

An analysis on the use of analogy in chemistry education

Nasim Asghari Lalami ^{1,*}

¹ Secretary of Education Chemistry, Rabat Karim City, Tehran, Iran

* Corresponding author: (✉ n_asghari@hotmail.com)

ABSTRACT

Keywords:

Analogy,
chemistry
education,
analog,
target,
misunderstanding.

Analogy is an effective method of learning that involves comparing learners' new and previous knowledge. It involves comparing two domains: one that is familiar (analog) and one that is unfamiliar (target). The effectiveness of an analogy depends on the degree of connection between these two domains. Research has shown that incorrect use of analogies can lead to learning failure and misunderstandings among students. Due to the abstract nature of the concepts, learning chemistry can be challenging for students. However, using analogies in chemistry lessons can significantly enhance effective teaching. In this paper, an overview of different types of analogical models are provided, and their strengths and weaknesses are examined. Moreover, different analogies used for teaching chemistry as illustrated in research papers will be reviewed.

REVIEW ARTICLE

Received: 29 June 2024

Revised: 29 July 2024


Accepted: 18 August 2024

Published online: 20 August 2024

Print ISSN: [3041-9271](#)

Online ISSN: [2717-2279](#)

Citation: Asghari Lalami, N. (2024). An analysis on the use of analogy in chemistry education. *Research in Chemistry Education*, 6(3), 85-95.

 <https://doi.org/10.48310/chemedu.2024.16606.1245>



© The author(s)
Publisher: Farhangian University



«مقالات منتخب پنجمین همایش ملی آموزش شیمی»

پژوهش در آموزش شیمی، سال ششم، شماره سوم، صفحات ۸۵-۹۵



پژوهش در آموزش شیمی

<https://chemedu.cfu.ac.ir>


تحلیلی بر استفاده از آنالوژی در آموزش شیمی

نسیم اصغری لالمی ID *۱

۱. دبیر شیمی آموزش و پرورش، شهرستان رباط کریم، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: (n_asghari@hotmail.com)

چکیده

آنالوژی یکی از روش‌های بسیار جالب در کمک به فهم مطالب است که می‌تواند دانسته‌های جدید و قبلی فراگیران را با هم مقایسه نماید. آنالوژی در واقع مقایسه بین دو حوزه ناآشنا و آشنا است که به ترتیب «هدف» و «آنالوگ» نامیده می‌شوند. اثربخشی یک آنالوژی به میزان ارتباط این دو حوزه بستگی دارد. تحقیقات مختلفی نشان داده‌اند که اگر از آنالوژی‌ها به‌نحو درستی استفاده نشود، می‌توانند سبب عدم یادگیری و کج‌فهمی در دانش‌آموزان شود. شیمی یکی از موضوعاتی است که به علت انتزاعی بودن مفاهیم، یادگیری آن با چالش‌های زیادی برای دانش‌آموزان همراه است. استفاده از آنالوژی در تدریس شیمی می‌تواند آموزش اثربخشی را به همراه داشته باشد. در این مقاله مروری بر انواع مدل‌های آنالوژی داشته و نقاط قوت و ضعف آن‌ها را بررسی، و سپس انواع آنالوژی‌های به‌کار رفته در تدریس شیمی موجود در مقالات را مرور خواهیم کرد.

واژه‌های کلیدی:

آنالوژی،
آموزش شیمی،
آنالوگ،
هدف،
کج‌فهمی.

مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۵/۳۰

شاپا چاپی: ۳۰۴۱-۹۲۷۱

شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۲۲۷۹



ارجاع: اصغری لالمی، نسیم (۱۴۰۳). تحلیلی بر استفاده از آنالوژی در آموزش شیمی. پژوهش در آموزش شیمی، ۳(۳)، ۸۵-۹۵.

