



پژوهش در آموزش شیمی



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

طراحی محتوای آموزشی در موضوع آنتروپی با رویکرد STEM و نقشه

مفهومی

کامران امینی^۱، مریم قنبری^۲، جواد بهشتیان^{۳*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش شیمی، دانشگاه شهید رجایی، تهران، ایران

^۲ و ^۳ گروه شیمی، دانشگاه شهید رجایی، تهران، ایران

چکیده

آنتروپی مفهومی است که فهم آن همواره برای دانش‌آموزان و دانشجویان کج‌فهمی‌هایی ایجاد کرده است و یا اینکه فراگیران در درک، استفاده و کاربردهای آن دچار مشکل هستند. بنابراین طراحی یک محتوای آموزشی برای یادگیری بهتر مفهوم آنتروپی و کاربردهای آن بر مبنای رویکرد STEM و نقشه مفهومی گام مهمی برای یادگیری طولانی مدت دانش‌آموزان و دانشجویان و کسب مهارت در آن‌ها ایجاد خواهد کرد و تأثیری بسزا در یادگیری مفهوم آنتروپی و رفع کج‌فهمی‌ها، خواهد داشت. روش پژوهش حاضر توصیفی - تحلیلی بوده که با استفاده از فن تحلیل محتوا انجام شده است. نمونه آماری استفاده شده مجموعه‌ی کتاب‌ها، مقاله‌ها، مجله‌ها و پایان‌نامه‌هایی است که تا اشیاع نظری داده‌ها انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با بررسی ادبیات و پیشینه موضوع درمورد چگونگی طراحی محتوای آموزشی آنتروپی، با راهنمایی متخصصان این حوزه، طی چندین مرحله کدگذاری محوری، سرفصل‌هایی تعیین و سپس براساس سرفصل‌های تعیین شده هدف‌هایی برای هر مبحث درجدول هدف - محتوا نوشته شد. رویکرد STEM و نقشه مفهومی استفاده شده در این پژوهش از روش‌ها و رویکردهای نوین تدریس می‌باشد که استفاده از آن‌ها در تدریس و طراحی یک محتوای آموزشی به یادگیری طولانی مدت و معنادار فراگیران کمک می‌کند و منجر به کاوشگری و کسب مهارت در فراگیران می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آنتروپی، رویکرد STEM، طراحی محتوا، آموزش، کج‌فهمی، نقشه مفهومی

* نویسنده مسئول: (j.beheshtian@gmail.com) ✉

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۲۸

مقدمه

فرآیند آموزش، از پیدایش انسان بر زمین آغاز شده و به عقیده‌ی برخی تعلیم و تربیت (یا گونه‌ای از آن) از نظر قدمت دومین پیشه انسان‌ها بوده است. هیچ جامعه انسانی وجود نداشته که اهمیت آموزش را رد کند. آموزش یکی از ابزارها و پایه‌های اساسی در جوامع مختلف است که نقش اصلی را در پیشرفت جامعه‌ها ایفا می‌کند و اهمیت روزافزونی پیدا کرده است. این خود باعث این شده که کتاب‌ها و تحقیقات زیادی در زمینه اهداف، محتوا و نحوه بهینه تدریس انجام شود. در دوران مدرن، شاهد شکوفایی فلسفه آموزش و نظریات تعلیمی هستیم. هر معلم با توجه به شرایط دانش‌آموزان کلاسش از شیوه‌های مختلف آموزشی استفاده می‌کند (کالان، ۲۰۰۸).

کج فهمی‌ها به‌عنوان تصوّرات از پیش پنداشته، اعتقادات غیر علمی، نظریه‌های ساده و بی‌تکلف، مفاهیم مخلوط، یا سوء تفاهم مفهومی در نظر گرفته می‌شود. در واقع این موارد که فرد به آن اعتقاد دارد از نظر علمی درست نمی‌نماید و اکثر مردم کج فهمی‌هایی را نگه داشته‌اند که از آن‌ها آگاهی ندارند. هانکوک در سال ۱۹۴ «کج فهمی» را عبارت از این می‌داند: هر باور بی اساس که عنصر ترس، موفقیت، ایمان و یا مداخله فرا طبیعی در آن مجسم می‌شود. باراس نیز می‌آورد: «اشتباهات» یا «خطاها»، کج فهمی‌ها و یا ایده‌های گمراه کننده و سوء تفاهم از حقایق است و اعتقاد دارد که معلمان و فراگیران با کمک همدیگر روشن تر می‌توانند اشتباهات را اصلاح کنند. معلمان و طراحان برنامه درسی باید آگاه باشند آموزشی که ناخواسته در حمایت از کج فهمی‌ها صورت گیرد، به همان اندازه تلاش برای از بین بردن آن‌ها را نیز دشوار می‌نماید (اندرسون، ۱۹۹۳).

هرگاه از قانون دوم ترمودینامیک، سخن به میان می‌آید اغلب این گونه برداشت می‌شود که آنتروپی معیاری از بی‌نظمی است و آنتروپی در یک سیستم یا در یک فرآیند خودبه‌خودی در حالت کلی رو به افزایش است. بیان کلی از آنتروپی موجب کج فهمی و درک نادرست از تابع آنتروپی و به تبع آن درک نادرست از قانون دوم ترمودینامیک می‌شود. واژه آنتروپی در ادبیات بیانگر تغییر و تحول است؛ هنگامی که از این واژه در علوم چون علم ترمودینامیک استفاده می‌شود واژه مناسبی نیست چون تنها یک تغییر و تحول نیست بلکه تابع عوامل بسیاری چون دما، زمان، حجم، انرژی، احتمال

^۱Callan

^۲Hancock

^۳Barras

^۴Anderson

و... است و عوامل برونی و درونی بسیاری در آن دخیل هستند. آنتروپی نه بی‌نظمی است و نه مقدار شلوغی، آنتروپی یک نیروی پیش‌برنده نیست؛ بلکه پخش، پراکندگی یا انتشار انرژی در یک حالت پایانی در مقایسه با یک حالت آغازین، نیروی پیش‌برنده در شیمی است (جوادی پور، ۱۳۸۵).
 نتایج مطالعات نشان می‌دهد که فراگیران به ارتباط قوی بین آنتروپی و انرژی جنبشی ذرات معتقد هستند. به نظر می‌رسد دیگر کج فهمی به دست آمده ریشه در نوعی درک نادرست از بیان «بی‌نظمی» به‌عنوان «شلوغی و هرج و مرج مکانی و موقعیتی» دارد. بنا به یافته‌ها، مشکل بزرگ فراگیران، درک واژه‌ی بی‌نظمی بوده است که همه آن را به هرج و مرج، تصادفی بودن و برخورد ذره‌ها تعبیر کرده‌اند. مطالعه‌ای از ۹۵ دانش‌آموز در دبیرستانی در اسکاتلند از ده مدرسه مختلف در سال ۱۹۷۷ نیز نشان می‌دهد که بیشتر دانش‌آموزان آنتروپی را به‌عنوان میزانی از بی‌نظمی تفسیر می‌کنند. همچنین گزارش شده که اکثر فراگیران بر این اعتقادند که بی‌نظمی با افزایش انرژی، زیاد می‌شود (جانستون، ۱۹۷۷).

