مقاله پژوهشی

پژوهش در آموزش شیمی، سال دوم، شماره چهارم، صفحات ۳۱-۳۹

پژوهش در آموزش شیمی

http://chemedu.cfu.ac.ir

کاربرد تلفن های هوشمند برای تعیین عدد آووگادرو درآزمایشگاه با استفاده از ضخامت تک لایه روغن (آزمایش بنجامین فرانکلین)

زهرا احمدآبادی [۱*]، مینا جامی الاحمدی [۲]

[۱و۲] گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، مشهد، ایران

چکیده

امروزه تلفن های همراه هوشمند و برنامه های کاربردی قابل نصب در آن نقشی مهمّ را در تسهیل فرآیند یاددهی – یادگیری ایفا می‌کنند. برخی از این نرم افزارها می توانند در انجام آزمایش ها و یا تحلیل نتایج آنها کمک زیادی نمایند. در این پژوهش، با استفاده از یک برنامه کاربردی تلفن همراه، پس از عکس گرفتن از سطح ظرفی که روغن بر روی آن پخش شده است، عدد آووگادرو، با تعیین ضخامت تک لایه اولئیک اسید، به دست می آید. این روش اندازه‌گیری عدد آووگادروو به وسیله تصویربرداری با تلفن همراه از لکه روغن و سپس محاسبه سطح آن توسط نرم افزار، نسبت به سایر روش‌های فیزیکی تعیین مساحت روغن(مانندکشیدن شکل بر روی شیشه و سپس کاغذ) در زمان کمتر و با دقت بیشتری ممکن می شود. با این روش مساحت تک لایه اولئیک اسید، به طور دقیق محاسبه می‌شود. در این روش، ضمن انجام آزمایش کلاسیک اندازه‌گیری عدد آووگادرو به روش شمارشی که برای درک عمیق دانشجویان از این ثابت فیزیکی مهم لازم و ضروری است، امکان افزایش دقت در محاسبات و کاهش مراحل اندازه‌گیری فراهم می‌شود.

کلیدواژه‌ها: عدد آووگادرو، اولئیک اسید، تک لایه، تلفن هوشمند

* نویسنده مسئول: (z_ahmadabadi@yahoo.com ✉)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۳

مقدّمه

عدد آووگادرو، یک ثابت فیزیکی بسیار مهم است که بسیاری از محاسبات شیمیایی به آن بستگی دارد و تعداد ذرّات موجود در یک مول از یک گونه شیمیایی، اتم، مولکول، یون، الکترون و ... را نشان می‌دهد. با وجود این‌که آمدئو آووگادرو[1] در سال ۱۸۱۱ میلادی نظریه معروف خود را مبنی بر این که حجم‌های مساوی از گازهای مختلف در دما و فشار یکسان، تعداد مولکول‌های برابر دارند؛ ارائه داد، مفهوم مول و تعداد ذرّات موجود در آن، سال‌ها پس از مرگ وی معرفی شد(فاکس[2]، ۲۰۰۷). جوزف لاشمیت[3]، در سال ۱۸۶۵ با استفاده از نظریه جدید جنبش مولکولی، تعداد مولکول‌های موجود در هر سانتی مترمکعب از ماده گازی شکل را در شرایط متعارفی دما و فشار محاسبه کرد و به عدد $۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}$ دست یافت (لاشمیت، ۱۹۹۵).

با این حال، عبارت "عدد آووگادرو" یا "ثابت آووگادرو"، نخستین بار در سال ۱۹۰۹ و در مقاله ای به نام «حرکت برآونی و واقعیت مولکولی» از سوی جین پرین[4] به کار رفت (جنسن[5]، ۲۰۰۷، ص.۲۲۳).

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری عدد آووگادرو مورد استفاده قرار گرفته و مقدار این ثابت فیزیکی، از اوایل قرن بیستم تا سال‌های اخیر تغییراتی داشته و دقیق‌تر شده‌است (جنسن،۲۰۱۰،ص.۱۳۰۲). جدیدترین مقدار برای عدد آووگادرو، توسط پراش پرتو ایکسی که در فاصله شبکه ای اکسیدها و نمک ها سنجیده می شود، به دست آمده است (فاکس، ۲۰۰۷). به هرحال، این ثابت فیزیکی در آزمایشگاه‌های شیمی عمومی دوره کاردانی و کارشناسی، به وسیله سنجش مساحت تک‌لایه ای از اولئیک اسید که روی سطح آب یک ظرف بزرگ پخش شده است، تعیین می‌شود (رزالز[6]،۲۰۰۳). برای اندازه‌گیری مساحت لایه روغن (اولئیک اسید)، شیشه بزرگی روی ظرف قرار داده شده و شکل ایجاد شده روی آب، بر روی شیشه رسم و سپس به کاغذی منتقل می‌شود و مساحت کاغذ از طریق وزن کردن قسمت بریده شده و مقایسه آن با وزن مساحت معینی

