Research in Chemistry Education, Vol 7, No 7, 72-91

Research in Chemistry Education

https://chemedu.cfu.ac.ir

From colligative properties to Lake Urmia

Nika Nikrou Shaldehi [1,*], ***Ayoub Aalam*** [2], ***Alireza Sadroddin*** [3]

[1] *Head of Chemistry Group, Robat Karim Department of Education, Tehran, Iran*
[2] *Chemical expert, Robat Karim 9Dey research center, Tehran, Iran*
[3] *Head of Experimental Science Lab Group, Robat Karim Department of Education, Tehran, Iran*
[*] Corresponding author: (nikanikroo@yahoo.com)

ABSTRACT

Chemistry is a strange science that combines mathematics, biology, physics, geometry, astronomy, and probability. In other words, whether chemistry is nature or nature cannot be answered. We have read and heard many times that science should be put into practice, but how should this goal be achieved? The purpose of this research is to link science and nature, and then guide the interest and concern of students towards chemistry course. By designing a purposeful experiment, in this research, chemistry is put into practice in its real sense, and with the connection of science and nature as well as the experience of conducting research and experiments by students, their sense of concern and love for nature is strengthened, and their minds are directed towards practical ideas and creativity to solve the problems of the surrounding world. The research method is quasi-experimental and descriptive, in which the conditions of Lake Urmia and the water behind the dam are simulated for one month in a small laboratory scale. The results of this research show that after one month and measuring the remaining water in the samples under study, due to the colligative properties in Lake Urmia, the rate of evaporation of salt water is lower than that of tab water and pure water, and the ability of the lake to store water in it is higher than that of surface evaporation.

Keywords: Nature, purposeful experiment, concern, colligative, Lake Urmia.

RESEARCH ARTICLE

Received: 06 September 2024
Revised: 26 September 2024
Accepted: 17 October 2024
Published online: 17 October 2024
Print ISSN: 3041-9271
ISSN (Online): 2717-2279

Citation: Nikrou Shaldehi, N., Aalam, A., Sadroddin, A. (2025). From colligative properties to Lake Urmia. *Research in Chemistry Education*, *7*(1), 72-91.
https://doi.org/10.48310/chemedu.2024.17125.1263

© The author(s)
Publisher: Farhangian University

Extended Abstract

Introduction

The fact that chemistry is one of the five hardest disciplines in the world is not hidden from anyone. A teacher, by himself, needs many skills, and if the subject is chemistry, the teacher must come with special information and tricks. The science of chemistry is not considered a separate axis, but is a collection that is the product of the connection of different sciences and intermediate fields of knowledge. Chemistry is the right way to know life in a better way. Familiarity with chemistry and its applications can lead to its help in solving various life problems. Designing purposeful experiments and research helps the teacher to raise a concerned student. For example, in recent years, the drying up of Lake Urmia and efforts to restore it have been heard many times.

The drying up of the water of this beautiful natural attraction will cause many problems, such as the destruction of the flora and fauna of the region, climate change, etc. In this research, with a purposeful experiment and simulating the water of Lake Urmia, the amount of surface evaporation of lake water and comparing it with pure and urban water is investigated, and the link between the people and nature is well established while teaching scientific material.

Methodology

The present study is a semi-experimental descriptive research in terms of method. In the semi-experimental method, the researcher has less control over the variables and conditions, and usually this method is carried out in the environment related to nature. Because the conditions of this method are close to nature, its results are more generalizable than the experimental method, but it may have lower accuracy. In the descriptive research method, the situation is described; For example, the experience from research activities and students' conclusions from their observations is a kind of description of the existing situation, which aims to investigate issues through the process of data collection. In the present study, a type of time-based test design is examined.

Results and Discussion

When the name of chemistry is heard, the laboratory and strange chemicals occurs to mind; but chemistry and chemicals are not only limited to the laboratory and have occupied a large part of daily life. Students may care about environmental issues but do not have much knowledge in this field. Raising students' environmental awareness and inspiring them to take action aimed at protecting the delicate ecosystems that sustain nature. Lakes are one of the most important ecosystems on the planet and are considered large reservoirs for water storage. Lake Urmia is the largest super-saline lake in the world. This lake is a source of many salts and minerals such as sodium, potassium, calcium acetate, lithium, magnesium, chlorine, sulfate and bicarbonate. On average, 2.2 million tons of salt enter this lake every year, and the important and noteworthy point is related to the increase and concentration of its salt.

Even though Lake Urmia is one of the largest internal lakes in Iran, it is deteriorating due to climatic and human problems, and its drying as a national crisis can play an important role in creating natural and human problems and hazards, and if this lake dries up completely, the habitat and environmental health in this area will face serious problems. By designing and simulating interesting experiments in the dimensions of the experimental science laboratory, students can be introduced to the characteristics of this lake, one of which is its ability to store water.

Chemistry is a guide to discover the secrets of nature. By designing even a targeted experiment, the chemistry teacher can make the student concerned about the world around him and make him ask how to make a better world?! Isn't this the goal of educational excellence? In the following, a sample of research work with the concern of preserving the nature of our beloved Iran is presented for ideas.

Test materials: water, salt

Equipment required for the experiment: beaker, glass stirrer, graduated cylinder, gloves and lab coat.

500 ml of three water samples are prepared in three beakers:

- Salt water (supersaturated solution)
- Pure water (distilled)

- Municipal water

It should be noted that the reason for preparing the supersaturated solution is the fact that Lake Urmia is one of the salty lakes, whose salinity under normal conditions is at least 2.5 M sodium chloride or 15% salt. These samples are exposed to sunlight for a month and after a month, three samples of the water in the beaker are transferred to graduated cylinders to calculate the volume of water remaining. After four weeks (one month), the remaining water is as follows:

- Evaporation rate: city water > pure water > salt water
- Amount of remaining water: salty water > pure water > urban water
- Follow-up case: the cause of more evaporation of city water than pure water

The conclusions drawn from the reaction can be further investigated with artificial intelligence and training simulators, a full example of which is given in the main text of the article.

Colligative properties do not depend on the type and nature of dissolved particles in the solution. These properties show how the physical properties of a solvent or solution depend on the number of solute particles in it. Colligative properties are types of physical properties that are a subset of intensity properties. In other words, the colligative properties depend on the number of non-volatile soluble particles in the solution, but do not depend on the chemical properties of the particles. For a solution that contains non-volatile solvent and solute, the colligative properties are different in the state of solution and pure solvent. Due to the concentration of particles caused by salt dissolved in salty water (the same water simulator of Lake Urmia), this sample has a better resistance against surface evaporation caused by sunlight, and its evaporation rate is lower than the other two samples. According to the reported figures, by adding salt to water, due to its colligative properties, the evaporation of water will decrease and the salt will cover the water molecules like a blanket and prevent the water molecules from being removed from its surface.

