

学 習 指 導 案

日 時 令和5年10月27日(金)
生 徒 第3学年 電子機械科38名
科目名 化学基礎
授業者 山本 衛

1 単元名

第3章 物質の変化

第1節 物質と化学反応式 2 物質の量

使用教科書 高校化学基礎新訂版(実教出版株式会社)

2 単元の目標

- (1) 物質と化学反応式, 化学反応, 化学が拓く世界について, 理解するとともに, それらの観察, 実験などに関する技能を身に付けること。
- (2) 物質の変化とその利用について, 観察, 実験などを通して探究し, 物質の変化における規則性や関係性を見いだして表現すること。
- (3) 物質と化学反応式に主体的に関わり, 科学的に探究しようとする態度を養う。

3 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
物質と化学反応式について, 物質, 化学反応式の基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに, 科学的に探究するために必要な観察, 実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	物質と化学反応式について, 観察, 実験などを通して探究し, 物質の変化における規則性や関係性を見いだして表現している。	物質と化学反応式に主体的に関わり, 見直しをもったり振り返ったりするなど, 科学的に探究しようとしている。

4 指導計画(10時間) 知:3時間 思:4時間 態:3時間

時間	学習活動	重点	記録
1	(1) 物質「便利な単位 mol とは？」 ・米粒を用いた実験を通じて質量を用いることの効率性を見出して表現する。 ・大量の数を測定する時に質量と関係づけようとする。	態	○
2	(2) 相対質量「同じ粒子数でも試料が異なるとどうなる？」 ・試料ごとの質量が異なれば 1mol あたりの質量が異なることを見出して表現する。 ・試料の違いと原子ごとに決まっている質量の違いを関係づけようとする。	思	
3	(3) 原子量・分子量・式量「水は本当に数えられないのか？」 ・元素ごとの原子量を用いて分子やイオンからなる物質のモル質量を求める。 ・原子量と原子の同位体の天然存在比について理解する。	知	
4 (本時)	(4) アボガドロ定数「1mol あたりの粒子数を検証してみよう」 ・1円玉を用いた実験を通じて, 物質とアボガドロ定数, および質量と体積との関係性を見出す。 ・単位格子1つ分の体積と 1mol 分のアルミニウム原子の個数を理解する。	思	○

5	(5) 物質質量と気体の体積「気体の粒子数を数えるには？」 ・気体の粒子数を数える場合の効率の良い方法について、既習事項を用いながら解決しようとしている。 ・気体の体積と物質質量、質量の関係について理解する。	態	
6	(6) 溶液の濃度「質量パーセント濃度とモル濃度の違いは？」 ・質量パーセント濃度について理解する。 ・モル濃度について理解する。 ・溶液の調製の仕方について理解する。	知	○
7	(7) 化学反応式、イオン反応式「化学反応式・イオン反応式とは？」 ・係数の無い化学反応式の係数の付け方を理解する。 ・問題から化学反応式の立て方を理解する。 ・イオン反応式の立て方を理解する。	知	○
8	(8) 化学反応式の量的関係「化学反応の係数比は何の比？」 ・化学反応式の係数比は、粒子の数の比や物質質量の比であることを関係づけようとする。 ・質量や気体の体積との関係についても表現できる。	態	○
9	(9) 化学反応式の量的関係「質量保存の法則は本当に成り立つのか？」 ・前時の化学反応の量的関係の知識を活かして、銅の酸化から、反応物と生成物の質量の関係を考え、説明できる。	思	
10	(10) 化学反応式の量的関係「炭酸カルシウムを使って量的関係を調べる」 ・化学反応の量的関係の定量的な実験を行って理解の定着を図り、実験結果を考察により表現する。	思	○