[1] Amedeo Avogadro
[2] Fox
[3] Joseph Loschmidt
[4] Jean Perrin
[5] Jensen
[6] Rosales

از کاغذ، تعیین می‌گردد (رزالز،۲۰۰۳؛ احمدآبادی،۱۳۹۱، ص.۳۵؛ جامی الاحمدی، ۱۳۹۸، ص۲۴؛ حبیبی، ۱۳۷۵،ص۶۰؛ گروه آموزش فیزیک دانشگاه چارلز[1] ،۲۰۱۹؛ کملب[2] ،۲۰۰۷).

در این پژوهش، با استفاده از یک برنامه کاربردی تلفن همراه، پس از عکس گرفتن از سطح ظرفی که روغن بر روی آن پخش شده است، مساحت تک لایه اولئیک اسید، به طور دقیق محاسبه می‌شود. در این روش، ضمن انجام آزمایش کلاسیک اندازه‌گیری عدد آووگادرو به روش شمارشی که برای درک عمیق دانشجویان از این ثابت فیزیکی مهم لازم و ضروری است، امکان افزایش دقت در محاسبات و کاهش مراحل اندازه‌گیری نسبت به روش های متداول یعنی رسم شکل پخش روغن و تعیین مساحت به روش وزنی یا محاسبه شکل هندسی فراهم می‌شود.

روش پژوهش

اولئیک اسید با خلوص ۹۵٪ تجارتی /دارویی، ساخت کشور مالزی و چگالی ۰/۸۹۳۵ گرم بر سانتی مکعب، هگزان با خلوص ۹۸٪ از شرکت فلوکا و پودر تالک ساخت مشترک هند و ایران با خلوص تجارتی /دارویی از موسسه تولیدی مبتکران شیمی، بدون خالص سازی بیشتر مورد استفاده قرار گرفت. برای تصویر برداری از سطح روغن بر روی آب، دوربین تلفن هوشمند گلگسی نوت ۸، بدون هیچگونه نرم افزار ویرایشگر عکس استفاده شد. نرم افزار محاسبه سطح اسکچ اند کالک[3]، محصول شرکت آیکالک[4] با نصب نسخه رایگان از کتابخانه نرم افزارگوگل پلی مورد استفاده قرار گرفت(ایکالک، ۲۰۲۰). تعیین عدد آووگادرو در این آزمایش با استفاده از روش کار " ضخامت تک لایه قطره روغن بنجامین فرانکلین" مطابق دستور کار شیمی عمومی ۱ تعدادی از مراجع انجام گرفته و با نتایج به دست آمده از آنها مقایسه شده است (احمدآبادی،۱۳۹۱،ص.۱۵؛ جامی الاحمدی، ۱۳۹۸ ،ص ۲۴؛ حبیبی، ۱۳۷۵،ص ۶۰؛ گروه آموزش فیزیک دانشگاه چارلز[5] ،۲۰۱۹؛ کملب ،۲۰۰۷). نسبت حجمی اولئیک اسید به هگزان، ۰/۵ میلی لیتر اولئیک اسید در ۱۰۰ میلی لیتر هگزان انتخاب شد و برای استاندارد کردن میکروپیپت، تعداد قطرات ۱ سانتی متر مکعب این مخلوط، شمارش شد. دهانه یک ظرف مناسب با خط‌کش ۰/۱ میلی متری برای تصحیح مساحت، اندازه‌گیری شده و سپس این

[1] Department of Physics Education Charles University
[2] Chemlab
[3] SketchAndCalc- Area Calculator- Images- maps
[4] iCalc
[5] Department of Physics Education Charles University