دیگر کج‌فهمی ایجاد شده این است که فراگیران درک روشنی از آنتالپی و انرژی یک سامانه نداشته و به نظر می‌رسد انرژی جنبشی یک سامانه را با آنتروپی آن اشتباه می‌گیرند. یافته‌های مشابهی توسط اسلیپ و بردلی^۱ در سال ۱۹۹۷ نشان می‌دهد که هیچ دانشجویی از میکرو حالت‌ها برای توضیح آنتروپی استفاده نکرده است. در مطالعات دیگر انجام شده نیز عمده‌ترین کج فهمی‌ها در زمینه آنتروپی به‌صورت زیر بیان شده است (واتسون، ۲۰۰۳):

- انجام خودبه‌خودی فرآیندهایی که با کاهش آنتروپی همراه هستند که عنوان می‌شود آنتروپی همواره در حال افزایش است.
- آنتروپی همانند آنتالپی و انرژی درونی شکلی از انرژی است.
- تنها عامل مؤثر در پیشگویی جهت خودبه‌خودی بودن واکنش‌ها، آنتروپی است.

STEM مخفف علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات است، رویکردی نوین، بین رشته‌ای و کاربردی می‌باشد که بر پایه آن، تلاش می‌شود به جای آموزش چهار رشته به عنوان موضوعات جداگانه و

^۱Johnstone

^۲Bradley

^۳Watsonb

^۴STEM: Science, technology, engineering, and mathematics

گسسته، رشته‌های یادشده، در راستای حل مسائل روزمره، تفکر انتقادی، یادگیری طولانی مدت، کاوشگری و کسب مهارت به‌طور یکپارچه به فراگیران تدریس شود (تنگ، ۲۰۱۸).
نقشه‌ی مفهومی یک طرح یا ابزار ساده گرافیکی است که برای ساختاربندی و طبقه‌بندی ایده‌ها، مفاهیم و موضوعات مختلف به‌کار می‌رود. همچنین استفاده از نقشه مفهومی در سازمان‌دهی مشکلات، حل مسائل و تصمیم‌گیری‌ها نیز می‌تواند بسیار مؤثر باشد. به بیان ساده‌تر، نقشه مفهومی روی یک ایده‌ی معین متمرکز می‌شود و سپس ایده اصلی یا شاخه اصلی به شاخه‌های فرعی (مفاهیم مشخص‌تر) تقسیم می‌شوند (تنگ، ۲۰۱۸).

همه‌ی مطالب در مورد کج فهمی‌های آنتروپی در این پژوهش بررسی و با طراحی فعالیت‌های عملی مناسب سعی شده که این کج‌فهمی‌ها از بین برود. از آنجا که آنتروپی از روابط ریاضی پیروی می‌کند و با توجه به کاربرد آن در رشته‌های علوم پایه و مهندسی، هدف از این پژوهش طراحی محتوای مناسب برای مفهوم آنتروپی با رویکرد STEM و نقشه مفهومی می‌باشد، امید است این محتوا مفید بوده و مورد استفاده قرار گیرد.

پیشینه پژوهش

مقاله‌ای تحت عنوان مطالعه تأثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی منتشر شد که این پژوهش نشان می‌دهد علاوه بر فراگیران خود معلمان نیز در درک مفهوم آنتروپی با مشکلات و کج‌فهمی‌هایی مواجه هستند که با بررسی این کج‌فهمی‌ها پیشنهاداتی برای رفع آن‌ها ارائه شد (شاه محمدی و همکاران، ۱۳۹۰).

مقاله‌ای تحت عنوان مقایسه کج‌فهمی‌های مفهوم آنتروپی برای دانش‌آموزان سال آخر دبیرستان و دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته‌ی شیمی ارائه شد که این پژوهش به کج‌فهمی‌های موجود پرداخته و فراگیران در سطوح مختلف را با هم مقایسه کرد. نتایج به دست آمده نشان داد که شرکت‌کنندگان در درک مفاهیم آنتروپی، با دشواری‌هایی مواجه هستند (توکلی، ۱۳۹۲).
پژوهشی با عنوان بررسی برخی از علل کج‌فهمی‌های قانون دوم ترمودینامیک و تابع آنتروپی نشان می‌دهد که در قانون دوم ترمودینامیک و به‌ویژه مفهوم آنتروپی کج‌فهمی‌هایی وجود دارد. ایشان با بررسی و معرفی این کج‌فهمی‌ها راه‌کارهایی را نیز ارائه کردند (ذیقمی، ۱۳۹۲).

یک پژوهش در سال ۲۰۱۱ به تأثیر رویکردهای تلفیقی بین موضوعات علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM) بر یادگیری دانش‌آموزان پرداخت. این تحقیق به طور مستقیم به تأثیر آموزش STEM بر یادگیری پرداخته و نشان می‌دهد این رویکرد تأثیر مثبتی بر یادگیری طولانی مدت، معنادار، کاوشگری و کسب مهارت دانش‌آموزان دارد (بکر و پارک، ۲۰۱۱). پژوهشی تحت عنوان چشم‌انداز کشورهای استرالیا، هند و مالزی برای آموزش با رویکرد STEM ارائه شد. این پژوهش به بررسی تأثیر آموزش STEM در کشورهای مذکور می‌پردازد و علاوه بر مقایسه آن‌ها نشان می‌دهد که این رویکرد در آموزش تأثیر مثبتی بر یادگیری، کسب مهارت و کاوشگری فراگیران دارد (توماس و همکاران، ۲۰۱۵). مقاله‌ای با عنوان رویکرد STEM و الزامات پیاده‌سازی آن در ایران منتشر شد که به بررسی تأثیر این رویکرد و روش تدریس پرداخته است. این مقاله عنوان می‌کند که رویکرد STEM و این نوع آموزش می‌تواند تأثیر مثبتی بر آموزش یک مبحث یا مفهوم برای دانش‌آموزان داشته باشد. اما در ایران به نسبت دیگر کشورها هنوز پیشرفت چشم‌گیری نداشته و پیاده‌سازی آن در ایران نیازمند الزاماتی است (امیری و همکاران، ۱۳۹۸).

مقاله‌ای با عنوان ارزیابی نقشه مفهومی از یادگیری در کلاس درس منتشر شد. این پژوهش بیان می‌کند نقشه‌های مفهومی برای یادگیری بهتر فراگیران از جنبه‌های مثبتی برخوردار است. نقشه‌های مفهومی هم میزان یادگیری را افزایش می‌دهند و هم استفاده از آن برای ارزیابی کلاس توسط معلم مفید است (مک‌کلر^۳ و همکاران، ۱۹۹۹).

مطالعه‌ی دیگری با عنوان استفاده نوآورانه از نقشه مفهومی برای بهبود و ارزیابی درک مفهومی معلمان که با آموزش STEM کار می‌کنند منتشر شد. این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از نقشه‌های مفهومی و علاوه بر آن آموزش و تهیه نقشه مفهومی به صورت گروهی نسبت به کار فردی تأثیر بسیار بیشتری بر یادگیری آموزش STEM در فراگیران دارد (کاولازوگلو^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). پژوهشی تحت عنوان ترکیب نقشه‌های مفهومی با آزمایشگاه‌های آنلاین بر یادگیری STEM انجام شد که تأثیر مثبت این تلفیق را در یادگیری STEM نشان می‌دهد (رامان^۵ و همکاران، ۲۰۱۵).