<https://doi.org/10.48310/chemedu.2024.16606.1245>

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان



مقدمه

شیمی یکی از درس‌هایی است که یادگیری آن دشوار است. اغلب مفاهیم در شیمی انتزاعی بوده و دانش‌آموزان به آموزش مناسب برای تصور نمودن چیزهایی که قابل مشاهده نیستند، نیاز دارند. آکانی، گزارشی در مورد موضوعات شیمی که فهم آن برای دانش‌آموزان دشوار است، از جمله تیتراسیون اسید-باز، تجزیه و تحلیل واکنش‌های شیمیایی کیفی، سرعت واکنش و تأثیر انرژی در آن، ترکیب غیرفلزات و فلزات، کاربردهای مواد شیمیایی، شیمی هسته‌ای و اخترشیمی ارائه داد (آکانی^۱، ۲۰۱۷). اوزمن، هفده مفهوم جایگزین که تحت عنوان کاربردهای اصل لوشاتلیه، ثابت تعادل، تعادل ناهمگن، اثر کاتالیزگر گروه‌بندی شده بودند را مورد بحث و بررسی قرار داد (اوزمن^۲، ۲۰۰۸).

به‌طور کلی، در مطالعه شیمی سه سطح وجود دارد که باید به آن تسلط داشت: سطح ماکروسکوپی، میکروسکوپی و نمادین. سطح میکروسکوپی و نمادین سطوح انتزاعی هستند زیرا قابل مشاهده نیستند. اما سطح ماکروسکوپی یک نمایش شیمیایی است که از طریق مشاهده واقعی یک پدیده به دست می‌آید و با حواس پنج‌گانه یا در قالب تجربه روزمره قابل مشاهده و درک است. نمایش میکروسکوپی نمایشی شیمیایی است که ساختار و فرآیند یک پدیده قابل مشاهده را در سطح ذرات (اتمی/مولکولی) توضیح می‌دهد. نمایش‌های نمادین، مانند فرمول‌های شیمیایی، نمودارها، تصویر، معادلات واکنش، استوکیومتری و محاسبات ریاضی نمایش‌های شیمیایی کمی و کیفی هستند. همه این مفاهیم باید با یکدیگر ادغام شوند تا یادگیری حاصل شود. یکی از موارد مفید برای آموزش مفاهیم انتزاعی، آنالوژی است (ریسکیانی^۳، ۲۰۱۹). آنالوژی مقایسه شباهت‌های دو مفهوم است. مفهوم آشنا را آنالوگ و مفهوم ناآشنا را هدف می‌نامند (گلین^۴، ۲۰۰۸). هنگامی که این تعریف در حوزه یادگیری علوم اعمال می‌شود، به رابطه شباهت بین مفاهیم علمی خاصی که می‌خواهند منتقل شود با چیزی واقعی و ساده که از قبل در ذهن دانش‌آموزان وجود دارد اشاره می‌کند. ناصری‌آذر و همکاران در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که مشکلات در مطالعه تعادل شیمیایی را می‌توان با استفاده از یادگیری مبتنی بر آنالوژی حل کرد. از نتایج تحقیقات آنان مشخص شد که دانش‌آموزان در گروه آزمایشی که آنالوژی را به کار بردند، پیشرفت بسیار بیشتری نسبت به دانش‌آموزان گروه کنترل نشان دادند. بر اساس نتایج این مطالعات نشان داده شد که مشکلات مربوط به باورهای غلط در یادگیری مفاهیم شیمی را می‌توان با استفاده از یادگیری بر اساس آنالوژی رفع کرد (ناصری‌آذر^۵، ۲۰۱۱). کاربرد مدل 5E همراه با استفاده از آنالوژی نیز روشی موثر

¹ Akani² Ozmen³ Riskiani⁴ Glynn⁵ Naseriazar

برای افزایش درک مفهومی دانش‌آموزان از واکنش‌های شیمیایی است (سوپاسورن^۱، ۲۰۱۵). آنالوژی می‌تواند ابزار آموزشی قدرتمندی باشد؛ زیرا می‌تواند مطالب جدیدی ایجاد کند که توسط دانش‌آموزان قابل درک هستند. بسیاری از دانش‌آموزان در استفاده از آنالوژی لذت می‌برند و مواردی که معلمان ارائه می‌دهند را به خاطر می‌سپارند. اگر چه همه آنالوگ‌ها تأثیر یکسانی ندارند اما به دانش‌آموزان کمک می‌کنند تا آنچه را که آموخته‌اند درک نموده، تجسم کنند و به خاطر بسپارند (اورگیل^۲، ۲۰۰۴).