The question may arise, why the evaporation of city water was more than pure water? It should be said that the solutes in city water can disrupt the hydrogen bonds between water molecules and accelerate the separation of water molecules against sunlight. It may appear that the intermolecular ion-dipole force is stronger than the hydrogen bond, so city water should not evaporate more than pure water. It should be noted that according to scientific sources and university books that we have read many times; The ion-dipole force is typically greater than the hydrogen bond (not always).

Figure 1 shows the result of the proposed experiment in the real laboratory after one month. The volume of remaining water in the three investigated samples is clear and comparable. The right side is special water, the middle is urban water, and the left side is salt water. Since humans are all selected 500 ml, it is easy to compare them in the presented image.

Fig. 1- Actual samples after one month

It is suggested that the teacher should not conduct this experiment himself and give this opportunity for the students to find the result by themselves and get familiar with the research work. If the students themselves discover the result, their desire to use chemistry in real life experiences will be strengthened in them. The teacher can prepare an agenda for the students and get the results (by recording documents such as photos and reports) from them. Research work can be done individually or in groups.

Conclusions

There are many innovative solutions for the chemistry teacher to connect students with nature and make them care about its preservation. By designing targeted experiments, it is possible to create a link between chemistry and nature and educate concerned students. Observing laboratory experience increases the potential for learning. This laboratory experience can be the design of an experiment to investigate the colligative properties in the simulation of the water of Urmia Lake, which is an important source of this lake in the climate of the country, which has been a concern in the environmental debate for several years. Colligative properties depend on the concentration of soluble particles in the solution. Due to the concentration of particles caused by salt dissolved in salt water, the rate of evaporation of water in it is lower, and the ability of Lake Urmia to hold water is more than city water and pure water.

پژوهش در آموزش شیمی، سال هفتم، شماره اول، صفحات ۹۱-۷۲

پژوهش در آموزش شیمی
https://chemedu.cfu.ac.ir

از خواص کولیگاتیو تا دریاچه ارومیه

نیکا نیکرو شالدهی [۱،*]، ایوب اعلم [۲]، علیرضا صدرالدین [۳]

[۱] سرگروه شیمی، اداره آموزش و پرورش شهرستان رباط‌کریم، تهران، ایران
[۲] کارشناس شیمی، پژوهش‌سرا ۹دی شهرستان رباط‌کریم، تهران، ایران
[۳] سرگروه آزمایشگاه علوم تجربی، اداره آموزش و پرورش شهرستان رباط‌کریم، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: (nikanikroo@yahoo.com)

چکیده

پیشینه و اهداف: شیمی، علم عجیبی است که از ریاضی و زیست و فیزیک، تا هندسه و نجوم و احتمال در آن گرد آمده‌اند. به سخن دیگر اینکه شیمی همان طبیعت است یا طبیعت همان شیمی قابل پاسخ‌دهی نیست. بارها خوانده‌ایم و شنیده‌ایم که علم باید عملی شود اما چگونه باید به این هدف دست پیدا کرد؟ هدف این پژوهش پیوند علم و طبیعت و به دنبال آن علاقه‌مندی و دغدغه‌مند دانش‌آموزان نسبت به درس شیمی می‌باشد. در این پژوهش با طراحی یک آزمایش هدفمند، علم شیمی به معنای واقعی عملی می‌شود و با پیوند علم و طبیعت، علاوه بر تجربه انجام کار پژوهشی و آزمایشی توسط دانش‌آموزان، حس دغدغه‌مندی و طبیعت‌دوستی آنان تقویت‌شده و ذهن آن‌ها در جهت ایده‌های کاربردی و خلاق برای حل مسائل جهان اطراف آماده خواهد شد. **روش‌ها:** روش پژوهش از نوع نیمه آزمایشی و توصیفی است که در این پژوهش شرایط دریاچه ارومیه و آب پشت سد به مدت یک ماه در مقیاس کوچک آزمایشگاهی شبیه‌سازی می‌شود. **یافته ها و نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که پس از گذشت یک ماه و اندازه‌گیری آب باقی‌مانده در نمونه‌های مورد بررسی، به علت خواص کولیگاتیو در دریاچه ارومیه، میزان تبخیر آب شور نسبت به آب شهری و آب خالص کمتر می‌باشد و توانایی دریاچه در نگهداری آب در برابر تبخیر سطحی بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: طبیعت، آزمایش هدفمند، دغدغه‌مندی، کولیگاتیو، دریاچه ارومیه.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۶
تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۷/۲۶
شاپا چاپی: ۹۲۷۱-۳۰۴۱
شاپا الکترونیکی: ۲۲۷۹-۲۷۱۷

ارجاع: نیکرو شالدهی، نیکا؛ اعلم، ایوب؛ صدرالدین، علیرضا (۱۴۰۴). از خواص کولیگاتیو تا دریاچه ارومیه. پژوهش در آموزش شیمی، ۷(۱)، ۹۱-۷۲.

https://doi.org/10.48310/chemedu.2024.17125.1263

© نویسندگان.
ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

این حقیقت که شیمی جزو پنج رشته سخت جهان است، بر کسی پوشیده نیست. معلمی به خودی خود مهارت‌های زیادی نیاز دارد که اگر درس مورد تدریس شیمی هم باشد معلم باید با معلومات و ترفندهای ویژه‌ای حاضر شود. آیا از همان ابتدا به دانش‌آموزان گفته نمی‌شود که شیمی علم زندگی است؟ خوب این دانش‌آموز باید بداند که چرا شیمی علم زندگی است یا حتی چگونه از علومی که می‌آموزد باید در زندگی استفاد کند. علم شیمی یک محور مجزا به حساب نمی‌آید بلکه مجموعه‌ای است که محصول پیوند علوم و میان‌رشته‌های مختلف دانش می‌باشد.

شیمی در سرتاسر زندگی روزمره وجود دارد. بدون شیمی، زندگی امکان‌پذیر نیست. بنابراین شیمی راه مناسبی برای شناخت زندگی به روشی بهتر است. شیمی بخش مهمی از زندگی روزمره ماست چراکه ما هر روز را با شیمی آغاز می‌کنیم و در هر چیزی که می‌توانیم ببینیم یا لمس کنیم، آن را می‌توان یافت (بهروان و کجباف والا، ۱۴۰۰). شیمی از کاربردی‌ترین علوم تجربی است که در زندگی روزمره به طور مستقیم با آن مواجه هستیم. به جرات می‌توان گفت کسی نیست که در محیط اطرافش با محصولات و کاربردهای شیمی در ارتباط نباشد. آب و غذایی که می‌خوریم هم محتاج علم شیمی است. آشنایی با شیمی و کاربردهای آن می‌تواند منجر به کمک گرفتن از آن در حل مشکلات مختلف زندگی شود. یکی از بهترین روش‌های آشنایی با علم شیمی و کاربرد آن، پژوهش‌های تجربی و آزمایش‌های مختلف است. طراحی آزمایش‌های هدفمند و پژوهشی به دبیر کمک می‌کند تا دانش‌آموزانش را به درس علاقه‌مند کند و نتیجه کار به همین جا خلاصه نمی‌شود؛ اگر آزمایش انتخابی دبیر با طبیعت ارتباط داشته باشد، می‌تواند دانش‌آموزی دغدغه‌مند تربیت کند. دانش‌آموزی که دوست دارد برای ساخت دنیایی زیباتر گام بردارد. معلم شیمی می‌تواند دانش‌آموزانش را نسبت به حفظ طبیعت کشور عزیزمان ایران دغدغه‌مند کند؛ برای مثال در سال‌های اخیر، خشک‌شدن آب دریاچه ارومیه و تلاش در جهت احیای آن بارها و بارها به گوش رسیده است.