^۱Becker & Park

^۲Thomas

^۳Mc Clure

^۴Cavlazoglu

^۵Raman

تحقیقی با عنوان تأثیر آموزش نقشه مفهومی با استفاده از تمرین و بازخورد انجام شد که این مطالعه نشان می‌دهد که نقشه مفهومی به خودی خود تأثیر مثبت در آموزش دارد ولی اگر آموزش نقشه مفهومی همراه با دادن تمرین توسط معلم و گرفتن بازخورد از فراگیران باشد تأثیر مضاعفی در یادگیری خواهد داشت (روسگر و همکاران، ۲۰۱۸).

روش پژوهش

پژوهش حاضر برحسب هدف از نوع کاربردی- توسعه‌ای است. هدف پژوهش‌های کاربردی توسعه‌ی دانش کاربردی در یک زمینه‌ی خاص است، به عبارت دیگر پژوهش‌های کاربردی به سمت کاربرد عملی دانش هدایت می‌شود. در نوع توسعه‌ای هدف اساسی تدوین و تولید برنامه‌ها، طرح‌ها، تولید فرآورده(محتوا، کتاب و ...) و مانند آن است، به طوری که ابتدا موقعیت خاصی مشخص شده و براساس یافته‌های پژوهشی، طرح یا برنامه‌ی ویژه‌ی آن تدوین و تولید می‌شود.

روش پژوهش حاضر توصیفی - تحلیلی بوده که با استفاده از فن تحلیل محتوا انجام شده است که این روش برای بررسی محتوای آشکار پیام‌های موجود در یک متن استفاده می‌شود. مهم‌ترین کاربرد تحلیل محتوا توصیف ویژگی‌های یک پیام است. در این پژوهش نخست به مطالعه‌های کتابخانه‌ای در مورد موضوع پرداخته شد. با بررسی منابع گوناگون در مورد چگونگی طراحی محتوای آموزشی برای موضوع آن‌تروپی سرفصل‌هایی تعیین شد، سپس براساس سرفصل‌های تعیین شده اهدافی برای هر مبحث در جدول هدف - محتوا نوشته شد. اهداف تعیین شده بعد از تایید استاد راهنما آماده شدند. سپس طرح اولیه‌ی محتوای اصلی براساس مطالب جمع‌آوری شده از مطالعه‌های کتابخانه‌ای و بررسی مقاله‌ها و پایان نامه‌ها ارائه شد. محتوای آماده شده پس از چند بار بازنگری و اصلاح، بازنویسی شد. در این محتوا سعی براین است تا با ایجاد انگیزه و با پررنگ نشان دادن مفهوم آن‌تروپی، مطالب به روش کاوشگری، با استفاده از تصاویر، جدول، نمودار، فعالیت و تمرین به فراگیران ارائه شود.

نتایج و بحث (محتوای طراحی شده)

در این پژوهش با طراحی یک جدول هدف - محتوا (جدول ۱)، محتوایی درباره موضوع آن‌تروپی مبتنی بر رویکرد STEM و نقشه‌ی مفهومی تهیه شد.

جدول ۱- جدول هدف- محتوا آنروپی

<p>چگونه می‌توان محتوایی برای آموزش آنروپی با رویکرد STEM با استفاده از نقشه مفهومی طراحی کرد؟</p>	<p>پرسش کلی (هدف کلی)</p>
<p>۱- تولید آب گازدار ۲- بستنی‌ساز خانگی</p>	<p>فناوری مرتبط با مفاهیم ارائه شده در جهت رفع نیاز جامعه</p>
<p>از فراگیران انتظار می‌رود که:</p> <p>«حوزه دانشی»</p> <p>۱- آنروپی را تعریف کنند.</p> <p>۲- عوامل مؤثر بر آنروپی را نام ببرند.</p> <p>۳- با تعریف ترمودینامیکی تغییرات آنروپی و فرمول آن آشنا شوند.</p> <p>۴- با نحوه اندازه‌گیری تغییرات آنروپی با استفاده از فرمول آن آشنا شوند.</p> <p>۵- بیان کنند در چه شرایطی از تغییرات آنروپی، واکنش خود به خودی و در چه شرایطی ممکن است غیر خود به خودی باشد.</p> <p>۶- واکنش‌هایی را در زندگی روزمره نام ببرند که با افزایش و کاهش تغییرات آنروپی همراه باشند.</p> <p>«حوزه‌ی درک و فهم»</p> <p>۱- مفهوم آنروپی و تغییرات آن را درک کنند.</p> <p>۲- رابطه‌ی بین عوامل مؤثر در آنروپی یعنی حجم و دما را مفهوم آنروپی بفهمند.</p> <p>۳- مفهوم ترمودینامیکی تغییرات آنروپی و ارتباط آن با دما و گرما را درک کنند.</p> <p>۴- علت مثبت یا منفی بودن یا افزایش و کاهش تغییرات آنروپی را توضیح دهند.</p> <p>۵- خود به خودی بودن یا غیر خود به خودی بودن یک واکنش را بر اساس افزایش یا کاهش آنروپی درک کنند.</p> <p>«حوزه کاربرد»</p> <p>۱- کاربردهای افزایش و کاهش آنروپی، در واکنش‌هایی که در زندگی روزمره اتفاق می‌افتد را بتوانند توضیح دهند.</p>	<p>حوزه‌های شناختی مبتنی بر سطوح شناختی بلوم</p> <p>اهداف</p>

<p>۲- در صورت داشتن آنترروپی واکنش، تغییرات آنترروپی را بتوانند محاسبه کنند.</p> <p>۳- خود به خودی یا غیر خودی بودن یک واکنش را بر اساس تغییرات آنترروپی توضیح دهند.</p> <p>۴- در صورت داشتن مقدار دما و گرمای یک واکنش بتوانند تغییرات آنترروپی را محاسبه کنند.</p> <p>«حوزه تجزیه و تحلیل»</p> <p>۱- نقش کمیت‌های دما و گرما را در آنترروپی برای یک واکنش توضیح دهند.</p> <p>۲- اثرگذاری کمیت‌های حجم و دما را در تغییرات آنترروپی برای یک واکنش توضیح دهند.</p> <p>۳- علت خود به خودی بودن یک واکنش را بر اساس افزایش یا کاهش تغییرات آنترروپی را توضیح دهند.</p> <p>۳- دلیل تأثیرگذاری آنترروپی را در یک واکنش توضیح دهند.</p> <p>۴- انجام شدن واکنش‌هایی که با کاهش آنترروپی همراه هستند، بر اساس انتشار انرژی و نحوه تبادل آن در سیستم و محیط توضیح دهند.</p> <p>۵- انجام شدن واکنش‌هایی که با افزایش آنترروپی همراه هستند، بر اساس انتشار انرژی و نحوه تبادل آن در سیستم و محیط توضیح دهند.</p> <p>«حوزه ترکیب»</p> <p>۱- آزمایش یا آزمایش‌هایی را جهت بررسی تغییرات آنترروپی طراحی کنند.</p> <p>۲- با طراحی آزمایش یا آزمایش‌هایی خود به خودی یا غیر خودی بودن واکنش‌ها را برای حالت‌های افزایش یا کاهش تغییرات آنترروپی بررسی کنند.</p> <p>«حوزه ارزشیابی»</p> <p>۱- هم‌زمان برای چند واکنش تأثیرات دما و گرما را برای تغییرات آنترروپی بررسی کنند.</p> <p>۲- در چند واکنش تأثیرات حجم و دما را در افزایش یا کاهش تغییرات آنترروپی بررسی کنند.</p> <p>۳- در چند واکنش افزایش و کاهش آنترروپی، خود به خودی و غیر خودی به خودی بودن را بررسی کنند.</p>		
از فراگیران انتظار می‌رود که:	حوزه روانی	- حرکتی