هدف و پیشینه پژوهش

آنالوژی یکی از روش‌های مورد استفاده در آموزش علوم و از جمله در آموزش شیمی است. با این‌که اغلب معلمان و استادان در تدریس خود، کم و بیش از آنالوژی استفاده می‌کنند، اما ماهیت این روش، مفاهیم مربوط به آن، انواع مدل‌های ارائه شده و مزایا و معایبی که دارد، برای بسیاری از افراد چندان واضح و مشهود نیست. در این مطالعه، هدف ما بررسی مفهوم دقیق آنالوژی و کاربردهای آن در آموزش شیمی است. مروری بر کارهای انجام شده در زمینه آنالوژی در تدریس شیمی خواهیم داشت و انواع مدل‌های آن را بررسی می‌کنیم که می‌تواند زمینه‌ساز استفاده از ایده‌های جدید برای استفاده از آنالوژی در تدریس شیمی باشد. همچنین نقاط قوت و ضعف آنالوژی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش

در این مطالعه از روش تحقیق کیفی مرور نظام‌مند استفاده نموده‌ایم. در روش تحقیق کیفی هدف ما شناسایی، طبقه‌بندی و استخراج مفاهیم بر اساس مطالعه متون علمی یا مبتنی بر دیدگاه خبرگان است. این مطالعه نیز با استفاده از روش تحلیل نوشته‌های مکتوب انجام شده است.

یافته‌ها

درس شیمی به دلیل زبان ویژه‌اش، ماهیت مفهومی ریاضی و غیرملموس بودن آن و همچنین حجم بالای محتوایش اغلب به‌عنوان یک موضوع دشوار در نظر گرفته می‌شود. محققان حوزه آموزش شیمی بر راهبردهای زیادی متمرکز شده‌اند تا روشی را کشف کنند که یادگیری شیمی برای دانش‌آموزان تسهیل شود. مشکل برقراری ارتباط بین مفاهیم اساسی در شیمی یکی از مشکلات عمده دانش‌آموزان است. از آن‌جا که دانش‌آموزان اغلب فاقد زمینه یادگیری

¹ Supasorn

² Orgill

مفاهیم چالش برانگیز و ناآشنا هستند، یک روش موثر برای مقابله با این مشکل ایجاد پلی بین مفاهیم جدید و ناآشنا و دانش قبلی دانش آموز است. در این جا اهمیت آنالوژی مطرح می شود که می تواند به عنوان پلی بین این دو عمل کند.

آنالوژی ها سبب می شوند که موضوعات جدید، به ویژه مفاهیم انتزاعی، آسان تر با دانش قبلی دانش آموزان تلفیق شده و آن ها را قادر می سازد تا درک علمی بیشتری از مفهوم داشته باشند. استدلال قیاسی مبتنی بر آنالوژی نقش مهمی در جایگاه شناخت انسان دارد. آنالوژی ها مقایسه بین دو حوزه هستند که نه به طور کامل مشابه و نه به طور کامل متفاوت هستند. به طور کلی، اصطلاح آنالوژی نشان دهنده تشابه روابط، توافق یا شباهت بین چیزها در برخی شرایط است. بنا به گفته جنتنر، آنالوژی، نقشه دانش بین دو حوزه است به گونه ای که روابطی که بین اجزا در حوزه آنالوگ برقرار است در میان اجزاء در حوزه هدف نیز برقرار است. از این رو، هدف از آنالوژی این است که مجموعه ای از تداعی ها را از یک حوزه آشنا به حوزه ای که کمتر آشنا است، بسپاریم. به عبارتی، هدف آنالوژی توضیح ایده ها یا مفاهیم جدید با استفاده از مقایسه آن ها با چیزهای آشنا است.