خشک شدن آب این جاذبه طبیعی زیبا مشکلات زیادی مثل نابودی پوشش گیاهی و جانوری منطقه، تغییرات اقلیمی و غیره پدید خواهد آورد (فنی، ۱۴۰۲). یک دبیر علاقه‌مند به میهن و طبیعت آن چه نقشی در راستای ساخت دنیایی بهتر می‌تواند داشته باشد؟

در این پژوهش با یک آزمایش هدفمند و شبیه‌سازی آب دریاچه ارومیه، میزان تبخیر سطحی آب دریاچه و مقایسه آن با آب خالص و شهری مورد بررسی قرار می‌گیرد و پیوند بین فرد و طبیعت ضمن تدریس مطالب علمی به خوبی برقرار می‌شود.

پیشینه پژوهش

ارتباط پیوسته با طبیعت برای رشد یک ضرورت انکارناپذیر است و نقش پررنگ مدرسه در تداوم پیوند با طبیعت و تأثیر آن در بزرگسالی متمرکز می‌شود. مدرسه می‌تواند برای هوشمندترکردن جامعه، ارتقا و بهترشدن آن و حفاظت از طبیعت گام بردارد. مدارس می‌توانند به دانش‌آموزان کمک کنند به‌جای آنکه نسبت به زمین بی‌اعتنا باشند، به آن عشق بورزند (سوبل، ۱۴۰۱). آموزش علوم پایه بهتر است در فضایی انجام گیرد که معلمان و دانش‌آموزان را به همان اندازه که نیاز است به ارتباط نزدیک بین آنچه در کلاس می‌آموزند و آنچه در زندگی روزمره آن‌ها رخ می‌دهد، نزدیک کند. به این ترتیب، علوم پایه برای دانش‌آموزان جالب‌تر، مرتبط‌تر و قابل درک‌تر می‌شود، می‌تواند موجب پیشرفت استدلال، پیش‌بینی مبتنی بر شواهد عینی، تصمیم‌گیری منطقی، حل مسئله و تقویت مهارت‌های تفکر در دانش‌آموزان شود. از این‌رو، انجام فعالیت‌های یادشده، فرد را قادر می‌سازد تا علوم پایه را در ارتباط با زندگی روزمره خود بیاموزد تا بتواند از دانش علمی و مهارت‌های کسب شده برای حل مشکلات زندگی روزمره خود استفاده کند (رسول عبدالله میرزائی، ۱۳۹۹). علوم تجربی بخش مهمی از علوم پایه هستند که بر انجام آزمایش‌های تجربی استوار می‌باشند. در بین علوم تجربی، علم زیبای شیمی هواره با آزمایش تداعی می‌شود؛ اما واقعیت این است که شیمی فراتر از آزمایش‌ها است شیمی همان علم زندگی است!

شیمی، با مفاهیمی نظیر محصولات، صنعت، اشتغال، تجارت، پیشرفت، محیط‌زیست و خطرات زیست محیطی همراه است بنابراین در حیات اجتماعی و اقتصادی جوامع نقش کلیدی دارند و شیمی می‌تواند اثرهای مستقیم روی محیط‌زیست و انسان داشته باشد (بداغی فرد، ۱۳۹۴). چقدر حیف است که به چنین موضوعاتی در برنامه درسی توجه کافی نشده است. چقدر حیف است که دانش‌آموزان ما وقتی به اطراف خود نگاه می‌کنند، فقط تعدادی رنگ و اشیاء می‌بینند.

امروزه پژوهش‌های زیادی در مورد اصلاح برنامه درسی شیمی در سراسر دنیا مطرح می‌شود که به آموزش شیمی در زمینه مسائل دنیای واقعی اشاره دارد و راهی برای افزایش انگیزه دانش‌آموزان می‌باشد. جالب است که تعدادی از پژوهشگران پیشنهاد داده‌اند که واحدی به عنوان شیمی محیط‌زیست[1]، در آموزش شیمی گنجانده شود. این نوع واحدهای درسی بر تغییر نگرش و ادراک دانش‌آموزان نسبت به شیمی و مسائل زیست محیطی اثر می‌گذارد و آگاهی دانش‌آموزان را در مورد مسائل زیست محیطی افزایش می‌دهد؛ همچنین نسبت به یادگیری درس شیمی تشویق می‌شوند و از اینکه می‌توانند چالش‌های درسی مربوط به طبیعت را کشف کنند، انگیزه پیدا می‌کنند. واضح است که

[1] Environmental chemistry

این واحد با یادگیری شیمی و همچنین زندگی شخصی آن‌ها هم مرتبط است و پژوهشگران بر این باورند که چنین برنامه‌هایی ممکن است آموزش را برای توسعه پایدار را ارتقا دهد (ماندلر[1] و همکاران، ۲۰۱۲). از دست دادن تماس با طبیعت در سال‌های اخیر به یک نگرانی جدی تبدیل شده است؛ نه تنها به این دلیل که سلامت جسمی دانش‌آموزان را کاهش می‌دهد، بلکه بی‌علاقگی نسبت به محیط‌های طبیعی را هم ایجاد می‌کند (سِنگ و وانگ[2]، ۲۰۲۰).

وقتی نام شیمی به گوش می‌خورد، یاد آزمایشگاه و مواد شیمیایی عجیب و غریب می‌افتیم؛ اما شیمی و مواد شیمیایی تنها به آزمایشگاه خلاصه نمی‌شوند و بخش بزرگی از زندگی روزمره را به خود اختصاص داده‌اند. تمام فعالیت‌های روزانه توسط فرایندهای مختلف شیمیایی هدایت می‌شوند که نه تنها مضر نمی‌باشند، بلکه در زندگی انسان نقش ویژه‌ای دارد (بررسی ۱۱ کاربرد، ۱۴۰۲). پس بین زندگی و شیمی ارتباط تنگاتنگ و مهمی برقرار است. هدف‌های والای آموزشی و تربیت انسان‌های درست و مفید، آرزوی هر معلم است. انسان‌هایی دغدغه‌مند که برای فردایی بهتر گام بردارند.

