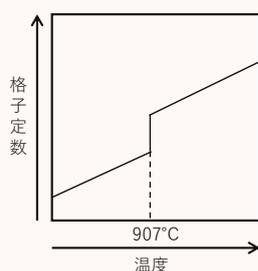


1層目及び2層目

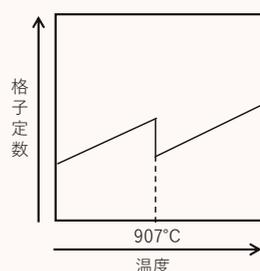
- (5) 図Bの鉄原子の半径を r [cm] とするとき、 r を用いて単位格子の一边の長さ l [cm] を表す式を答えなさい。
- (6) 鉄は温度変化に伴う構造変化により、格子定数も変化する。鉄を加熱した際の格子定数変化を表すグラフとして最も適当なものを以下の①～④から選びなさい。ただし、構造変化は 907°C においてBからAへの変化のみ起こるものとする。 $\sqrt{2}=1.4$ 、 $\sqrt{3}=1.7$

結果の処理

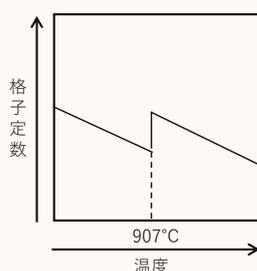
①



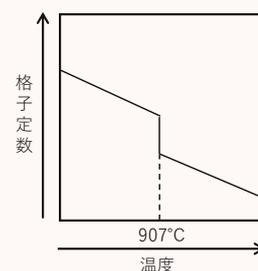
②



③



④



(7) (6)において温度変化に伴い格子定数が変化する理由を答えなさい。ここではBからAへ変化する理由までは答えなくてもよい。

考察・推論

表現・伝達

(8) 図Bの結晶構造の状態にある鉄原子の充填率を答えなさい。円周率は π を用い、平方根を含んだ式で答えなさい。

(9) 文中の(①)～(③)に当てはまる平方根を含んだ数式を答えなさい。

(10) 岩塩を用いてアボガドロ定数を求める実験を行った。次の文章を読んで後の(a)～(c)に答えなさい。

岩塩に対して上から千枚通しを当てて、木槌で軽くたたき岩塩を割った。岩塩はイオン結晶であるため(ア)しやすいため断面は平らでツルツルしており、透明な結晶面が現れた。この操作を繰り返し、岩塩の立方体を作成した。ノギスで岩塩の立方体の一辺の長さを測ったところ L [cm] であることが分かった。さらに、この切り出した結晶の質量を測ったところ w [g] であった。また、文献から Na^+ のイオン半径は a [cm]、 Cl^- のイオン半径は b [cm] であること、更に塩化ナトリウムの式量は M であることが分かっている。

(a) 文中の(ア)にふさわしい語句を答えなさい。

(b) 実験結果からアボガドロ定数を文中の記号を用いて答えなさい。

(c) この実験の誤差の最大の原因は、結晶面の凹凸により、実際よりも体積を大きく見積もってしまうことである。その場合アボガドロ定数は理論値と比べて大きくなるか、小さくなるか、変わらないか答えなさい。

<生徒の解答状況>

1 問題(6)の解答状況について

問題(6)は、40名中17名の生徒が正解しており、正答率は4割程度であった。選択肢②は誤答ではあるが、温度が上昇すると格子定数が大きくなる関係について正しく把握できていると見られる。選択肢①と②を選んでいる生徒は、7割弱であり、多くの生徒がこの関係を理解できていることが分かった(資料1)。

問題(5)は、原子半径から格子定数を求める問題であり、27名の生徒が正解している。

まず、(5)が正解の生徒のうち、15名が(6)も正解している。一方で、(5)が不正解の生徒13名のうち、(6)が正解している者は僅か2名である。このことから、各結晶構造の格子定数を正しく求め、それらの値と比較して答えていると考えられる(資料2)。次に、(5)

が正解の生徒のうち、12名が(6)で不正解となっており、やや多い印象を受ける。そこで、誤答の内訳を見てみると、選択肢②を選んでいる生徒が多いことが分かった(資料3)。このことから温度が上がることで格子定数が大きくなることは理解できているが、体心立方格子と面心立方格子とで格子定数を比較して判断することができていないと伺える。生徒は、二つの結晶構造の格子定数の比較することに気付きにくく、そのため難易度は高かったと考えられる。

【資料1 問題(6)に対する生徒の解答分布】

解答	①(正解)	②	③	④	無回答
人数(人)	17	10	4	5	4
割合(%)	42.5	25.0	10.0	12.5	10.0

【資料2 問題(5)、(6)に対する生徒の正誤の関係】

※(5)が正解であった生徒は、27人(67.5%)。

上段は人数(人) 下段は割合(%)	(5)が正解	(5)が不正解
(6)が正解	15 37.5	2 5.0
(6)が不正解	12 30.0	11 27.5

【資料3 問題(5)で正解した生徒の(6)の正誤分布】

解答	①正答	②誤答	③誤答	④誤答	無回答
人数(人)	15	8	1	2	1
割合(%)	55.6	29.6	3.7	7.4	3.7

2 問題(7)の解答状況について

○ (正答例)

温度が上がると原子の熱運動が激しくなるから。

△ (部分正答例)

温度が変化することで原子の動きの激しさが変化することだから。

× (誤答例)

温度変化に伴って鉄が融点に達し、固体から液体に変化するから。

【資料4 問題(7)の正誤分布】

解答	○	△	×	無回答
人数(人)	8	6	9	17
割合(%)	20.0	15.0	22.5	42.5

<実施後の教師の指導改善・生徒の学習改善に向けた取組について>

- ・暗記に頼らないことや、見慣れない問いでも考えてみるよう指導した。
- ・記述問題では何を問われているかを考え、用語等用いながら正確に記述するよう指導した。これまでも授業の中で、生徒が自身の考えを発言する機会を設けるようにしていたが、生徒間で考えを共有する機会を設けるなど充実させている。
- ・温度上昇に伴い、状態変化せずとも体積が増加することを再度確認した。

<模範解答例>

問題(6)…①

問題(7)…温度が上昇すると原子の熱運動が激しくなるので、格子定数が増加する。