<p>۱- بین مفاهیم دما، گرما، حجم، آنروپی و تغییرات آنروپی به خوبی ارتباط برقرار کنند.</p> <p>۲- آزمایش‌ها و فعالیت‌های عملی را با دقت انجام دهد تا به نتایج مطلوب و درستی برسند.</p> <p>۳- به نکات ایمنی حین انجام آزمایش‌ها دقت داشته باشد و آن‌ها را رعایت کنند.</p>	(مهارتی)	
<p>از فراگیران انتظار می‌رود که:</p> <p>۱- به مبحث آنروپی علاقه‌مند شوند.</p> <p>۲- به نقش آنروپی و تغییرات آن در انجام شدن یک واکنش اهمیت دهند.</p> <p>۳- به نقش علوم پایه و مهندسی به ویژه شیمی و مهندسی شیمی برای استفاده درست از آنروپی و انواع واکنش‌های خود به خودی پی ببرند. (تقویت نگرش مثبت نسبت به مبحث آنروپی و تأثیر آن در یک واکنش)</p> <p>۴- نسبت به آنروپی و تغییرات آن، تأثیراتی که بر یک واکنش دارد و استفاده درست از آن احساس مسئولیت کنند.</p> <p>۵- به‌عنوان یک شهروند نگران خسارات زیان‌بار ناشی از درست انجام نشدن یک واکنش و هدر رفت انرژی در هنگام پخش و انتشار آن باشند.</p> <p>۶- نسبت به انجام تحقیقات علمی نگرش مثبت پیدا کنند.</p> <p>۷- نسبت به شرکت در فعالیت‌ها و بحث‌های گروهی علاقه‌مند شوند و با نظر دیگر فراگیران با احترام برخورد کنند.</p>	حوزه عاطفی (نگرشی)	
<p>انواع واکنش‌ها - واکنش‌های شیمیایی - انرژی - انواع انرژی - مفهوم تغییر - دما و گرما - مفهوم حجم - مفهوم پخش و انتشار - مفهوم سیستم و محیط</p>	پیش دانشته‌های فراگیران	
<p>کاربست مفاهیم یادگرفته شده به منظور نیل به فناوری از طریق ریاضیات، مهندسی، علوم و فناوری</p>		
STEM	رویکرد مورد نظر	
<p>در این بخش با طراحی فعالیت آموزشی، فناوری مورد نظر از طریق طراحی مهندسی ایجاد می‌شود.</p>	طراحی مهندسی	
۱- تولید آب گازدار	فناوری مورد نظر	
فرآیند طراحی مهندسی ۱	مراحل طراحی مهندسی فناوری ۱	

پرسش کردن	آیا می‌توانید با استفاده از تجمع انرژی آب گازدار درست کنید؟
تصور کردن	پیشنهاد شما چیست؟ چگونه می‌توانید این کار را انجام دهیم؟ چه راه‌حلهایی برای انجام این کار وجود دارد؟
طراحی کردن	فهرست وسایل و ابزارهای مورد نیاز خود برای گازدار کردن آب را یادداشت کنید. از این وسایل چگونه می‌توان استفاده کرد؟ نحوه‌ی انجام فعالیت را طراحی و نمای شماتیک آن را رسم کنید.
ایجاد کردن	ساختن دست‌سازه در جهت نیل به فناوری مورد نظر.
بهبود بخشیدن	شناسایی نقاط ضعف و بهبود دادن آن در سازه.
فناوری مورد نظر	۲- بستنی ساز خانگی
مراحل طراحی مهندسی فناوری ۲	فرآیند طراحی مهندسی ۲
پرسش کردن	آیا می‌توانید با استفاده از تجمع و پخش انرژی بین سیستم و محیط در مدت کوتاهی بستنی درست کنید؟
تصور کردن	پیشنهاد شما چیست؟ چگونه می‌توانید این کار را انجام دهیم؟ چه راه‌حلهایی برای انجام این کار وجود دارد؟
طراحی کردن	فهرست وسایل و ابزارهای مورد نیاز خود را برای درست کردن بستنی یادداشت کنید. از این وسایل چگونه می‌توان استفاده کرد؟ نحوه‌ی انجام فعالیت را طراحی و نمای شماتیک آن را رسم کنید.
ایجاد کردن	ساختن دست‌سازه در جهت نیل به فناوری مورد نظر.
بهبود بخشیدن	شناسایی نقاط ضعف و بهبود دادن آن در سازه.

رویکردها و روش‌های تدریس

در گذشته از روش‌هایی برای تدریس استفاده می‌شد که برای فراگیران خسته‌کننده و کسالت آور بود اما امروزه از روش‌ها و رویکردهای نوین آموزشی استفاده می‌شود که هم جذاب است و هم فراگیران را فعال و درگیر با موضوع می‌کند. هدایت‌کننده‌ی روند تفکر در تصمیم‌گیری مدرس و معلم است و گویای نحوه‌ی تخصیص و تلفیق منابع انسانی و مادی کلاس و محتوای درسی برای پیشبرد و دستیابی به اهداف است. به عبارت کلی می‌توان گفت که راهبرد، مقایسه و انتخاب یک مسیر از بین مسیرهایی است که وصول به اهداف مورد نظر را میسر می‌سازد. راهبردها را می‌توان به: مستقیم،

غیرمستقیم، تعاملی، تجربی و مستقل تقسیم کرد. روش غیر مستقیم یکی از روش‌هایی است که مدرس به وسیله‌ی آن فراگیر را به تفکر درباره‌ی مفهومی جدید یا بیان مطلبی تشویق می‌کند. این شیوه شامل روش‌های: پرسش و پاسخ، بارش مغزی، بحث گروهی، حل مسئله، کاوشگری، خلاقیت انجام آزمایش از سوی فراگیر و نما آزمایش و رویکردهای: اکتشافی، تعاملی، STEM، پرورش خلاقیت، نقشه مفهومی و زمینه محور است. در این شیوه مدرس به صورت مستقیم مطالب را بیان نمی‌کند بلکه با طرح سوال‌های منظم، فعالیت ذهنی فراگیران را در مسیر مطالب و مفاهیم جدید قرار می‌دهد و آن‌ها را هدایت می‌کند تا خود به کشف مفاهیم جدید توفیق یابند. این روش برای مرور مطالبی که در گذشته آموخته شده، یا ارزشیابی از میزان درکی که فراگیران از مفهوم درس دارند و پرورش قدرت تفکر آن‌ها بسیار مؤثر است اما سؤالات باید با توجه به زمینه‌های علمی فراگیران و به گونه‌ای طراحی شوند که توجه آنان را برانگیزند و ذهن آن‌ها را به حرکت درآورند.