انسان‌های مسئولیت‌پذیر و دغدغه‌مند در انجام کارهای خود و وظایف محول‌شده به آن‌ها حساسیت و دقت بیشتری به کار می‌برند و در پایان نیز نتایج بهتری را به دست می‌آورند. مسئولیت‌پذیری باید ابتدا در خانواده و توسط والدین به کودکان آموزش داده شود و پس از آن در مدارس به وسیله معلمان و با روش‌های نوین آموزشی، به دانش-آموزانی مسئولیت‌پذیر و دغدغه‌مند تبدیل شوند (بهزادی، ۱۴۰۱). برای یک دبیر شیمی روش‌های نوین زیادی وجود دارد که یکی از بهترین آن‌ها روش‌های فعال و استفاده از آزمایش‌های هدفمند است. آزمایش هدفمند مفهوم پیچیده و عجیب غریبی نیست بلکه طراحی آزمایش‌های ساده با کمی خلاقیت هم می‌تواند آزمایشی هدفمند و جدید خلق کند.

جایگاه کار آزمایشی در آزمایشگاه‌ها همواره در تمامی مقاطع تحصیلی به ویژه برای درس شیمی از جایگاه بالایی برخوردار بوده است. آزمایش‌های تجربی نیاز به طراحی، بازنگری و روشن شدن اهداف دارد تا مهارت‌ساز باشد. بررسی‌های قبل از آزمایش به‌شدت مهم است. دیدن تجربه آزمایشگاهی، پتانسیل یادگیری را افزایش می‌دهد. اگر تجربیات آزمایشگاهی با استفاده از آزمایش‌های مناسب انجام شوند، می‌توانند به دستاوردهای مفیدی برای دانش‌آموزان تبدیل شوند (رِید و شا[3]، ۲۰۰۷). آزمایش شیمیایی ابزار مناسبی است که علاوه بر نمایش عناصر طبیعت، امکان توسعه تفکر علمی یا سواد علمی را فراهم می‌کند. مدارسی که برنامه‌های درسی آن‌ها علوم یا شیمی محور است، به طور طبیعی به تجربه و محیط نزدیک می‌شوند. آموزش شیمی از بسیاری جهات شبیه به آموزش فهم جهان است

[1] Mandler
[2] Tseng & wang
[3] Reid & Shah

(راسِک و همکاران، ۲۰۲۰). انگیزش و هیجان مهم‌ترین عامل رفتارهای گوناگون و درحقیقت نیروی محرک فعالیت‌های انسان وعامل جهت دهنده است. انگیزه و هیجان از جمله ابعاد شخصیتی دانش‌آموز هستند که در سراسر فرایند یادگیری و پیشرفت تحصیلی آن‌ها نقش دارند. علم شیمی دارای فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی فراوان بوده که اکثر آنها برای فراگیران جذاب و شگفت انگیز می‌باشد معلمان شیمی می‌توانند با طراحی آزمایش‌های جذاب و هیجانی یادگیری مفاهیم شیمی را در دانش‌آموزان تسهیل نمایند (هدایتی و جمهری، ۱۳۹۲).

اگر یک دبیر شیمی بتواند مفاهیم درسی شیمی را با انجام آزمایش به چالش بکشد؛ حق مطلب را تا حد والایی ادا کرده است. در نظر دانش‌آموزان، چنین دبیرانی، فقط دبیر شیمی نیستند بلکه شیمی‌دان هستند. آزمایش باید پژوهش محور و هدفمند باشد یعنی در ذهن دانش‌آموز سوالاتی همچون چه شد؟ را پدید آورد. آزمایش پژوهش محور، روشی دانش‌آموز محور است که معلم کمک می‌کند تا دانش‌آموزان پس از بحث و تبادل‌نظر، به نتیجه درست برسند و خودشان مفهوم درسی مدنظر را نتیجه‌گیری کنند (نیکرو شالدهی، ۱۴۰۲). تاکنون مدل‌های زیادی برای این نوع از آزمایش‌های هدفمند ارائه شده است. آزمایش‌های هدفمند را می‌توان همسو با مدل FCE[1] درنظر گرفت. مدل FCE (آزمایش شیمی مبتنی بر میدان)، برای پرورش توانایی‌ها در آموزش مربوط به آزمایش‌های شیمی در کلاس‌های متوسطه ایجاد شد. مدل FCE با استفاده از یادگیری معکوس و یادگیری مشارکتی، نقش مربی را به حداقل می‌رساند و دانش‌آموزان را قادر می‌سازد تا محتوای درس را خودشان با کندوکاو و بحث کردن پیدا کنند (بائه[2] و همکاران، ۲۰۲۱).

دانش‌آموزان ممکن است نسبت به مسائل زیست‌محیطی اهمیت قائل باشند اما آگاهی زیادی در این زمینه نداشته باشند. در کل بچه‌هایی که نگرش مطلوب‌تری نسبت به محیط از خود نشان می‌دهند و به ارتباط علم و طبیعت علاقه بیشتری دارند، آگاهی بیشتری نسبت به طبیعت دارند (ثاپا[3]، ۲۰۱۰). فعالیت‌های مبتنی بر طبیعت توسط معلم، با احساسات مثبت دانش‌آموزان رابطه دارد و باعث احساستی همچون احساس آرامش و افزایش یادگیری می‌شود (ژانگ[4] و همکاران، ۲۰۲۲). آگاهی زیست‌محیطی دانش‌آموزان و الهام بخشیدن به آن‌ها باعث اقداماتی با هدف حفاظت از اکوسیستم‌های ظریفی که طبیعت را حفظ می‌کنند، می‌شود. انسان‌ها اثر قابل‌توجهی بر سایر اجزای طبیعت دارند و ارتباط انسان و طبیعت، دنیایی را می‌سازد که ممکن است بر نگرش‌ها و رفتار دانش‌آموزان تأثیر بگذارد (ما[5]، ۲۰۲۴).