آنالوژی ها به انواع مختلفی از جمله آنالوژی های کلامی و تصویری، آنالوژی های ساختاری، عملکردی و ساختاری-عملکردی، آنالوژی های پیش سازمان دهنده، فعال کننده، ترکیب کننده، ساده، گسترده و ... طبقه بندی می شوند. با این حال انواع دیگری از آنالوژی مانند آنالوژی خودجوش ایجاد شده توسط دانش آموزان و آنالوژی های متنی نیز انواع دیگری هستند که در مقالات یافت می شوند.

مدل های مختلف استفاده از آنالوژی

قدیمی ترین مدل آنالوژی، مدل عمومی آموزش آنالوژی (GMAT)¹ است (زیتون²، ۱۹۸۴). این مدل بر ضرورت برنامه ریزی قبلی برای آنالوژی ها، در نظر گرفتن پیشینه دانش و توانایی دانش آموزان، ارزیابی اثرات آنالوژی، و تجدید نظر در آنالوژی برای رسیدن به اهداف مورد نظر درسی اشاره دارد. مدل GMAT شامل مراحل زیر است:

۱. بررسی کلی برخی از ویژگی های دانش آموزان مربوط به یادگیری آنالوژی؛
۲. ارزیابی دانش قبلی دانش آموزان در مورد موضوع؛
۳. تجزیه و تحلیل مطالب آموزشی درس؛
۴. قضاوت در مورد مناسب بودن آنالوژی مورد استفاده؛
۵. مشخص کردن ویژگی های آنالوژی مورد استفاده؛
۶. تعیین راهبرد تدریس و محیط ارائه آنالوژی؛

¹ General Model of Analogy Teaching

² Zeitoun

۷. ارائه آنالوژی به دانش‌آموزان (همراه با اهداف، ویژگی‌ها، تشریح آنالوژی، و ویژگی‌های نامناسب آن)؛
۸. ارزیابی نتایج استفاده از آنالوژی در تدریس (تعیین این‌که آیا دانش‌آموزان از آن استفاده می‌کنند یا خیر، ارزیابی دانش دانش‌آموزان در این مورد و تعیین کج‌فهمی‌های ناشی از به‌کار بردن آنالوژی)
۹. بازبینی مراحل مدل در صورت نیاز.
- بعد از این مدل، مدلی به نام آموزش همراه با آنالوژی (TWA)^۱ ارائه شد که در اغلب مقالات به این مدل ارجاع داده شده است (گلین، ۱۹۹۱). این مدل شش مرحله‌ای، مراحل را خلاصه می‌کند که معلمان باید هنگام استفاده از آنالوژی به‌عنوان ابزار آموزشی از آن‌ها پیروی کنند:

۱. معرفی مفهوم هدف؛
 ۲. ارائه مفهوم آنالوگ (فهمی که دانش‌آموزان باید نسبت به تجربه قبلی داشته باشند)؛
 ۳. شناسایی ویژگی‌های مربوط به مفاهیم هدف و آنالوگ؛
 ۴. ترسیم صریح شباهت‌های بین مفاهیم هدف و آنالوگ؛
 ۵. اشاره به جایی که آنالوژی دیگر نمی‌تواند پاسخگو باشد؛
 ۶. نتیجه‌گیری در مورد مفهوم هدف بر اساس مفهوم آنالوگ.
- مدل بعدی مدل (تمرکز، اقدام، تأمل) (FAR)^۲ است (تریگست و همکارانش، ۱۹۹۸). پژوهشگران با بررسی معلمان هنگام استفاده از مدل TWA دریافتند که معلمان از مراحل ذکر شده در مدل TWA به‌صورت منظم و به‌ترتیب استفاده نمی‌کنند. در عوض، ترتیب مراحل را با نیازهای دانش‌آموزان خود و درسی که تدریس می‌کردند تطبیق می‌دادند. همچنین، این معلمان مدت زمانی را برای آماده‌سازی آنالوژی‌های خود قبل از آموزش و تأمل در تأثیرات استفاده از آن بعد از آموزش صرف می‌کردند. مدل FAR ساده‌تر از مدل‌های TWA یا GMAT است. طراحان مدل FAR احساس کردند که مراحل فکر کردن زیادی در مدل‌های TWA و GMAT وجود دارد، بنابراین خواستند مدلی ارائه دهند که هر معلمی بتواند به‌راحتی آن‌را به خاطر بسپارد. مراحل مدل FAR عبارت است از:

۱. تمرکز بر مفهومی که آموزش داده می‌شود و آنالوگ مورد استفاده؛
۲. اقدام آشکار برای ارتباط دادن بین شباهت‌های مفاهیم آنالوگ و هدف و بحث در مورد محدودیت‌های آنالوژی مورد استفاده؛

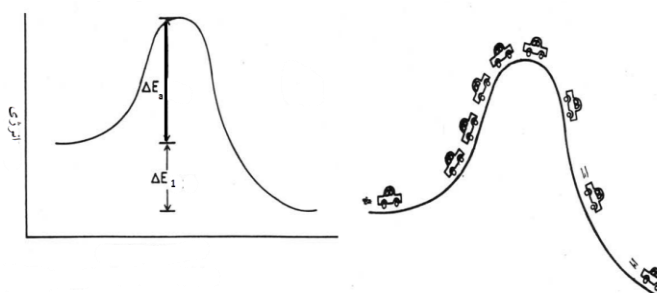
۳. تأمل و ارزیابی در مورد مواجهه دانش‌آموزان با آنالوژی و اعمال تغییرات در صورت نیاز.

¹ Teaching-With-Analogies

² Focus, Action, Reflection

آنالوژی به عنوان یک استراتژی آموزشی

در آموزش علوم، تمرکز پژوهش‌ها در زمینه آنالوژی، در مورد چگونگی استفاده از آن‌ها برای آموزش توسط دانش‌آموزان، معلمان و نویسندگان کتاب‌های درسی، دستورالعمل بهترین نحوه استفاده از آنالوژی‌ها و استفاده از آن‌ها در دستیابی به تغییرات مفهومی بوده است. در آموزش شیمی، استفاده از آنالوژی برای فرآیند یادگیری چیز جدیدی نیست. وقتی دبیران شیمی از سامانه خورشیدی و مدارها برای توصیف اتم و لایه‌های آن استفاده می‌کنند. در واقع، از آنالوژی برای تسریع و سهولت در یادگیری دانش‌آموزان استفاده کرده‌اند. در شیمی در اغلب موارد از آنالوژی برای ملموس کردن مفاهیم بسیار ریز مربوط به مولکول‌ها و فرآیندهای مولکولی استفاده می‌شود. استفاده از ماشین‌ها برای تشریح آنتالپی و واکنش‌های گرماگیر و گرماده از رایج‌ترین آنالوژی‌های مورد استفاده در شیمی است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