5 本時の目標

1 円玉を用いた実験観察を通して、測定方法を探究するとともに物質質量とアボガドロ定数、および質量と体積との関係性を見出す。

6 本時の授業

(1) 本時（第4時）のねらい

「化学基礎」の単元の中でも「物質質量と化学反応式」は化学に対して苦手意識をもち始める生徒が増加する単元である。その原因について齋藤・川村（2016）は「物質質量概念の獲得には計算力が重要でない可能性があり、質量から物質質量や原子の個数への変換ができないことが概念獲得を阻害する要因である可能性がある」と述べる。そこで、従来の教科書通りの授業の流れ（相対質量 → 原子量・分子量・式量 → 物質質量）から、順番を変えて一番初めの授業で物質質量（1mol）を生徒たちに提示することにした（物質質量 → 相対質量 → 原子量・分子量・式量）。

また、私がこれまでに行なってきた授業では相対質量から物質質量までを座学中心で行い、知識をそのまま教えることが多かった。そこで物質質量の概念が理解できなかった生徒の多くは、その後に続くモル体積やモル濃度、化学反応の量的関係を求める単元においてこれなくなってしまう印象が強くある。そこで、今回の単元計画では、1時間目～4時間目を1まとまり（小単元）とし、子供たちに物質質量や質量、粒子数の関係を理解させることに重きをおくことにした。その中で、少しでも粒子の概念を子供たちがイメージしやすいよう実験などの活動を通して物質の量の概念獲得を試みる。また、小単元のゴールを「子供たちが多くの粒子の数を扱う際、質量や体積と関係づけて説明できている」「1mol など1まとまりの単位を用いることで得られる利点に気付いている」と設定した。

1 時間目では、多くの粒子を数える際に、質量を用いた方が効率が良いことを考えてもらうため、米粒 6,000 粒を効率良く測る実験を通して粒子と質量の関係について考えさせる。

2 時間目では、同じ粒子の数でも質量が異なる物質を用いると質量が変化することに気づかせるため、ゴマや小豆、大豆などを用いた実験を通して原子の種類と相対質量の関係について考えさせる。

3 時間目では、初めに「水は本当に数えることができないのか？」というテーマを提示し、1, 2 時間目で学んだ知識を生かし、原子量・分子量・式量を用いたモル質量と粒子の個数の関係について考えさせる。

4 時間目（本時）では、1 円玉を用い、物質量の単位において反応に関わる量的な関係や構成粒子の数を実感するために有効であるアボガドロ数検証の生徒実験を行うことで、生徒たちが 1・2・3 時間目で身に付けた知識を活用しながら実験を行い、概念獲得、単位変換について理解することをねらいとする。

本授業のねらいの 1 つである、肉眼では数えることのできない複数の粒子 (6.02×10^{23} 個) の 1 mol 分の質量や体積はどのくらいなのか、まとめの段階において次時につなげられるよう「みなさんはこれまでの 4 時間で粒子数と質量および体積の関係を学習してきました。では、4 時間のまとめとしてそれぞれの関係性を考え、空欄を埋めてみましょう」という発問を行い、本実験のまとめを行う。

本授業を行う学級の生徒たちは中学校までに学習する数学や理科の内容が十分に定着しておらず、苦手意識をもっている生徒も多くいる。そのため、あらかじめ「質量」「体積」の 2 観点から実験方法を探究し、アボガドロ定数を検証させる。また、質量班には「アルミニウム原子 1 つ分の質量は何 g だろう」体積班には「アルミニウムの単位格子 1 つ分の体積 (4.04×10^{-8}) $^3 \text{cm}^3$ 、単位格子 1 つ分に含まれるアルミニウム原子の数は 4 つだったね、1 mol あたりのアルミニウムの単位格子の数を求めた後に、4 倍しなければならない」というヒントを提示する。

授業の最後に、「まとめ欄」および「振り返りシート」にて、生徒たちに小単元（1 時間目～4 時間目）を総括して得られた学び（粒子数と質量および体積の関係のまとめ）を記入させる。

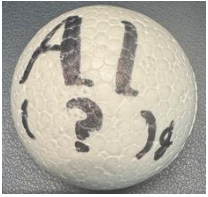
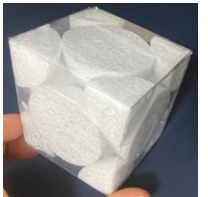
(2) 評価規準