[1] Field-based Chemistry Experiment
[2] Bae
[3] Thapa
[4] Zhang
[5] Ma

دریاچه‌ها یکی از با اهمیت‌ترین اکوسیستم‌های کره زمین هستند و مخازن بزرگی برای ذخیره آب محسوب می‌شوند. دریاچه ارومیه یکی از ثروتمندترین پارک‌های ملی و جذاب‌ترین زیستگاه طبیعی حیوانات بوده است (قادری، ۱۴۰۱). دریاچه ارومیه بزرگترین دریاچه فوق شور در جهان است که یک حوضه بسته درون قاره‌ای مستقل محسوب می‌شود. نوع ترکیبات شیمیایی آن، بیشتر از نوع کلر دار و سولفات دار می‌باشد که این ترکیبات به دلیل تأثیر از ترکیبات سنگ‌های سازنده زمین‌های پیرامون دریاچه و حوضه آبریز است (درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۹۴). دریاچه ارومیه با حدود شش هزار کیلومتر مربع در شمال غربی کشور واقع شده است که جزء یکی از دریاچه‌های بزرگ دنیا از لحاظ مساحت و یکی از دریاچه‌های فوق اشباع دنیا از نظر میران نمک می‌باشد. همچنین این دریاچه منبع املاح و مواد معدنی متعددی نظیر سدیم، پتاسیم، کلسیم استات، لیتیم، منیزیم، کلر، سولفات و بی‌کربنات می‌باشد که سالیانه به طور متوسط ۲/۲ میلیون تن نمک وارد این دریاچه می‌شود و نکته مهم و قابل ذکر مربوط به افزایش و تجمیع نمک آن می‌شود؛ از طرف دیگر تبخیر همین میزان آب شیرین از دریاچه باعث می‌گردد که منحنی تجمعی میزان نمک‌های باقیمانده در دریاچه صعودی باشد. نمک دریاچه ارومیه از لحاظ اقتصادی برای استان هم اهمیت خاصی دارد و می‌تواند ارزآوری خوبی به ارمغان بیاورد؛ بیشترین مصرف نمک خشک دریاچه ارومیه در موارد صنعتی و به صورت مستقیم و غیرمستقیم در تامین مواد اولیه کارخانجات مختلف از جمله صنایع شیشه، صنایع تولید اسید و بصورت غیر مستقیم در صنایع تولید شوینده استفاده می‌شود (نمک دریاچه ارومیه، ۱۳۹۸). دریاچه ارومیه با اینکه یکی از بزرگترین دریاچه‌های داخلی ایران است، اما به دلیل مشکلات اقلیمی و انسانی، رو به زوال است که می‌توان به خشکسالی‌های اخیر که سبب کاهش بارندگی و افزایش تبخیر می شود، اشاره کرد (دهقان و همکاران، ۱۳۹۴). تغییرات آب و هوایی و گرم‌شدن زمین از جمله مهمترین مشکلات انسان در چند دهه اخیر به حساب می‌آید. به‌طوری‌که این تغییرات به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر زندگی انسان تاثیر زیادی گذاشته است. بحران‌های زیست-محیطی موجود در ایران از جمله کمبود بارش، خشک شدن رودها، تالاب‌ها و دریاچه‌ها باعث بروز مخاطرات و آسیب-پذیری طبیعی و انسانی شده است. در این میان خشک شدن دریاچه ارومیه به‌عنوان یک بحران ملی می‌تواند در ایجاد مشکلات و مخاطرات طبیعی و انسانی نقش مهمی را بازی کند. با توجه به سکونت بیش از ۳ میلیون نفر در پیرامون دریاچه ارومیه، وجود باغات، زمین‌های کشاورزی و گونه‌های متنوع جانوری و گیاهی، در صورت خشکی کامل این دریاچه سکونت و سلامت محیط‌زیست در این ناحیه با مشکلات جدی مواجه می‌شود (فنی، ۱۴۰۲). با طراحی و شبیه‌سازی آزمایش‌های جالب در ابعاد آزمایشگاه علوم تجربی، می‌توان دانش‌آموزان را با ویژگی‌های این دریاچه آشنا کرد که یکی از آن‌ها توانایی آن در نگهداری آب است.

روش پژوهش

روش پژوهش انتخابی از نوع نیمه آزمایشی و توصیفی می‌باشد. در روش نیمه آزمایشی، پژوهشگر کنترل کمتری بر روی متغیرها و شرایط دارد و به طور معمول این روش در محیط مرتبط با طبیعت انجام می‌شود. به دلیل اینکه شرایط انجام این روش به طبیعت نزدیک است نتایج آن نسبت به روش آزمایشی قابلیت تعمیم بیشتری دارد اما ممکن است دقت پایین‌تری داشته باشد. در روش پژوهش توصیفی، توصیف وضعیت صورت می‌گیرد؛ برای مثال تجربه کار پژوهشی و نتیجه‌گیری دانش‌آموزان از مشاهدات خود، نوعی توصیف وضع موجود است که هدف آن بررسی مسائل از طریق فرآیند جمع آوری داده‌ها می‌باشد. در ادامه نوعی از طراحی آزمایش مبتنی بر زمان بررسی می‌شود (تان[1]، ۲۰۲۲).

یافته‌ها

شاید بتوان گفت که در مجموعه علائم نگارشی، انسان مثل علامت سوال است. این علامت سوال کودکی سمج است که وقتی موفق به کشف پاسخ می‌شود؛ شوق آموختن در وجودش شعله‌ور شده و آنگاه است که دوست دارد جهان را با کشف‌هایش بپیماید. خالی از لطف نیست اگر بگوییم شیمی، راهنمای کشف اسرار طبیعت است. معلم شیمی با طراحی حتی یک آزمایش هدفمند می‌تواند دانش‌آموز را نسبت به جهان اطرافش دغدغه‌مند کرده و کاری کند که او بپرسد چگونه جهانی بهتر بسازم؟! آیا این همان هدف تعالی آموزشی نیست؟ در ادامه یک نمونه کار پژوهشی با دغدغه حفظ طبیعت ایران عزیزمان جهت ایده ارائه شده است. توجه شود که به منظور بررسی آسان‌تر، آزمایش ضمن یک پوستر طراحی گردیده است.

مواد مورد نیاز آزمایش: آب، نمک

وسایل مورد نیاز آزمایش: بشر، هم‌زن شیشه‌ای، استوانه مدرج، دستکش و روپوش آزمایشگاه (ملزومات)

طبق شکل یک، ۵۰۰ میلی لیتر از سه نمونه آب در سه بشر تهیه می‌شود:

- آب شور (محلول فوق اشباع)
- آب خالص (مقطر)
- آب شهری

توجه شود که علت درست کردن محلول فوق اشباع از این جهت است که دریاچه ارومیه از دریاچه‌های پرنمک است که میزان شور بودن آن در شرایط عادی حداقل ۲/۵ مولار سدیم کلرید یا ۱۵ درصد نمک است و یکی از

[1] Tan

ویژگی‌های منحصر به فرد این دریاچه دائمی بودن آن است. در دنیا تنها دو دریاچه شور دائمی مشابه دریاچه ارومیه با عناوین بحرالمیت و دریاچه نمک[1] در آمریکا وجود دارد. این دریاچه‌ها از لحاظ توریستی اهمیت دارند چرا که به دلیل بالا بودن میزان شوری نیاز به شنا ندارد و افراد به راحتی بر سطح آب باقی می مانند (آموزگار، ۱۳۸۹).