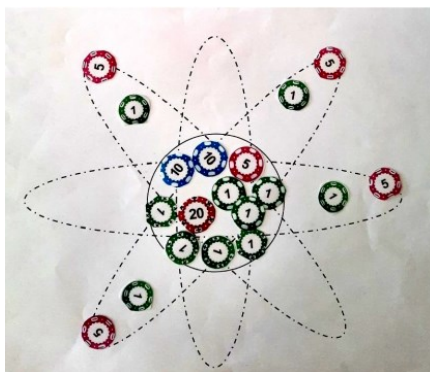
شکل ۱- آنالوژی ماشین‌ها و آنتالپی

آراگون و همکارانش (آراگون^۱ و همکاران، ۲۰۱۴) از آنالوژی کارت‌های رنگی چسبیده به یک تخته مغناطیسی و ترکیب آن‌ها، برای توصیف مفهوم تغییر شیمیایی و نحوه شکستن و تشکیل پیوندها بین اتم‌ها و یا مولکول‌ها استفاده کردند. گیره‌های کاغذی کوچک و بزرگ نیز برای استفاده در مدل اتمی به منظور توضیح نظریه اتمی دالتون استفاده شدند که منجر به درک عمیق‌تری از مفاهیم اتمی می‌شود (ناسیف^۲، ۲۰۱۲). بازی‌ها نیز می‌توانند به عنوان آنالوژی در تدریس شیمی مورد استفاده قرار گیرند. در سال‌های اخیر این گونه آنالوژی‌ها مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. در پژوهشی که از یک بازی به نام atomizados برای آموزش ساختار اتمی استفاده شده بود (شکل ۲)، نشان داده شد که تفاوت قابل توجهی در یادگیری ساختار اتمی بین دانش‌آموزانی که از این بازی استفاده کرده بودند با گروه شاهد وجود

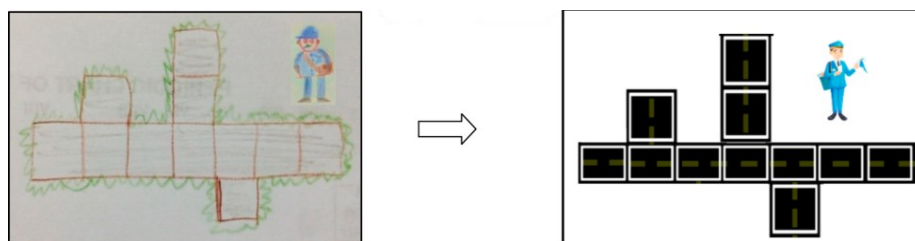
¹ Aragón

² Nassiff

دارد. اوریس^۱ و همکارانش (۲۰۱۶) از آنالوژی پستیچی که بر طبق مدل TWA بود، برای نامگذاری آلکانها استفاده کردند (شکل ۳). آن‌ها با تشبیه پیوندهای موجود در آلکانها به مسیرهای شامل خیابانها و کوچه‌ها و تعیین مسیر درست برای نامه‌رسان توانستند از این آنالوژی به‌نحو مطلوبی استفاده کنند. نتایج حاکی از به‌خاطر سپاری و ماندگاری بیشتر نامگذاری‌ها در ذهن دانش‌آموزانی که از این آنالوژی استفاده کرده بودند در مقایسه با گروه شاهد بود.



شکل ۲- نمایی از بازی atomizados برای اتم کروم

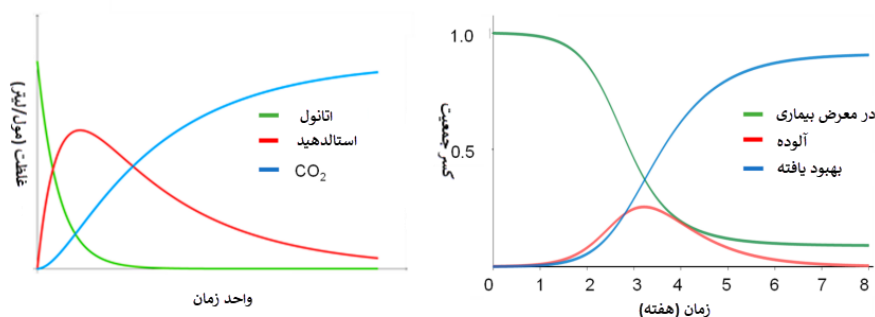


شکل ۳- آنالوژی پستیچی برای نامگذاری آلکانها

حتی استفاده از مثل‌ها نیز می‌تواند به‌عنوان یک آنالوژی استفاده شود. ارزانی تدریس سه مبحث شیمی به کمک ضرب المثل‌های ایرانی را مورد بررسی قرار داده است (ارزانی، ۱۳۹۲). البته در استفاده از امثال نیز باید به این نکته توجه داشت که دانش‌آموزان معنی و مفهوم خود ضرب‌المثل را از قبل به‌خوبی آموخته باشند تا بتوانند آن را به مباحث جدید در شیمی مرتبط سازند. در سال‌های اخیر نیز انواع جدید و خلاقانه‌ای از آنالوژی‌ها استفاده شده‌اند. آلمانزا و