در این مقاله بر روش تدریس غیر مستقیم (روش‌ها و رویکردهای ذکر شده) تاکید شده و در جهت ارائه محتوای آموزشی از این روش استفاده شده است:

ابتدا فراگیران را به گروه‌های چند نفره تقسیم می‌کنیم و در هر گروه چند فراگیر ممتاز قرار می‌گیرد. محتوا نیز بر اساس رویکرد STEM و نقشه‌ی مفهومی طوری طراحی شده که فراگیر با استفاده از پاسخ به سؤالاتی در مورد، انجام فعالیت‌های عملی، آزمایش‌ها و فعالیت‌های دیگر بتواند به مفهوم آنتروپی پی ببرد و کج‌فهمی‌ها نیز برطرف شود.

نمونه‌ای از فعالیت‌های طراحی شده در محتوا

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی

رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی

فکر کنید ۱

یک لیوان آب با دمای 90°C را در دمای اتاق در نظر بگیرید. دمای این لیوان آب بعد از مدتی به 25°C می‌رسد و با دمای محیط (اتاق) برابر می‌شود. این فرآیند چگونه اتفاق می‌افتد؟ آیا در حالت عادی و در دمای اتاق برعکس آن (رسیدن دمای لیوان آب از 25°C به 90°C) نیز امکان پذیر است؟

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی

رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی

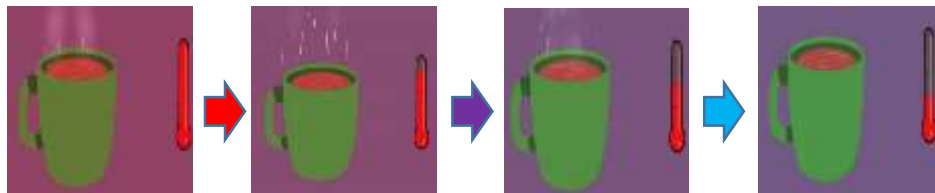
به نظر شما آیا همیشه واکنش‌های گرمازا خود به خودی و واکنش‌های گرماگیر غیرخود به خودی اتفاق می‌افتند؟

برای یافتن جواب به سؤالات زیر پاسخ دهید:

مولکول‌های آب از به هم پیوستن اتم‌های اکسیژن و هیدروژن و با آزاد سازی گرما تشکیل می‌شوند. آیا این واکنش خود به خود اتفاق می‌افتد؟ آیا عکس این واکنش هم به طور خود به خود امکان پذیر است؟ یخ در دمای اتاق بعد از مدتی ذوب می‌شود. ذوب شدن یخ از نظر گرما چه نوع واکنشی است؟ آیا خود به خود اتفاق می‌افتد؟ یخ زدن آب چطور؟ از نظر گرما چه نوع واکنشی است؟ آیا خود به خود اتفاق می‌افتد؟ آیا فقط گرمازا یا گرماگیر بودن یک واکنش باعث می‌شود که واکنش‌ها خود به خودی یا غیر خود به خودی انجام شوند؟

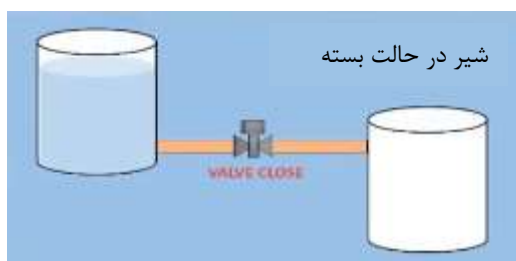
برای یافتن جواب به سؤالات زیر پاسخ دهید:

یک لیوان چای را در نظر بگیرید انرژی گرمایی لیوان چای بعد از مدتی خود به خود کاهش می‌یابد و سرد می‌شود (شکل ۱). چرا؟



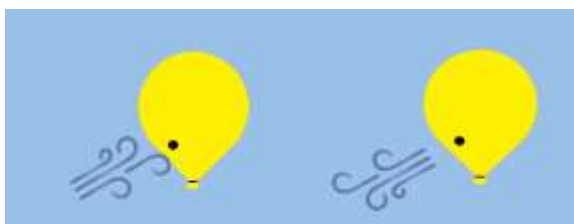
شکل ۱- سرد شدن یک فنجان چای

دو ظرف آب متصل به هم را در نظر بگیرید. یک ظرف پر از آب و دیگری خالی از آب (شکل ۲)، اگر شیر متصل بین دو ظرف را باز کنیم آب به طور خود به خودی از کدام ظرف به سمت کدام ظرف می‌رود؟



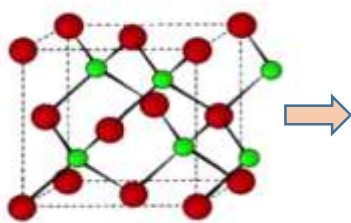
شکل ۲- اتصال دو ظرف آب پر و خالی

یک بادکنک پر از هوا را در نظر بگیرید. سوراخی در بادکنک ایجاد کنید (شکل ۳). آیا هوا از بیرون و از طریق سوراخ به داخل بادکنک می‌رود یا بالعکس؟ چرا؟



شکل ۳- خروج هوا از سوراخ ایجاد شده در بادکنک

چرا یخ تمایل دارد خود به خود از حالت جامد به حالت مایع تبدیل شود (شکل ۴)؟



شکل ۴- ذوب شدن یخ

چرا وقتی سر بطری عطر را برمی داریم، عطر به سرعت در هوا پخش می شود؟

چرا شکر یا نبات به راحتی در چای داغ حل می شود؟

چرا وقتی درب یک نوشابه گازدار را برمی داریم گاز از درون نوشابه به بیرون منتشر می شود؟

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی، اجرای آزمایش توسط فراگیر، کاوشگری
رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی

کاوش کنید

لوازم مورد نیاز آزمایش:

بطری شیشه‌ای - بادکنک - یک ظرف آب گرم - کش لاستیکی

روش اجرا:

بادکنک را روی بطری شیشه‌ای قرار داده و سر آن را با کش لاستیکی ببندید. بطری را درون ظرف آب گرم

قرار دهید. مشاهدات خود را یادداشت کنید.

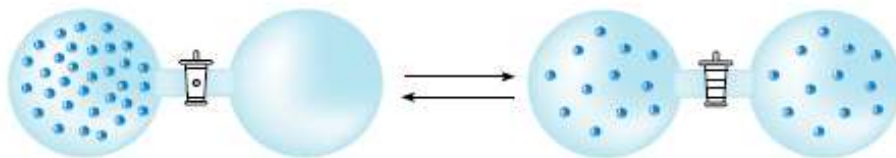
الف) چه نتیجه ای می گیرید؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی، بارش مغزی

رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی، زمینه محور

با هم بیندیشیم

درباره‌ی تصویر زیر گفت و گو و آن را تفسیر کنید.