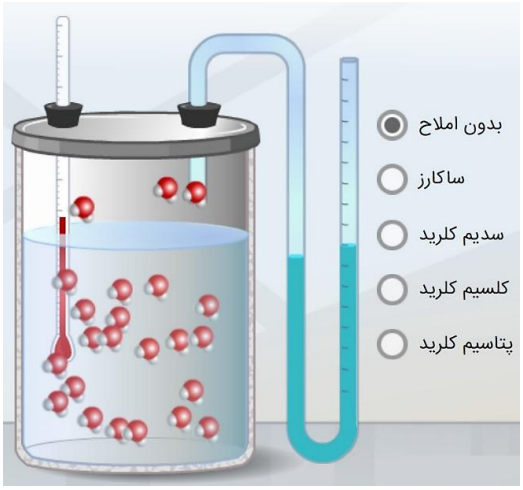
این نمونه‌ها به مدت یک ماه در مقابل نور خورشید قرار داده می‌شوند و پس از یک ماه، سه نمونه آب داخل بشر به استوانه‌های مدرج منتقل می‌شود تا حجم آب باقی‌مانده محاسبه شود. پس از گذشت چهار هفته (یک ماه)، آب باقی‌مانده به شرح زیر است:

- آب شور: $\frac{335}{500}$ (میزان تبخیر آب = ۱۶۵ میلی لیتر)
- آب خالص: $\frac{90}{500}$ (میزان تبخیر آب = ۴۱۰ میلی لیتر)
- آب شهری: $\frac{30}{500}$ (میزان تبخیر آب = ۴۷۰ میلی لیتر)
- میزان تبخیرآب: آب شهری < آب خالص < آب شور
- میزان آب باقی‌مانده: آب شور < آب خالص < آب شهری
- مورد قابل پیگیری: علت تبخیر بیشتر آب شهری از آب خالص

نتیجه‌گیری حاصل از واکنش را می‌توان با هوش مصنوعی و شبیه‌سازهای آموزشی، دقیق‌تر بررسی کرد (نیکرو شالدهی، ۱۴۰۰). در شکل دو، آب بدون املاح در دمای پیش‌فرض ۳۵ درجه سانتی گراد قرار دارد. همانطور که مشاهده می‌کنید تعداد مولکول‌های آب شبیه‌سازی شده ۲۳ عدد می‌باشد که در این شکل، به طور تخمینی ۰/۱۳ مولکول‌ها تبخیر می‌شود (۳ مولکول از ۲۳ مولکول).

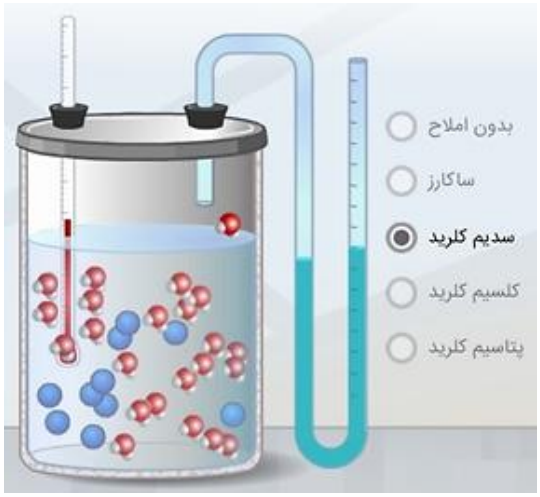
[1] Great salt lake

شکل ۱- پوستر توضیحات آزمایش



شکل ۲- شبیه‌ساز آب بدون املاح

در شکل سه، آب شور درست می‌کنیم و به ظرف آب، نمک خوراکی (NaCl) اضافه می‌کنیم تا شرایط دریاچه شبیه‌سازی شود. دمای پیش‌فرض همان ۳۵ درجه سانتی گراد است (دما ثابت است). همانطور که مشاهده می‌کنید تعداد مولکول‌های آب شور شبیه‌سازی شده ۲۳ عدد می‌باشد که در این شکل، به طور تخمینی ۰/۰۴ مولکول‌ها تبخیر می‌شود (۱ مولکول از ۲۳ مولکول).



شکل ۳- شبیه‌ساز آب و نمک

در کل خواص یک محلول نسبت به خواص حلال یا حل شونده خالص تفاوت دارد. بیشتر خواص محلول به ماهیت شیمیایی حل‌شونده بستگی دارد. از طرفی دیگر، بعضی دیگر از این خواص، مستقل از ماهیت آن‌ها است. خصوصیات فیزیکی محلول به دو دسته خواص شدتی و خواص مقداری تقسیم بندی می‌شود. خواصی از محلول که به اندازه یا مقدار ماده موجود در نمونه یا سیستم بستگی ندارند، خواصی شدتی هستند؛ برای مثال، دما، چگالی، سختی، نقطه ذوب، نقطه جوش و فشار بخار. خواصی از محلول که به اندازه یا مقدار ماده موجود در نمونه بستگی دارند، خواص مقداری محلول می‌باشند؛ برای مثال جرم، حجم، انرژی و غلظت.

خواص کولیگاتیو به نوع و ماهیت ذرات حل‌شونده در محلول بستگی ندارند. این خواص نشان می‌دهند که چگونه خواص فیزیکی یک حلال یا محلول به تعداد ذرات حل‌شونده موجود در آن بستگی دارد (نیکرو شالدهی، ۱۴۰۰). خواص کولیگاتیو، نوعی از خواص فیزیکی هستند که زیر مجموعه‌ای از خواص شدتی می‌باشند.

شاید کم گیج‌کننده باشد که چرا خواص کولیگاتیو با اینکه خودشان به تعداد ذرات حل‌شده وابسته هستند اما زیرمجموعه خواص شدتی‌اند؟ این تناقض ظاهری را می‌توان اینگونه توضیح داد که خواص کولیگاتیو، خودشان به مقدار

ماده محلول یا حلال بستگی ندارد اما چون به غلظت که یک خاصیت مقداری است وابسته هستند پس به ناچار با تعداد ذرات سروکار پیدا می‌کنند. نکته مهم این است که بدانیم خواص کولیگاتیو، وابسته به غلظت است.

به سخن دیگر اینکه، خواص کولیگاتیو به تعداد ذره‌های حل‌شونده غیرفرار موجود در محلول بستگی دارد ولی به خواص شیمیایی ذره‌های موجود بستگی ندارد. برای یک محلول که شامل حلال و حل‌شوند غیرفرار باشد، خواص کولیگاتیو در حالت محلول و حلال خالص متفاوت می‌باشد. حل‌شونده غیرفرار به ماده‌ای گفته می‌شود که نقطه جوش آن بالاتر از نقطه جوش حلال مربوطه باشد و در دمای اتاق، فشار بخار بسیار ناچیزی داشته باشد. این گونه مواد می‌توانند جامد (مانند انواع نمک‌ها) یا مایع‌هایی با نقطه جوش بالا باشند. هرچه تعداد مولکول‌های حلال در سطح محلول کمتر باشد باید مولکول‌های آب از قسمت‌های زیرین محلول (که انرژی کمتری دارند) به سطح بیایند و پس از تبخیر شدن به هوای روی سطح محلول بپیوندند و چون این مولکول‌ها انرژی کمتری دارند، برای تبخیر آن‌ها به انرژی بیشتری نیاز است درنتیجه نقطه جوش محلول افزایش پیدا می‌کند (آقاجانی، بدون تاریخ).