¹ Orvis

همکارانش از آنالوژی برای بررسی شباهت‌های بین سینتیک شیمیایی واکنش‌های پیاپی در اکسایش اتانول با مدل مورد استفاده در شیوع بیماری کووید-۱۹ استفاده کردند (آلمانزا^۱، ۲۰۲۲). (شکل ۴)



شکل ۴- آنالوژی سینتیک شیمیایی و شیوع کووید-۱۹

از آنالوژی‌های موسیقی نیز برای تدریس موضوعاتی در زمینه مدل کوانتومی اتم و مواردی همچون مفهوم اتم، ذرات زیراتمی و بار الکتریکی آن‌ها و ساختار اتمی استفاده شده است (ویرا^۲، ۲۰۲۲). نتایج حاصل از تحقیق در زمینه آنالوژی موسیقی نیز نشان‌دهنده یادگیری بهتر دانش‌آموزان و توجه و علاقه بیشتر آنان به درس بود. البته در استفاده از این آنالوژی نیز آشنایی قبلی دانش‌آموزان با مبانی موسیقی ضروری است.

مزایا و معایب استفاده از آنالوژی

- مطالعات نشان داده است که استفاده صحیح از آنالوژی در فرآیند یادگیری دارای مزایایی است:
- با برانگیختن علاقه دانش‌آموزان به یادگیری، به آنان انگیزه یادگیری مطالب درسی را می‌دهد.
 - به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا شباهت‌های دنیای واقعی و مفاهیم جدید را مقایسه کنند.
 - معلمان را تشویق می‌کند تا دانش قبلی دانش‌آموزان را در نظر بگیرند.
 - پلی بین دانش قبلی و اطلاعات جدید ایجاد می‌کند.
 - با تجسم مفاهیم انتزاعی به یادگیری دانش‌آموزان کمک می‌کند.
 - به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا دانش خود را بسازند.

اما استفاده از آنالوژی‌ها در کلاس درس می‌تواند تأثیر منفی هم داشته باشد. اگر چه معلم و دانش‌آموزان ممکن است آنالوژی را برای یادگیری جدید مفید بدانند، اما اگر دانش‌آموز از قبل اطلاعاتی در مورد مفهوم هدف مورد تدریس داشته باشد، آنالوژی ممکن است که اطلاعات اضافی در اختیار دانش‌آموزان قرار دهد. زمانی که دانش‌آموزان مفاهیم

¹ Almanza

² Vieira

نامربوط را از حوزه آنالوگ به حوزه هدف به‌طور نامناسب اعمال کنند منجر به ایجاد تصورات نادرست در مورد حوزه هدف می‌شود. آنالوژی‌ها باید با دقت مورد بررسی قرار گیرند. در غیر این صورت ممکن است باعث گمراهی دانش‌آموزان شده و یادگیری را بی‌اثر کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