- ・ 1 円玉を用いた実験を通じて、物質量とアボガドロ定数、また質量および体積との関係性を見だしている。【思考力・判断力・表現力】
- ・ 単位格子 1 つ分の体積と含まれるアルミニウム原子の個数、または、アルミニウム原子 1 個の質量を理解し、1 円玉の質量・体積の観点からアボガドロ定数を求めるためにどのような方法が効率的であるか解決しようとしている。【主体的に学習に取り組む態度】

(3) 評価のポイント

- ・ 実験の目的を理解し、アボガドロ定数の検証実験を行うことで、これまでに学習した質量と物質量、または単位格子 1 つ分に含まれるアルミニウム原子の数から体積と物質量の関係を理解し表現できている。【思考力・判断力・表現力】
- ・ 単位格子 1 つ分の体積中 ($(4.04 \times 10^{-8})^3 \text{cm}^3$) にアルミニウム原子が 4 つ含まれるというヒントをもとに、1 円玉の体積を用いて課題を解決しようとしている。
- ・ アルミニウム原子 1 つ分の質量 ($4.49 \times 10^{-23} \text{g}$) (自分たちで調べた前提) というヒントをもとに、1 円玉の質量を用いて課題を解決しようとしている。
- ・ また、1 円玉の枚数はアルミニウムのモル質量 (27g/mol) より、27 または 27 の倍数 (54, 81) 枚分測定の方が計算が効率的であることに気が付けている。【主体的に学習に取り組む態度】

(4) 本時の展開

学習場面	学習活動	指導上の留意点	評価方法
<p>導入 (5分)</p>	<p>○ 授業の目標確認 (1) 本時の目標・テーマの確認</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【目標】 1円玉を用いた実験・観察を通して、測定方法を探究するとともに物質とアボガドロ定数、および質量と体積との関係性を見出す。</p> <p>【テーマ】 アルミニウム 1mol あたりの粒子数を検証してみよう。</p> </div> <p>(2) 授業の流れの確認</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【流れ】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 事前に集約したアンケートを元に、質量・体積の2つのグループに分かれる。 2) 質量・体積グループにそれぞれヒントを1つずつ与える（質量班は Al 原子模型、体積班は面心立方格子模型）。 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 5px 0;"> <p>【質量班・ヒント】アルミニウム原子1つ分の質量は何 g だろう？</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 5px 0;"> <p>【体積班・ヒント】アルミニウム原子の構造は面心立方格子で単位格子1つ分の体積は $(4.04 \times 10^{-8})^3 \text{ cm}^3$ である。</p> </div> <ol style="list-style-type: none"> 3) トレー内にある実験器具であれば、どれを使用しても良い。ただし、自分が属するグループの観点から必ずアボガドロ定数を求める。 4) 実験の過程を実験プリント（検証方法や求めたアボガドロ定数だけでなく、使用した1円玉の枚数も）に記入する。 5) 4)の結果を班の代表者1人が写真を撮り、それぞれ「Google スライド①～④」に貼り付ける。 6) 「まとめ」欄「振り返りシート」を記入する。 </div> <p>(3) 評価規準の確認</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>【発問 1】1円玉を用いてアボガドロ定数を確かめるために質量と体積2つの観点から検証する方法を考えてみよう。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・今回実験を行う目的（どのような概念を獲得するために行うのか）は何か生徒たちに事前に説明した上行う。 ・また、必要であれば、関数電卓を使用して良いと伝える。 ・スマートフォンの使用は、プリントにそれぞれ配置されている「Google スライド①～④」の項目を記入し、投稿する際、また質量班は Al 原子1つ分の質量を調べる時のみ使用して良いと伝える。 	
<p>展開 (35分)</p>	<p>○ 実験手順の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各班ごとに用意されているトレーに置かれているものであれば、自由に使用して検証実験を行なっても良いと説明する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>【質量班のトレー内の器具】 ①上皿天秤 ②薬包紙 ③電子天秤</p> <p>【体積班のトレー内の器具】 ①ノギス ②メスシリンダー（100mL, 200mL, 500mL） ③ビーカー（50mL, 100mL）④ものさし</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <p>【質量班】に与える Al 原子模型（? g 記載有）</p> <p>【体積班】に与える面心立方格子模型（1辺が $4.04 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であると伝える）</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・質量班には、「アルミニウム原子1つ分質量は何gだろう」というヒントを与え、質量を調べさせる。 ・体積班には、「アルミニウムは面心立方格子であり、単位格子1つ分（体積 $(4.04 \times 10^{-8})^3 \text{ cm}^3$）にはアルミニウム原子が4つ含まれている」というヒントを与える。 	