به علت غلظت ذرات ناشی از نمک حل شده در آب شور (همان شبیه‌ساز آب دریاچه ارومیه)، این نمونه توانایی بهتری در برابر تبخیر سطحی ناشی از تابش نور خورشید دارد و سرعت تبخیر آن نسبت به دو نمونه دیگر کمتر است. طبق شکل‌های گزارش شده با افزودن نمک در آب، به علت خواص کولیگاتیو، تبخیر آب کمتر خواهد شد و نمک مانند یک پتو مولکول‌های آب را در برگرفته و مانع از کنده شدن مولکول‌های آب از سطح آن می‌شود.

شاید سوال پیش بیاید که چرا تبخیر آب شهری از آب خالص بیشتر بوده است؟ باید گفت که املاح موجود در آب شهری می‌تواند پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب را مختل کند و جداشدن مولکول آب را در برابر تابش خورشید سرعت می‌بخشد.

ممکن است این ابهام پیش بیاید که نیروی بین مولکولی یون-دوقطبی از پیوند هیدروژنی قوی‌تر است پس آب شهری نباید از آب خالص بیشتر تبخیر شود. دقت شود که طبق منابع علمی و کتاب‌های دانشگاهی که بارها خوانده‌ایم؛ نیروی یون-دوقطبی به طور معمول از پیوند هیدروژنی بیشتر است (نه همیشه). در شرایط این آزمایش، سطح آب به علت پیوندهای هیدروژنی، یکپارچه است که مواد موجود در آب شهری، این یکپارچگی را بهم می‌زنند و در پیوندهای هیدروژنی از هم گسیختگی ایجاد می‌کنند که با افزایش نسبت سطح به حجم، باعث افزایش سرعت تبخیر سطحی و کنده شدن مولکول‌های آب می‌شوند؛ به زبان ساده‌تر اینکه آبپوشی یون‌ها یکپارچگی سطحی مولکول‌های آب را که ناشی از پیوند هیدروژنی است از بین می‌برد. از طرفی آب شهری ذرات معلق خنثی هم دارد که آبپوشی نمی‌شوند و یون-دوقطبی ایجاد نمی‌کنند.

شکل چهار، نتیجه حاصل از آزمایش پیشنهادی را در آزمایشگاه واقعی، پس از گذشت یه ماه نشان می‌دهد. در شکل چهار، حجم آب باقی‌مانده در سه نمونه مورد بررسی واضح و قابل مقایسه می‌باشد. سمت راست، آب خاص، وسط آب شهری و سمت چپ مربوط به آب شور می‌باشد. از آنجایی که بشرها همگی ۵۰۰ میلی لیتر انتخاب شده‌اند پس مقایسه آن‌ها در تصویر ارائه‌شده آسان می‌باشد. طبق آنچه پیشتر اشاره شد، میزان آب باقی‌مانده در آب شور < آب خالص < آب شهری می‌باشد.

توجه: در بشر وسط، حدود ۳۰ میلی لیتر آب در کف ظرف باقی‌مانده که شاید در شکل خوب مشخص نشده باشد.

شکل ۴- نمونه‌های واقعی پس از یک ماه

طبق آنچه که تاکنون در این پژوهش بررسی شد، تنها با یک نمونه آزمایش از مباحث نظری و خشک درسی، دغدغه‌مندی برای حفظ و احیای طبیعت زیبای جهان اطراف ایجاد می‌شود. می‌توان گفت که نکته کلیدی در موفقیت دبیر در راستای عملی‌کردن علم، خلاقیت همرا با حوصله می‌باشد. امید است که روزی دانش‌آموزان، شیمی‌دانان و شیمی‌دوستان کشور عزیزمان ایران، راهی برای حفظ و احیای طبیعت زیبای آن بیابند.

جمله زیبایی که شاید ثبت آن در این صفحه از صفحات جهان خالی از لطف نباشد این است که همین حالا شما مجموعه‌ای از اتم هستید که درمورد مجموعه‌ای از اتم‌های دیگر مطالعه می‌کنید و این است شکوه خلقت خداوند!

پیشنهاد

پیشنهاد اول: پیشنهاد می‌شود که خود دبیر این آزمایش را انجام ندهد و این فرصت را بدهد تا دانش‌آموزان خودشان نتیجه را پیدا کنند و با کار پژوهشی آشنا شوند. اگر خود دانش‌آموز نتیجه را کشف کند، تمایل استفاده از علم

شیمی در تجربه‌های واقعی زندگی در وجودش تقویت خواهد شد. معلم می‌تواند یک دستور کار برای دانش‌آموزان تهیه کند و نتیجه را (البته با ثبت مستندات مانند عکس و گزارش) از آن‌ها دریافت کند. کار پژوهشی می‌تواند به صورت فردی یا گروهی انجام پذیرد.

توجه: احتمال اینکه دانش‌آموزان در منزل ظروف مدرج داشته باشند زیاد نیست بنابراین برای اینکه بار مالی اضافی بر دانش‌آموزان تحمیل نشود دو راهکار پیشنهاد می‌شود:

- راهکار یک) این راهکار ساده‌تر است و در این راهکار به جای گزارش کمی، از دانش‌آموزان گزارش کیفی خواسته می‌شود و به آن‌ها گفته می‌شود که مقادیر آب باقی‌مانده در نمونه‌ها را به‌صورت کیفی و توصیفی بررسی کنند (همینکه بگویند کدام بیشتر و کدام کمتر است کفایت می‌کند.
- راهکار دو) این راهکار زمانبر است و دبیر خودش یک استوانه مدرج سر کلاس می‌آورد و از دانش‌آموزان می‌خواهد تا نمونه‌های خود را به مدرسه بیاورند؛ سپس معلم نحوه خواندن حجم مایع در مزور را به آن‌ها آموزش می‌دهد و از آن‌ها می‌خواهد تا با انتقال آب نمونه‌ها به استوانه مدرج، حجم باقی‌ماند را برحسب میلی لیتر یادداشت و گزارش کنند.

پی نوشت: برای آموزش استفاده از مزور به این دو نکته حتما اشاره شود:

۱- موقع گزارش حجم از روی استوانه باید مستقیم نگاه کنند نه از بالا یا پایین.

۲- آب در لوله به صورت فرورفته یا محدب قرار می‌گیرد. برای یافتن حجم، جایی که فرو رفتگی آب با درجه استوانه مماس باشد گزارش می‌شود.

در جدول یک، نمونه‌ای از دستور کار پیشنهادی را مشاهده می‌کنید.

جدول ۱- نمونه دستور کار

نام فرد یا گروه:	
عنوان دستور کار (بررسی نمونه شبیه‌سازی‌شده دریاچه ارومیه در نگهداری آب)	
مواد مورد نیاز: آب و نمک	وسایل مورد نیاز: سه عدد لیوان
شرح نتیجه هفته اول:	
شرح نتیجه هفته دوم:	
شرح نتیجه هفته سوم:	
شرح نتیجه هفته چهارم:	
نتیجه‌گیری نهایی:	

پیشنهاد دوم: می‌توان برای دانش‌آموزان سوالات ارزشمند فکری و مرتبط با طبیعت مطرح کرد؛ برای مثال دو شهر دارای دریاچه را مثال بزنید که یکی از آن‌ها دریاچه شور داشته باشد و خواص کولیگاتیو را ایجاد کند سپس از آن بخواهید تا بررسی کنند هوای کدام شهر شرجی خواهد شد؟ باید به این جواب برسند شهری که میزان تبخیر سطحی آب دریاچه‌اش کمتر است شرجی نخواهد شد یا حداقل کمتر شرجی می‌شود.