ظرف از آب لبریز و سطح آن با لبه‌ی جسم فلزی مسطح و نازکی صاف گردید تا هر گونه گرد و غبار از سطح آب زدوده شود. پودر تالک به صورت یکسان و یکنواخت، به آرامی بر روی سطح آب پاشیده شد. سپس یک قطره از محلول اولئیک اسید در هگزان بر روی سطح آب قرار داده شد؛ پس از مدت کوتاهی با تبخیر شدن هگزان، قطره روغن پخش شده و توسط گوشی تلفن همراه، تصویری از سطح لکه روغن و دهانه ظرف به شکل افقی و ثابت گرفته شد(شکل۱). این تصویر بدون هیچگونه ویرایشی به نرم افزار مساحت سنج اسکچ اند کالک منتقل شده و مساحت سطح روغن و ظرف به وسیله آن محاسبه گردید (شکل ۱).

بحث و نتایج

در این آزمایش اندازه طول زنجیر اولئیک اسید اندازگیری می‌شود و از طریق آن حجم مولکول اولئیک اسید و عدد آووگادرو محاسبه خواهد شد. برای این کار، یک قطره اولئیک اسید محلول در هگزان را روی سطح آب منتقل کرده و تک لایه مولکولی روغنِ حاصل با استفاده از دوربین تلفن هوشمند، عکسبرداری شد و سپس تصویر ذخیره شده در برنامه مساحت سنج بارگزاری و مساحت آن اندازگیری گردید. با فرض این که لایه به‌وجود آمده حداقل یک مولکول ضخامت دارد و با استفاده از ضخامت لایه و چگالی و جرم مولی اولئیک اسید، اندازه طول زنجیر اولئیک اسید محاسبه شد. در این آزمایش فرض شد مولکول اولئیک اسید مکعبی است، این فرض بر اساس تعدادی از مراجع که تعیین عدد آووگادرو را توسط اندازه گیری مساحت لکه روغن، ارائه کرده اند، انتخاب گردید (گروه آموزش فیزیک دانشگاه چارلز[1] ،۲۰۱۹؛ کملب ،۲۰۰۷) که نسبت به فرض شکلِ استوانه‌ای مولکول و ارتفاع آن ۴ برابر شعاع قاعده(احمدآبادی،۱۳۹۱،ص.۳۵؛ جامی الاحمدی،۱۳۹۸،ص.۲۴؛ حبیبی،۱۳۷۵،ص۶۰)، پاسخ نهایی، خطای کمتری دارد. برای استاندارد کردن میکروپیپت، $1\ cm^3$ آن معادل ۱۰۰ قطره به دست آمده است که شامل محلول ۰/۵ میلی لیتر اولئیک اسید در ۱۰۰ میلی لیتر هگزان است.

عدد آووگادرو (N_A) از تقسیم جرم مولی (M) به جرم یک مولکول اولئیک اسید (m) به دست می آید.

$$N_A = \frac{M}{m} \qquad \text{معادله ۱}$$

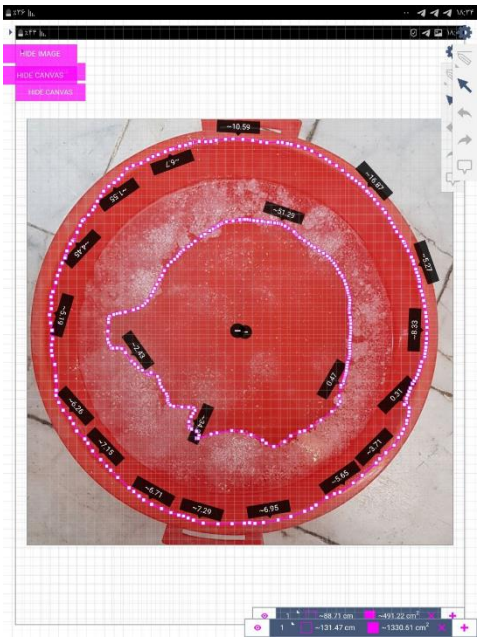
[1] Department of Physics Education Charles University

واضح است که در رابطه فوق برای به دست آوردن عدد آووگادرو باید جرم یک مولکول اولئیک اسید را تعیین می گردد. بدین منظور می توان نوشت:

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow m = dv \qquad \text{معادله ۲}$$

که v حجم یک مولکول اولئیک اسید است. بنابراین لازم است برای تعیین m مقدار v یعنی حجم یک مولکول اولئیک اسید به دست آید. با فرض شکلی مکعب برای مولکول اولئیک اسید می توان معادله ۳ را نوشت:

$$V_{\text{مولکول}} = a^3 \qquad \text{معادله ۳}$$



شکل ۱- مساحت روغن و دهانه ظرف محاسبه شده توسط نرم افزار مساحت سنج اسکچ اند کالک.

