

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：99999
研究種目：奨励研究
研究期間：2020～2020
課題番号：20H00899
研究課題名 見いだして理解する新しい授業方法の実践研究 - 定義値としての定数を出発点として -

研究代表者

渡部 智博 (WATANABE, TOMOHIRO)

立教新座中学校・高等学校・教諭

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 480,000円

研究成果の概要：見いだして理解する新しい授業方法を検討する上で、アボガドロ定数を定義値であると説明することから始める。1 mol単体や任意の大きさの金属の密度を測定し、何が分かるかを考えさせる授業を行う。段階に応じて「原子1個を立方体と仮定した時、立方体の一辺の長さを求めることができるか。」「基本的な最密構造がわかっている時、単体格子の格子定数や原子1個の大きさを求めることができるか。」「ケイ素の格子定数や原子1個の大きさを求めることができるか。」と問いかけた。次に、ファラデー定数を定義値とした扱いを説明する。「銅と銀の価数を求められるか。」という課題を与え、導出方法や実験方法を考えさせる授業を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

平成30(2018)年に高等学校の学習指導要領が改訂され、2019年にはSI単位の定義改定がなされ、高等学校で学習するアボガドロ定数、電気素量、ファラデー定数などが定義値として確定した。このため、これらの定数を確かめる授業から、定数を出発点として、何がわかるのかを明確に考えさせることができるようになった。改訂された新しい学習指導要領では「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」が示されているが、本研究で行ったように、段階に応じて思考力を働かせて原子の大きさや価数を求めることを通して、資質・能力を育む学習がなされることとなり、本研究の教育的な意義は大きいと考えられる。

研究分野：理科教育

キーワード：アボガドロ定数 電気素量 ファラデー定数 定義値 学習指導要領 定数 実践研究 授業

1. 研究の目的

これまでの高等学校の化学の教科書には、アボガドロ定数を求める実験、ファラデー定数や電気素量を確認する実験など、定数を確認する実験が記載されることが多かった。例えば、1円玉27枚の体積を測定し、単位格子の格子定数を仮定することでアボガドロ定数を求める実験、ステアリン酸の単分子膜の面積を測定し、分子の断面積を仮定することでアボガドロ定数を求める実験などが知られている。また、銅板を電極として硫酸銅(II)水溶液を電気分解し、その時の電極の質量変化からファラデー定数を求める実験がある。いずれも確認実験である。しかし、2019年5月20日の世界計量記念日には、SIの新しい定義が発表になった。このため、定数を求める実験から、定数から考えさせる実験への転換が望まれていると考えられる。

また、2018年には、高等学校の新しい学習指導要領が発表になった。新しい学習指導要領では、知識の理解の質を高め資質・能力を育む「主体的・対話的で深い学び」が改訂のポイントである。「何ができるようにするか」を明確化するため、知識及び技能、思考力、判断力、表現力等、学びに向かう力、人間性等の3つの柱で再整理する。そして主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善が必要とされ、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう過程を重視した学習の充実が必要とされている。

このような背景を考えた時、高等学校の化学で扱われる定数、すなわちアボガドロ定数、ファラデー定数、電気素量などが定義値であることを生徒に認識させ、それらを出発点として課題を見出し、そして実験をふまえた解決方法を考えさせることを主たる目的とした。

2. 研究成果

2-1 アボガドロ定数

「アボガドロ定数から原子1個の大きさを求められるだろうか。」という課題を生徒に与え、導出方法や実験方法を自由に考えさせる授業を、次のA~Cの生徒に対して実施した。

A: 高校1年生の必修科目である「化学基礎」を履修する生徒、B: 高校2年生の選択必修科目である「化学」を履修する生徒、C: 高校3年生の選択科目である「化学」を履修する生徒。なお、A~Cの生徒は学年も学習段階も異なるため、上述した課題をそれぞれの状況に合わせて問いかけた。これらの問いかけに対して、生徒はいくつかの方法で鉄釘や銅釘、市販されているAl、Fe、Cuの1mol単体、銀板、ケイ素について単体の密度を測定する実験を行った。表1はそのときの測定結果である。

そして、実験で得られた密度を利用して、次のように原子1個を立方体近似したり、単位格子を仮定したりするなど、試行錯誤しながら単体を構成する原子の大きさを求めていた。