بحث و نتیجه گیری

شیمی علم زندگی است. پیوند بین علم و طبیعت و تربیت انسان‌های درست و دغدغه‌مند برای کشور، هدف والای تربیت است. انسان‌های مسئولیت‌پذیر در انجام کارها حساسیت و دقت بیشتری دارند و نتایج بهتری را به دست می‌آورند. برای معلم شیمی راهکارهای نوین زیادی وجود دارد تا دانش‌آموزان را با طبیعت پیوند دهد و برای حفظ آن دغدغه‌مند کند. تاکنون مدل‌های زیادی پرورش توانایی‌های دانش‌آموزان ارائه شده‌اند؛ برای نمونه در مدل FCE با استفاده از یادگیری معکوس و مشارکتی، دانش‌آموزان خودشان با کاوش و بررسی، اهداف درسی را دنبال و اکتشاف می‌کنند. علاوه بر این مدل‌ها، با طراحی آزمایش‌های هدفمند می‌توان پیوند بین علم شیمی و طبیعت را ایجاد کرد. مشاهده تجربه آزمایشگاهی، پتانسیل یادگیری را افزایش می‌دهد. این تجربه آزمایشگاهی می‌تواند طراحی آزمایش بررسی خواص کولیگاتیو در شبیه‌سازی آب دریاچه ارومیه باشد. خواص کولیگاتیو به غلظت ذرات حل شونده موجود در محلول بستگی دارد. به علت غلظت ذرات ناشی از نمک حل شده در آب شور، سرعت تبخیر آب در آن کمتر است و توانایی دریاچه ارومیه در نگهداری آب بیشتر از آب شهری و آب خالص می‌باشد.

تشکر و قدردانی

با تشکر از همکاری مجموعه دوست داشتنی پژوهش‌سرای دانش‌آموزی ۹دی رباط‌کریم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

آقاجانی (بدون تاریخ). خواص کولیگاتیو محلول‌ها. برگرفته از www.sanatisharif.ir

آموزگار، محمدعلی (۱۳۸۹). دریاچه ارومیه پنج رنگ است. برگرفته از https://www.mehrnews.com

بررسی ۱۱ کاربرد شیمی در زندگی روزمره. (۱۴۰۲). برگرفته از https://www.mbkchemical.com

بداغی فرد، محمدعلی (۱۳۹۴). *شیمی سبز راهی برای حفظ محیط زیست و منابع طبیعی*. همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در نگهداشت محیط زیست، آب و منابع طبیعی، اراک، ایران.

بهروان، مریم؛ کجباف والا، آذر (۱۴۰۰). احساسات یک روز با شیمی. تهران، ایران.

بهزادی، حسنعلی (۱۴۰۱). شیوه‌های صحیح تربیتی با هدف ایجاد مسئولیت‌پذیری و دغدغه‌مندی در دانش‌آموزان. همدان، ایران.

درویشی خاتونی، جواد؛ لک، راضیه (۱۳۹۴). بررسی هیدروژئوشیمیایی آب دریاچه ارومیه در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲. علوم زمین، ۲۴ (۹۵)، ۲۳۹-۲۵۲.

دهقان، پویان؛ ولی زاده، سارا؛ خسروی، حسن (۱۳۹۴). بررسی عوامل خشک شدن دریاچه ارومیه و راهکارهای احیای آن. همایش ملی آب، انسان و زمین، اصفهان، ایران.

سوبل، دیوید (۱۴۰۱). کودکی و طبیعت اصول طراحی برای معلمان (ترجمه گلناز محبعلی). مشهد: جهاد دانشگاهی.

عبدالله میرزائی، رسول (۱۳۹۹). معلم عنصری کلیدی در نیل به کیفیت بخشی آموزش علوم پایه. تهران، ایران.

فنی، زهره (۱۳۹۶). بررسی اثرات خشکی دریاچه ارومیه بر آسیب‌پذیری محیط‌زیست طبیعی و انسانی ناحیه پیرامون. محیط زیست و توسعه فرابخشی، ۲ (۵۸)، ۱-۱۶.

قادری، رضا (۱۴۰۱). بررسی اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه بر توسعه اقتصادی و اجتماعی روستاهای دهستان انزل شمالی. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۱۲ (۴۸)، ۳۰۵-۳۱۸.

نمک دریاچه ارومیه، گنج آشکار آذربایجان غربی (۱۳۹۸). برگرفته از https://www.yjc.ir/fa/news

نیکرو شالدهی، نیکا (۱۴۰۲). آزمایش پژوهش محور، امتیاز انجام آزمایش برای تدریس شیمی در عین کمبود وقت. پژوهش در آموزش شیمی، ۵ (۱)، ۶۸-۸۲.

نیکرو شالدهی، نیکا (۱۴۰۰). خواص کولیگاتیو، برگرفته از: https://byazma.ir/page/54

هدایتی، علی و جمهری، مهین (۱۳۹۲). نقش آزمایش‌های شگفت انگیز در یادگیری شیمی. سمینار آموزش شیمی ایران، سمنان، ایران.

Bae, S.W., Lee, J.H., Park, J. (2021). Development of a field-based chemistry experiment teaching model to strengthen pre-service teachers' competence for teaching chemistry experiments. *Asia-Pacific Science Education*, *7*(2), 522-548.

Tan, W. (2022). Research methods: A practical guide for students and researchers. World Scientific.

Ma, J. (2024). Promoting the formation of environmental awareness in children: the representation of nature in Chinese language textbooks. *Journal of World Languages*, 10(2), 456-485.

Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M., Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice*, *13*(2), 80-92.

Reid, N., Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *8*(2), 172-185.

Rusek, M., Chroustová, K., Bílek, M., Skřehot, P.A., Hon, Z. (2020). Conditions for experimental activities at elementary and high schools from chemistry teachers' point of view. *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology*, *25*(1–2), 93-100.

Thapa, B. (2001). Environmental Concern: A comparative analysis between students in Recreation and Park Management and other departments. *Environmental Education Research*, *7*(1), 39–53.

Tseng, Y.C., Wang, S.M. (2020). Understanding Taiwanese adolescents' connections with nature: rethinking conventional definitions and scales for environmental education. *Environmental Education Research*, *26*(1), 115-129.

Zhang, Z., Stevenson, K.T., Martin, K.L. (2022). Use of nature-based schoolyards predicts students' perceptions of schoolyards as places to support learning, play, and mental health. *Environmental Education Research*, *28*(9), 1271-1282.