برای به دست آوردن حجم یک مولکول اولئیک اسید ، لازم است که a یعنی ضخامت لایه مولکولی با توجه به مساحت روغن (A)که بانرم افزار محاسبه شده(و آن را با توجه به مساحت دهانه ظرف واقعی و محاسبه، تصحیح شده)، تعیین گردد. بدین منظور معادله ۴ به صورت نوشته می شود :

$$V_{\text{قطره}} = A.a \implies a = \frac{V_{\text{قطره}}}{A}$$ معادله ۴

و عدد آووگادرو از رابطه ذیل با قرار دادن چگالی d و جرم مولی اولیئک اسید قابل محاسبه است:

$$\mathrm{N}_A = M \times \frac{1}{d} \times \frac{1}{V_{\text{مولکول}}}$$ معادله ۵

داده‌های این آزمایش در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱- داده های محاسبه شده و یا استخراج شده

چگالی یا وزن حجمی اولئیک اسید($g.ml^{-1}$)*	۰/۸۹۳۵
جرم مولی اولئیک اسید ($g.\,mol^{-1}$)*	۲۸۲/۴۶۲
غلظت اولئیک اسید (میلی لیتر در ۱۰۰ میلی لیتر هگزان)	۰/۵
مساحت تصحیح شده سطح روغن طبق محاسبه نرم افزار	۴۹۲/۴۶
حجم قطره حاوی محلول اولئیک اسید و هگزان(cm^3)	۰/۰۱

* (رامبل[1]، ۲۰۲۰، ص.۴۰۶-۳)

با استفاده از داده‌های جدول فوق و با فرض مکعبی بودن مولکول اولئیک اسید، به صورت ذیل محاسبه می گردد:

حجم اولئیک اسید در قطره محلول $= 0.01 \times 0.005 = 5 \times 10^{-5} cm^3$

ضخامت لایه روغن $= \frac{V_{\text{قطره}}}{A} \implies \frac{5 \times 10^{-5}}{492.46}\ cm = a$

با توجه به فرض شکل مکعبی برای مولکول اولئیک اسید:

$$V_{\text{مولکول}} = a^3 = (\frac{5 \times 10^{-5}}{492.46})^3\ cm^3$$

بنابراین جرم یک مولکول اولئیک اسید

$$\rightarrow m = d \times V_{\text{مولکول}} = 0.8935 \times \left(\frac{5\times10^{-5}}{492.46}\right)^3\ g$$

[1] Rumble

$$\text{عدد آووگادرو} \Longrightarrow \mathrm{N}_A = \frac{M}{m} = \frac{282.462}{0.8935 \times \left(\frac{5 \times 10^{-5}}{492.46}\right)^3} = 3.16 \times 10^{23}$$

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{(6.02 - 3.16) \times 10^{23}}{6.02 \times 10^{23}} * 100 = 45\%$$

اندازه‌گیری عدد آووگادرو با استفاده از روش حاضر و تصویر لکه روغن و محاسبه سطح با کمک نرم افزار مساحت سنج، 3.16×10^{23}، به دست آمد که در مقایسه با عدد میانگین روش‌های معمول تعیین سطح لایه روغن در آزمایشگاه (1.58×10^{23})، خطای کمتری را نشان می‌دهد. درصد خطای نسبی این آزمایش انجام شده به وسیلهٔ مساحت سنجی از تصویر لکه روغن با نرم افزار، ۴۵٪ به دست آمده است. همچنین، چون در این روش تعدادی از وسایل مورد نیاز، مانند شیشه و کاغذ بزرگ و نیز تعدادی از مراحل در آزمایش‌هایی که هم اکنون به این منظور در آزمایشگاه‌ها انجام می‌گیرد، حذف می‌شود، بنابراین، روشی سریع‌تر و مقرون به صرفه‌تر است.