با توجه به پاسخ پرسش‌های بالا، کاوش کنید و باهم بیندیشیم به نظر شما علت این اتفاقات چیست؟ چه عاملی سبب می‌شود که این فرآیندها خود به خود انجام شوند؟ چه مثال‌های دیگری از زندگی روزمره‌ی خود می‌توانید بزنید که یک فرآیند با پخش انرژی و به طور خود به خود انجام شود؟



اما حالتی دیگر را در نظر بگیرید:

چرا کارخانجات نوشابه‌سازی با فشار گاز را به درون نوشابه تزریق می‌کنند؟ آیا شما هم می‌توانید این کار را انجام دهید؟ آزمایش زیر را انجام دهید.

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی، اجرای آزمایش توسط فراگیر، کاوشگری، خلاقیت

رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی، پرورش خلاقیت، STEM



مهندسی

آب گازدار بسازید:

مساله: آیا می‌توانید با استفاده از تجمع انرژی آب گازدار درست کنید؟

راه حل: پیشنهاد شما چیست؟ چگونه می‌توانید این کار را انجام دهید؟

طراحی کنید: فهرست وسایل و ابزارهای مورد نیاز خود را برای ساخت آب گازدار یادداشت کنید.

ایجاد کنید: دست به کار شوید و بسازید.



دست به آچار شوید (۱)

لوازم مورد نیاز آزمایش:

دو بطری آب معدنی خالی (بزرگ و کوچک) - سرکه سفید - جوش شیرین - ۱ متر لوله پلاستیکی (شیلنگ سیلیکونی) - میخ - انبردست - قیچی - قیف - چسب حرارتی.
توجه: می‌توانید به جای شیلنگ سیلیکونی از شیلنگ سِرْم استفاده کنید و طبق تصویر دو طرف آن را قیچی کنید.

روش اجرا:



- ۱- ابتدا در بطری بزرگ را باز کنید و بیشتر از نصف آن را آب بریزید.
- ۲- در بطری خالی کوچک را هم باز کنید. به وسیله انبردست نوک تیز میخ را روی اجاق داغ کنید و در دو بطری را به اندازه قطر لوله پلاستیکی سوراخ کنید.
- ۳- دو سر لوله پلاستیکی را از دو در بطری عبور دهید. برای در بطری کوچک به اندازه ۲ سانتی متر لوله را عبور دهید و برای در بطری بزرگ حاوی آب به اندازه ارتفاع بطری، لوله را از سوراخی که در آن ایجاد کردید عبور دهید. دو طرف محل عبور لوله از سوراخ درها را با چسب حرارتی چسب بزنید تا راهی برای ورود و خروج هوا نباشد.
- ۴- در بطری حاوی آب را ببندید.
- ۵- درون بطری کوچک مقداری سرکه بریزید. مقداری جوش شیرین را با قیف به سرکه اضافه کنید و بلافاصله در آن را ببندید، مطابق شکل.



۶- بطری حاوی سرکه و جوش شیرین را به آرامی تکان دهید و منتظر بمانید.

الف) مشاهدات خود را یادداشت کنید.

ب) چه اتفاقی می‌افتد؟

پ) آیا این اتفاق برای بطری حاوی آب خود به خودی صورت گرفته؟ چرا؟

بهبود دهید:

ت) آیا می‌شود این آزمایش را به شیوه بهتری انجام داد؟ به نظر شما نقاط ضعف کجاست؟

ث) آیا می‌توان با مواد اولیه بیشتر یا ظروف بزرگ‌تری این کار را انجام داد؟

ث) آیا می‌توان آب‌میوه گازدار درست کرد؟

ج) آیا با افزودن اسانس گیاهان هم می‌توان آب گازدار با طعم‌های مختلف درست کرد؟

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی، بارش مغزی

رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی

تحقیق کنید

در مورد خواص آب گازدار تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی، بارش مغزی

رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی، زمینه محور

یخ زدن آب را در نظر بگیرید. این فرآیند چطور انجام می‌شود؟ آیا

این تغییر حالت آب خود به خودی انجام می‌شود؟ چرا؟

در زمستان که هوا سرد است روی شیشه پنجره قطرات آب

جمع می‌شوند. این فرآیند چگونه انجام می‌شود؟ آیا بخار آب

تمایل دارد که خود به خود تبدیل به مایع شود؟ چرا؟

یک قابلمه محتوی آب که روی اجاق گاز و در حال جوشیدن

است را در نظر بگیرید. یک کیسه فریزر را با فاصله روی

بخار آب در حال جوشیدن قرار دهید. چه مشاهده

می‌کنید؟ چرا این اتفاق افتاد؟ آیا این فرآیند خود به خودی صورت گرفته است؟ چرا؟

با توجه به فعالیت‌هایی که انجام دادید به نظر شما علت این اتفاقات چیست؟ چه عاملی سبب می‌شود که این

فرآیندها خود به خودی انجام نشوند؟

چه مثال‌های دیگری از زندگی روزمره‌ی خود می‌توانید بزنید که یک فرآیند با کاهش پخش انرژی همراه باشد

و انجام شود؟



یخ‌ساز یخچال



میعان بخار آب روی شیشه

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی، بارش مغزی

رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی

فکر کنید ۲

با توجه به فعالیت‌های بالا، پخش انرژی در مواد جامد، مایع و گاز نسبت به هم چگونه است؟

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بحث گروهی، اجرای آزمایش توسط فراگیر، خلاقیت رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی، پرورش خلاقیت، STEM



مهندسی کنید ۲

در ۱۰ دقیقه بستنی درست کنید

مسئله: آیا می‌توانید با استفاده از تجمع و پخش انرژی بین سیستم و محیط بستنی درست کنید؟
راه حل: پیشنهاد شما چیست؟ چگونه می‌توانید این کار را انجام دهید؟
طراحی کنید: فهرست وسایل و ابزارهای مورد نیاز خود را برای درست کردن بستنی یادداشت کنید.
ایجاد کنید: دست به کار شوید و بسازید.



دست به آچار شوید (۲)

لوازم مورد نیاز آزمایش:

دو لیوان شیر پرچرب - یک تا دو قاشق غذا خوری خامه - ۴ قاشق غذا خوری شکر - نصف لیوان نمک - دو عدد کیسه پلاستیکی زیپ‌دار (در دو اندازه بزرگ و کوچک) - تکه‌های یخ به مقدار لازم (به مقداری که کیسه پلاستیکی زیپ‌دار بزرگتر پر شود) - نصف قاشق چای خوری وانیل - یک تکه پارچه تمیز.
توجه: اضافه کردن نمک به یخ برای سریعتر ذوب شدن یخ است.

روش اجرا:

۱- ابتدا شیر و خامه را در یک ظرف بریزید و کاملاً مخلوط کنید.



۲- در این مرحله شکر و وانیل را به مخلوط اضافه کنید و به خوبی هم بزنید تا شکر حل شود. در این مرحله مایع بستنی آماده شد.

۳- مایع بستنی را درون کیسه پلاستیکی زیپ‌دار کوچک‌تر بریزید و زیپ آن را محکم ببندید تا مواد خارج نشود.

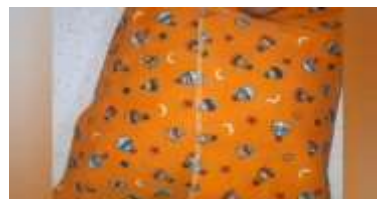


۴- در این مرحله مقداری از تکه‌های یخ را درون پلاستیک زیپ‌دار بزرگ‌تر بریزید و نمک را به یخ اضافه کنید.