- 1) 原子1個を立方体と近似するとき: 単体の密度 d 、原子のモル質量 M 、アボガドロ定数 N_A 、原子を立方体としたときの一辺の長さ l とすると、 $d = (M/N_A)/l^3$ となる。
- 2) 単位格子を仮定するとき: 単体の密度 d 、原子のモル質量 M 、アボガドロ定数 N_A 、格子定数 L 、単位格子中に含まれる原子数 n 、原子半径 r とすると、 $d = (M/N_A) \times n \times 1/L^3$ となる。ただし、体心立方格子では $n = 2$ 、 $r = 3^{1/2}L/4$ 、面心立方格子では $n = 4$ 、 $r = 2^{1/2}L/4$ 、ダイヤモンド構造では $n = 8$ 、 $r = 3^{1/2}L/8$ である。

最終的には、表2のように単体を構成する原子1個の大きさを求めた。また、ケイ素の密度は 2.49 g cm^{-3} (2.3296)、格子定数は 0.532 nm (0.543)、半径は 0.115 nm (0.1123) となった。ただし、()内は文献値である。

2-2 ファラデー定数

「ファラデー定数から銅と銀の価数を求められるだろうか。」という課題を生徒に与え、導出方法や実験方法を自由に考えさせる授業を考案した。陰極と陽極の質量変化はそれぞれ

れ次のようになる。陰極： $\Delta m = \frac{It}{F} \cdot \frac{1}{n} \cdot M$ ， 陽極： $\Delta m' = -\Delta m$

硫酸銅(II)水溶液の場合，陽極の質量の減少量の絶対値から価数を求めることができた。硝酸銀水溶液の場合も同様に，陽極の質量変化の絶対値から価数を求めることができた。実験結果は表3のようになり，この結果から銅と銀の価数は，それぞれ2価，1価であることを示すことができた。

量的概念を扱う物理定数について，SI の定義改定および，学習指導要領で求められている「見方・考え方」に合うように開発した授業について紹介した。定義定数であるアボガドロ定数や電気素量に関する課題（問いかけ）を生徒に提示することで，彼らが導出方法や実験方法を自由に考え，格子定数や価数を求めることができることを示した。

表1 単体の密度 *) 銀電極（厚さ 0.285 mm）

物質		密度 $d/\text{g cm}^{-3}$		立方体の一辺 l /nm
		平均	標準偏差	
鉄釘		7.97	0.17	0.227
銅釘		8.56	0.37	0.231
銀板*)		10.65	0.02	0.256
1 mol 単体	アルミニウム	2.65	0.01	0.257
	鉄	7.80	0.07	0.228
	銅	8.94	0.05	0.228

表2 単体の格子定数と金属結合半径

単 位 格 子	物質	モル質量 M /g mol ⁻¹	密度 $d/\text{g cm}^{-3}$		格子定数 L/nm		金属結合半径 r/nm	
			実験値	文献値	実験値	文献値	実験値	文献値
体 心 立 方格子	鉄	55.85	7.97	7.874	0.286	0.2866	0.124	0.124
			7.80		0.288		0.125	
面 心 立 方格子	アルミニウム	26.98	2.65	2.6989	0.407	0.4050	0.144	0.143
	銅	63.55	8.56	8.96	0.367	0.3615	0.130	0.128
		8.94	0.361		0.128			

表3 金属塩水溶液の電気分解

金属塩水溶液	濃度 C /mol L ⁻¹	電流 I /A	時間 t /s	価数	
				平均	標準偏差
硫酸銅(II)水溶液	0.3	1.5	600	1.85	0.54
	0.1	0.1- 0.2	600	2.30	0.10
硝酸銀水溶液	0.1	0.05- 0.2	300- 1200	1.17	0.03

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 渡部智博, 齊藤太郎, 加藤天, 島野誠大
2. 発表標題 定義値としての定数を出発点として分かること アボガドロ定数と電気素量の場合
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

1 著者名 渡部智博, 島野誠大 2 論文標題 「量」が関わる理科の学習 3 雑誌名 教職研究 第36号, 立教大学 教職課程2021年3月, p.109- p.120. 掲載論文のDOI なし オープンアクセス https://rikkyo.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=20690&item_no=1&page_id=13&block_id=49

研究組織(研究協力者)

氏名	ローマ字氏名
----	--------