این روش اندازگیری عدد آووگادروو به وسیله تصویربرداری با تلفن های همراه از لکه روغن و سپس محاسبه سطح آن توسط نرم افزار، نسبت به سایر روشهای فیزیکی تعیین مساحت روغن(مانندکشیدن شکل بر روی شیشه و سپس کاغذ) در زمان کمتر و با دقتی بیشتر ممکن می‌شود. استفاده از قلم نوری در مشخص کردن مرز سطوح، می‌تواند دقت سنجش مساحت به وسیلهٔ نرم افزار را بالاتر ببرد. استفاده از استئارئیک اسید حل شده در اکتان، نیز می تواند جایگزین سیستم اولئیک اسید و اکتان یا هگزان شده و طبق گزارش کورلینز ماینیهان[1] دقت اندازه‌گیری عدد آووگادرو به روش بنجامین فرانکلین را بهبود بخشد (ماینیهان، ۱۹۶۵، ص. ۷۷۹).

منابع

احمدآبادی زهرا (۱۳۹۱). *دستور کار آزمایشگاه شیمی عمومی ۱*. مشهد :دانشگاه فرهنگیان.

جامی الاحمدی مینا (۱۳۹۸). *دستور کار آزمایشگاه شیمی عمومی ۱*. مشهد: دانشگاه فرهنگیان.

حبیبی، زهره و کنوز، الهه و همکاران (۱۳۷۵). *روش‌های عملی آزمایشگاه‌های شیمی*. تهران: انتشارات شهر آب.

[1] Cornelius Moynihan

Fox Ronald F., Hill Theodore P. (2007). An Exact Value for Avogadro's Number, *American Scientist*. https://www.americanscientist.org. DOI: 10.1511/2007.64.104.

Loschmidt, J.(1995). On the Size of the Air Molecules, *Journal of Chemical Education* , 72(10) 870-875**.**

Jensen ,William B. (2007). How and When Did Avogadro's Name become Associated with Avogadro's Number?. *Journal of Chemical Education* , 84(2) 223-224.

Jensen William B., (2010) Why Has the Value of Avogadro's Constant Changed Over Time?. *Journal of Chemical Education ,87*, 1302.

Rosales-Coria, B. (2003). *Avogadro's Number* , Retrieved May 10, 2020, from https://www.lahc.edu/classes/chemistry/arias/Exp%203%20-%20AvogadroF11.pdf.

Department of Physics Education Charles University (2019) *Diameter of Oleic Acid* .Retried May 21, 2020, from http://physicstasks.eu/2079/diameter-of-oleic-acid-molecule.

Chemlab (2007). *Determination of Avogadro's number*, Retried May 2, 2020, from http://ikaisamba.wikidot.com/how-to-edit-pages.

iCalc (2020). *Area and Perimeter Calculation Application, Sketch And Calc*, Retrieved May 2, 2020, from Goole play .(https://www.sketchandcalc.com/).

Moynihan, Cornelius T., Goldwhite H. (1969). Avogadro's number from the volume of a monolayer. *Journal of Chemical Education 46* (11) 779-780.

Rumble, John R. (Editor-in-Chief). 2020. *CRC Handbook of Chemistry and Physics***.** 101st Edition. NY:CRC Press.

Research article

Research in Chemistry Education, Vol 2, No 4, 31-39

Research in Chemistry Education

http://chemedu.cfu.ac.ir

Using Smartphones to Determine Avogadro Number in the Laboratory By Oil Monolayer Thickness (Benjamin Franklin Experiment)

Zahra Ahmadabadi [1*], Mina Jami Alahmadi [2]

[1,2] *Department of Science, Farhangian University, Tehran, Iran*

Abstract

Nowadays, smartphones and their software play an important role in facilitating the teaching-learning process. Some of these softwires can help a lot in performing tests or analyzing their results. In this study, using a mobile application software, after taking a picture of the surface of the container on which the oil was spread, the Avogadro number was determined by determining the thickness of the oleic acid monolayer. This method of measuring the Avogadro number by imaging the oil stain with a mobile phone and then calculating its level by the software, compared to other physical methods of determining the oil area (such as drawing a shape on glass and then paper) in less time and more accurately is possible. This calculates the area of the oleic acid monolayer accurately. In this method, while performing the classical experiment of measuring Avogadro number by counting method, which is necessary for students' deep understanding of this important physical constant, it is possible to increase the accuracy of calculations and reduce the measurement steps.

Keywords: Avogadro number, oleic acid, monolayer, smartphone

[*]Corresponding Author: (✉ z_ahmadabadi@yahoo.com)