۵- در این مرحله پلاستیک مایع بستنی را درون پلاستیک یخ‌ها قرار دهید و باقیمانده تکه‌های یخ را روی آن بریزید و زیپ این پلاستیک را هم محکم ببندید.



۶- وقتی زیپ پلاستیک بزرگ‌تر را هم بستید آن را درون پارچه قرار دهید و به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه تکان دهید.



دهید. بستنی شما آماده است.

(الف) چه عاملی سبب شد تا مخلوط شیر و خامه تبدیل به بستنی شود؟

(ب) اگر این مجموعه را سیستم و محیط اطراف در نظر بگیریم. کدام پلاستیک سیستم و کدام یک محیط است؟

(پ) افزایش و کاهش پخش انرژی در بین سیستم و محیط چگونه اتفاق می‌افتد؟

ت) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

بهبود دهید:

ث) آیا می‌شود این آزمایش را به شیوه بهتری انجام داد؟ به نظر شما نقاط ضعف کجاست؟

ج) آیا می‌توان با مواد اولیه بیشتری این کار را انجام داد؟

چ) آیا می‌توان بستنی را در طعم‌های متفاوت درست کرد؟

روش تدریس: سخنرانی

رویکرد: آموزش مستقیم

پخش انرژی در محیط در حال افزایش است و در هر برهم کنشی، سیستم (منظور از سیستم، سیستم و سامانه بسته است) و محیط داریم. به طور مثال در واکنش ذوب شدن یخ و سرد شدن چای داغ، یخ و چای داغ سیستم و فضای اطراف محیط است. یعنی این واکنش‌ها چون با افزایش پخش انرژی در محیط همراه هستند خود به خودی انجام می‌شوند. همچنین کاهش پخش انرژی در سیستم هم باعث افزایش پخش انرژی در محیط می‌شود مثل تولید بستنی. به همین علت است که تولید بستنی با اینکه با کاهش پخش انرژی همراه است ولی باز خود به خودی انجام می‌شود. در آزمایش تولید بستنی کیسه حاوی مایه‌ی بستنی سیستم و کیسه حاوی یخ در اطراف مایه، محیط ما در این فرآیند است.

سرد شدن مایه‌ی بستنی در واقع نشان دهنده کاهش پخش انرژی در سیستم است اما گرمایی که از سیستم به محیط وارد شده مانند یک واکنش گرمازا عمل کرده و توزیع انرژی در محیط را افزایش می‌دهد. این یعنی دما و گرما معیاری برای میزان پخش انرژی هستند. به دیگر سخن یک سیستم را مجزا از محیط در نظر نمی‌گیریم. آنچه افزایش می‌یابد آنتروپی کل است شامل محیط و سیستم. ممکن است در بخش‌هایی از سیستم شاهد کاهش آنتروپی و در نتیجه کاهش پخش انرژی باشیم اما بی‌تردید در جای دیگر با افزایش بیشتری در میزان پخش انرژی روبرو خواهیم بود. می‌توان نشان داد که تجمع انرژی در یک نقطه به قیمت پخش انرژی در نقطه‌ای دیگر است.

در واقع زمانی که یک واکنش خود به خودی اتفاق نمی‌افتد و کاهش آنتروپی در سیستم داریم ما با انجام کار باعث انجام آن می‌شویم، انجام کار توسط ما باعث افزایش آنتروپی محیط شده در نتیجه آن واکنش با کاری که ما انجام می‌دهیم صورت می‌گیرد.

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ

رویکرد: آموزش مستقیم، تعاملی

آنتروپی



شکل ۵- پخش شدن رنگها در هم

حل شدن رنگ در آب (شکل ۵)، پخش شدن صدا در محیط و خارج شدن هوا از سوراخ لاستیک خودرو یا یک بادکنک را در نظر بگیرید. چه توجیهی برای این مثال‌ها وجود دارد؟ چرا رنگ، صدا و هوا در محیط پخش می‌شوند؟

انرژی در جهان مادی، به هر شکلی که باشد، یا پراکنده می‌شود یا گسترش پیدا خواهد کرد. به پخش و انتشار انرژی انباشته شده در محیط آنتروپی می‌گویند. با تعریف ذکر شده می‌توان توجیهی مناسب برای سؤالات ذکر شده پیدا کرد و دریافت که آنتروپی انرژی نیست بلکه میزان تمایل به پخش و انتشار انرژی است. بنابراین آنتروپی میزان خود به خود بودن فرآیندها را به صورت کمی اندازه‌گیری می‌کند و مشخص می‌کند که در یک دمای به‌خصوص، چه مقدار انرژی، آزاد شده است. به بیان دیگر، قانون دوم ترمودینامیک بیان می‌کند که هر فرآیند در جهتی پیش می‌رود که آنتروپی آن در سیستم افزایش پیدا کند.

آنتروپی یک سامانه بسته (منزوی) با انجام فرآیند خود به خودی، افزایش می‌یابد. حال به نظر شما جهان هستی را چه نوع سامانه‌ای می‌توان در نظر گرفت؟ آنتروپی جهان چگونه است؟

عوامل مؤثر در آنتروپی

با توجه به کاوش کنید، باهم بیندیشیم و افزایش انحلال‌پذیری شکر با افزایش دما درمی‌یابیم که آنتروپی به دما و حجم بستگی دارد. همچنین علاوه بر دما و حجم آنتروپی به حالت یک ماده یا سامانه، نوع و مقدار ماده نیز وابسته است. که ما بیشتر به حجم و دما می‌پردازیم. آنتروپی با S و تغییرات آن با ΔS نمایش داده می‌شود. واکنش‌های خود به خودی با افزایش آنتروپی ($\Delta S > 0$) و

واکنش‌های غیر خود به خودی با کاهش آنتروپی ($\Delta S < 0$) همراه هستند. بنابراین تغییرات آنتروپی به صورت رابطه (۶) بیان می‌شود:

$$\Delta S = S_2 - S_1 \quad (1)$$

در این تعریف که تعریف ترمودینامیکی آنتروپی نیز هست، تغییر آنتروپی در یک فرایند با گرمای دادوستد شده رابطه مستقیم و با دمای ثابتی که در آن گرما دادوستد می‌شود، رابطه وارونه دارد.