	<p>○ 検証実験</p> <ul style="list-style-type: none"> 渡されたヒントを元に、質量および体積の観点からアボガドロ定数を求める方法を探究する。 質量、体積グループごとに、どの実験装置を使用してどのように測定したら良いか考える。(Google スライドに貼り付け①) <p style="text-align: center;">10分</p> <p>【フォロー】 10分以上経っても進んでいない班は、測定方法を示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> 1円玉1枚を1gと仮定して、アルミニウムのモル質量(27g/mol)から1円玉を何枚分使用すれば求めやすいかを考える。何枚使用して求めたか実験プリントに記入する。(Google スライドに貼り付け②) <p style="text-align: center;">20分</p> <p>【フォロー】 20分経過して計算が進んでいない班は、アルミニウムのモル質量より、1円玉を27枚使用してみてはと促す。</p> <ul style="list-style-type: none"> 導いた質量や体積の値、またアルミニウムのモル質量(27g/mol)からアボガドロ定数を求める。どのような計算式を用いて算出したか、実験プリントに記入する。(Google スライドに貼り付け③) <p style="text-align: center;">30分</p> <p>【フォロー】 30分経過して計算が進んでいない班は、計算式を示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> 導いたアボガドロ定数を実験プリントに記入する。(Google スライドに貼り付け④) 	<p>①メスシリンダーを使用している班があれば、目盛を読み取るとき、目盛の読み方に気をつけるよう指示する。また、1円玉をメスシリンダーに入れる際、壁面に沿わせてゆっくりと入れるよう指示する。</p> <p>② 計算が進んでいない班に対して、</p> <p>【質量班】 まず i) 1円玉1枚に含まれる Al 原子の粒子数と質量が求められない班には教える。次に ii) 1mol 分の Al 原子の質量が求められない班には Al のモル質量を教える。</p> <p>【体積班】 まず i) 1円玉1枚に含まれる Al 原子の体積と粒子数が求められていない班は教える。次に ii) 1mol 分の Al 原子の体積が求められない班には Al のモル質量を教える。さらに、単位立方格子1つあたり4つの Al 原子が含まれていたことを振り返らせる。</p>	<p>◎実験プリント【思・判・表】</p> <p>◎机間巡視含め、実験プリント【主体的】</p>
<p>まとめ (10分)</p>	<p>○ 実験の振り返り</p> <ul style="list-style-type: none"> 各班が求めたアボガドロ定数をクラス全体で共有する。アボガドロ定数の文献値 $6.02 \times 10^{23} \text{mol}$ と比較をする。 <p>【発問 2】 みなさんはこれまでの4時間で粒子数と質量および体積の関係を学習してきました。では、4時間のまとめとしてそれぞれの関係性を考え、空欄を埋めてみましょう。</p> <ul style="list-style-type: none"> これまでの4時間の授業を通して学習した粒子数・質量・体積の関係をまとめる。 	<p>①各班が求めたアボガドロ定数をクラス全体で共有する。</p> <p>② 4時間で学習した内容と今回の実験を通して得られた学びを生かして粒子数と質量および体積の関係をまとめ、数値を算出するよう促す。</p>	<p>・振り返りシートへの記入【主体的】</p>