بسیاری از اوقات دانش‌آموزان برای یادگیری شیمی باید مفاهیم انتزاعی را درک کنند. برای کمک کردن به آنان معلمان می‌توانند برای توضیح مفاهیم شیمیایی انتزاعی از آنالوژی به‌عنوان یک ابزار آموزشی استفاده کنند. اما هنگام استفاده از آن‌ها باید نهایت دقت را داشته باشند. منابعی در حوزه آنالوژی وجود دارد که ادعا نموده اند آنالوگ‌ها فقط برای آموزش آن دسته از مفاهیم هدف مفید هستند که از نظر مفهومی دشوار و یا انتزاعی است. بنابراین آنالوژی‌ها به‌خصوص در مواردی که دانش‌آموزان پیش‌زمینه مناسبی برای موضوع مورد نظر ندارند نمی‌توانند چندان موثر باشد. آنالوژی‌ها می‌توانند فقط در جایی معتبر باشند که ویژگی‌های اساسی مشترک بین مفاهیم آشنا و ناآشنا وجود دارد. بنابراین در استفاده از آنالوژی باید نهایت دقت را داشت. در کتاب‌های درسی در اغلب مواقع هیچ اشاره‌ای بر روی ارتباط مستقیم بین آنالوگ و هدف، شباهت‌ها یا تفاوت‌های بین آن‌ها و یا نتیجه‌گیری‌هایی که فراگیران می‌توانند در مورد مفهوم آنالوژی بعد از دریافت تدریس داشته باشند نمی‌کنند. نادیده گرفتن این محدودیت‌ها، می‌تواند تاثیر منفی بر یادگیری داشته باشد. حسینی صدر کتاب‌های شیمی دبیرستان در کشور ما را بررسی نموده و آنالوگ‌های مورد استفاده در این کتاب‌ها را استخراج کردند که کتاب شیمی دهم با ده مورد آنالوگ بیشترین میزان آنالوژی را در بین کتاب‌های سه سال دوره دبیرستان به خود اختصاص می‌دهد. بحث تفصیلی در مورد آنالوژی‌های کتاب شیمی دبیرستان و نقاط قوت و ضعف آن‌ها جای مطالعه بیشتری دارد.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع

ارزانی، زهرا (۱۳۹۲). تدریس سه مبحث شیمی با استفاده از ضرب المثل‌های ایرانی. هشتمین کنفرانس آموزش شیمی ایران، سمنان.

Akani, O. (2017). Identification of the areas of student's difficulties in chemistry curriculum at the secondary school level. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, 4(4), 5071-5077.

- Almanza-Arjona. Y.C., Duran-Alvarez. J.C. (2022). Analogy between consecutive reaction kinetics and the spread of COVID-19 as a student-centered learning approach. *Journal of chemical education*, 99, 3155-3163.
- Aragón, M., Oliva, J.M., Navarrete, A. (2014). Contributions of learning through analogies to the construction of secondary education pupils' verbal discourse about chemical change. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1960-1984.
- Bonneau, M.C. (1987). Enthalpy and hot wheels: An analogy. *Journal of Chemical Education*, 6, 486-487.
- Giron-Gamero. J.R., Franco-Mariscal. A.J. (2023). "Atomizados": An educational game for learning atomic structure. A case study with grade-9 students with difficulties learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 100, 3114-3116.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concept: A teaching with analogies model. *Psychology of Learning Science*, 3, 219-240.
- Naseriazar, A., Ozmen, H. (2011). Effectiveness of analogies on students' understanding of chemical equilibrium. *Western Anatolia Journal of Educational Science*, 2, 525-534.
- Nassiff, P., Czerwinski, W. (2012). Modeling atoms using paperclips. *Journal of Chemical Education*, 89(3), 370-372.
- Orgill, M., Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 15-32.
- Orvis, J., Sturges. D. (2016). A mailman analogy: retaining student learning gains in alkane nomenclature. *Journal of Chemical Education*, 93(5), 879-885.
- Ozmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(3), 225-233.
- Riskiani. Y.R, R., Sutrisno, H. (2019). The analysis of analogy use in chemistry teaching. *Journal of Physics*, 2, 1233.
- Seiler, K.P., Huggins, J. (2018). From cheese curls to fatty acid structure: using "commonplace" analogies to teach science to nonmajors. *Advances in Physiology Education*, 42(2), 393-395.
- Supasorn, S., Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 student. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 121-132.
- Treagust, D.F., Harrison, A.G., Venville, G.J. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9 (2), 85 - 101.
- Vieira. H., and Morais. C. (2022). Musical analogies to teach middle school students topics of the quantum model of the atom. *Journal of chemical Education*, 99, 2972-2980.
- Zeitoun, H.H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research in Science and Technology Education*, 2, 107-125.