過程	学習内容・活動内容 ○…質問・発問・指示 S…生徒の反応・学習活動	指導上の留意事項 ※…留意点 T…教師の手立て ◇…評価規準（評価方法）
導入 (5分)	<p>【授業の目標確認】 (1)目標・テーマの確認 (2)授業の流れの確認 (3)評価規準の確認</p> <p>【発問. 1】 「1円玉を用いてアボガドロ定数を確かめるために質量と体積2つの観点から検証する方法を考えてみよう」</p>	<p>・実験プリントの配布</p> <p>T1…本日は、これまでに学習してきた知識をフルに活用して、探究活動をしてもらいます。また、この授業の終わりに1～4時間目のまとめとして、粒子数と質量および体積の関係について計算してもらいます。また、振り返りシートに記入してください。ただし、データを入力する際しかスマートフォンは使用できませんので、気を付けるように。</p> <p>T2…本日は以前教えた「アボガドロ定数」を1円玉を用いて確かめる検証実験です。事前にアンケートを取りましたので、皆さんの希望通り「質量」グループと「体積」グループに分けています。</p>
展開 (35分)	<p>【実験手順の確認】 ○各班ごとに用意されているトレーに置かれているものであれば、自由に使用して検証実験を行なっても良いと説明する。</p> <p>S1…実験装置を見て、何をどのように使って「質量」「体積」の観点からアボガドロ定数を求めるか班で話し合う。</p> <p>【検証実験】 ○渡したヒントを元に数値などを活用して、どのように式を立てるか考える（計算式を記入）。</p> <p>S2…1円玉の「質量」や「体積」をどのように測定し、その値をどのように使うか班で話し合う。</p>	<p>T3…検証する際に使用しても良い器具はそれぞれのテーブルに置いてあるトレー上のものであれば自由に使用して結構です。また、必要に応じて関数電卓を使用して構いません。</p> <p>T6…これから「質量」グループ「体積」グループそれぞれにヒントを配布しますので、参考にしてください。</p> <p>T7…実験プリントに記載している通り、①実験方法、②使用した1円玉の枚数、③アボガドロ定数を求めた式、④求めたアボガドロ定数をそれぞれ記入したら、班の代表者1人が写真を撮って「Google スライドに」貼り付けてください。</p>
10分		<p>T8…大体の班が測定方法を決めましたね。では、1円玉を何枚使用した方が効率的に求められるか班で話し合いながら進めてください。</p>
20分		

	<p>S3…第2ヒント（計算が進んでいない班のみ）を元に，班で話し合いながら計算式を立てる（計算式を記入）。</p>	<p>T9…「質量」班にヒントです。アルミニウムのモル質量はいくつでしたか？</p> <p>T10…「体積」班にヒントです。ヒントに書いてある通り，アルミニウムは面心立方格子なので1単格格子あたり4個のアルミニウム原子が含まれます。みなさんは全体の体積を求めています，その体積の中にはいくつ単格格子が含まれ，いくつアルミニウム原子が含まれているでしょうか。</p>
30分		
	<p>【検証結果】</p> <p>○ 求めた数値を「Google スライド」に貼り付ける。</p> <p>【実験の振り返り】</p> <p>○ 各班が求めたアボガドロ定数をクラス全体で共有する。</p> <p>○ アボガドロ定数の文献値 $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ と比較をする。</p> <p>【発問. 2】</p> <p>「みなさんはこれまでの4時間で粒子数と質量および体積の関係を学習してきました。では，4時間のまとめとしてそれぞれの関係性を考え，空欄を埋めてみましょう」</p> <p>○ 発問. 2から，物質量の小単元(4時間)における学習を通して得られた学びを振り返る。</p> <p>S4…これまでの4時間の授業を通して学習した粒子数・質量・体積の関係を図にまとめ，空欄にあてはまる数値を求める。</p>	<p>T11…残り時間のアナウンス</p> <p>T12…式を立てたら，計算してみてください。みなさんが学習した値に近い結果になりましたか？</p> <p>T13…ここで，「質量班」「体積班」のグループごとにクラス全体の結果を見ましょう。</p> <p>T14…少しズレはありますが，大体学習した値と同じ数値を導きましたね。</p> <p>・ 振り返りシートの記入指示</p> <p>・ 実験プリントの回収</p> <p>◇実験プリントの記載内容，振り返りシートについて評価規準に基づいて評価をする（評価規準はプリントの記載通り）。</p>
<p>まとめ (10分)</p>		