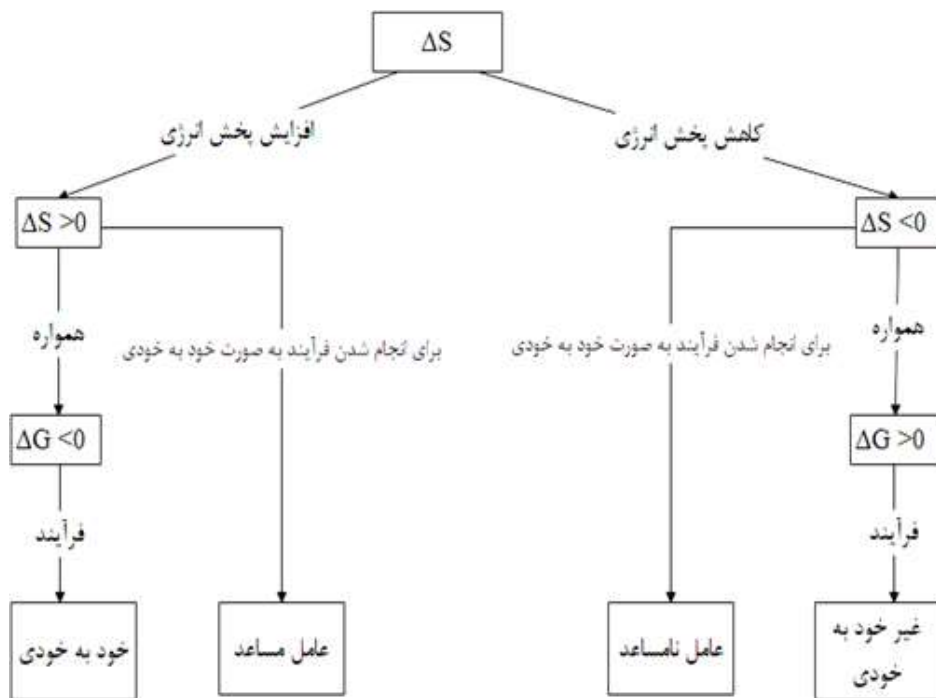
$$\Delta S = \frac{q}{T} \quad (2)$$

در رابطه‌ی (۲)، q و T به ترتیب نشان‌دهنده گرما و دما هستند. یکای گرما ژول و یکای دما کلوین است. این رابطه نشان می‌دهد که هر چه در دمای ثابت، گرمای بیشتری به یک سامانه معین سرازیر شود، ΔS آن بزرگ‌تر خواهد شد. از سوی دیگر هنگامی که گرمای یکسانی به دو سامانه در دمای ثابت داده می‌شود، سامانه‌ای که دمای ثابت کمتری دارد، ΔS بزرگ‌تری خواهد داشت. در واقع به ازای گرمای یکسان برای دو سامانه با مقدار ماده برابر، آن که دمای کمتری دارد، ΔS بزرگ‌تری خواهد داشت. توجه داشته باشید رابطه (۲) تا زمانی معتبر است که در سامانه یا سیستم تغییر حالت ماده رخ ندهد.

انرژی تلف شده به شکل گرما در هر فرآیند صرف افزایش آنتروپی می‌گردد؛ در نتیجه از انرژی کل داد و ستد شده در واکنش یعنی (ΔH) مقداری به شکل غیر مفید یعنی ($T\Delta S$) از دسترس خارج می‌شود و برآیند آن‌ها یعنی انرژی در دسترس و مفید برای انجام کار در یک فرآیند انرژی آزاد گیبس نام دارد. نماد انرژی آزاد گیبس (G) بوده و تغییرات آن با (ΔG) نشان داده می‌شود. معیار اصلی خود به خودی بودن یا نبودن یک فرآیند با ΔG برآورد می‌شود. و همواره در هر واکنش شیمیایی یا رویداد طبیعی، باید ($\Delta G < 0$) باشد تا آن واکنش یا رویداد خود به خود اتفاق بیفتد. پس ($\Delta G > 0$) یعنی غیر خود به خودی بودن فرآیند. یک عامل مؤثر در ΔG ، آنتروپی (ΔS) است. زمانی که $\Delta S > 0$ باشد عامل مساعد است و فرآیند همواره خودبه‌خودی است در نتیجه $\Delta G < 0$ می‌شود. زمانی که $\Delta S < 0$ باشد عامل نامساعد است و فرآیند همواره غیر خودبه‌خودی است در نتیجه $\Delta G > 0$ می‌شود. بیان ریاضی آن به صورت زیر است:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (3)$$

روش تدریس: سخنرانی، پرسش و پاسخ، بارش مغزی
رویکرد: آموزش مستقیم، تعاملی، استفاده از نقشه مفهومی



شکل ۶- نقشه مفهومی آنتروپی سیستم

روش تدریس: پرسش و پاسخ، بحث گروهی، حل مسئله
رویکرد: آموزش اکتشافی، تعاملی، استفاده از نقشه مفهومی



مهندسی معکوس

اکنون نکات مهم مربوط به نقشه مفهومی (شکل ۶) را استخراج و در قسمت‌های مورد سوال وارد کنید (شکل ۷).



شکل ۷- نمودار آنتروپی سیستم

نتیجه‌گیری

با وجود این که عبارت «تعداد راه‌های پخش ذرات» در کتاب درسی شیمی سال سوم دبیرستان نظام قدیم بیان شده، تحقیقات نشان می‌دهد که اکثر معلمان در بررسی مفهوم آنتروپی به این عبارت توجه نکرده و می‌توان دلیل آن را به کاربردن واژه بی‌نظمی در تمام مثال‌های ذکر شده در کتاب درسی دانست که در نتیجه آن خواننده عامل بی‌نظمی را مهم‌تر دانسته است. معلمان محسوس‌ترین و ساده‌ترین عبارت را برای انتقال منظور خود انتخاب می‌کنند تا هم خود و هم دانش‌آموزان در فرایند تدریس و یادگیری زودتر با موضوع ارتباط برقرار کنند. شاید پیچیدگی و عدم آشنایی کامل معلمان با مفهوم آنتروپی مانعی درگسترش کاربردهای این مفهوم و انتقال آن در زندگی روزمره باشد. در نتیجه از مثال‌هایی استفاده می‌کنند که ساده‌ترین و کوتاه‌ترین راه برای رسیدن به نتیجه مورد قبول آنهاست. در واقع سطح مطالعات معلمان از کتاب درسی فراتر نرفته و دانش‌آموزان درگیر مراحل کاوشگری نمی‌شوند، و واژه آنتروپی را با بی‌نظمی و آن را هم به مرتب نبودن، شلوغی و به هم ریختگی یکسان می‌دانند که به خاطر نحوه نگاه کتاب درسی به آنتروپی است. کتاب درسی در توصیف تمام مثال‌ها و تغییرات از واژه بی‌نظمی استفاده کرده، همین امر موجب می‌شود ذهنیت دبیران به سمت این اصطلاح عامیانه سوق داده شود. اگرچه به کاربردن کلمه بی‌نظمی در توصیف آنتروپی نادرست نیست، استفاده از آن نه تنها موجب ایجاد کج‌فهمی در دانش‌آموزان می‌گردد، بلکه به مرور مفهوم

اصلی ترمودینامیکی خود را در ذهن معلمان نیز از دست داده و معنای علمی بی‌نظمی به کاربردی در قالب شلوغی و هرج و مرج تبدیل می‌گردد. بنابراین بهتر است به جای تأکید بر بی‌نظمی در تغییر آنروپی سامانه به احتمال یافتن هر ذره در مکان‌های مختلف، توزیع انرژی در بین انواع حرکت‌های مولکولی و شیوه‌ی آرایش ذره‌ها در سامانه توجه شود. آنروپی را باید به‌عنوان شاخص انرژی منتشر شده در درون سامانه و بین سامانه و محیط آن و روش‌های توزیع ذره‌ها در یک سامانه معین تعریف کرد. در پژوهش‌های دیگر بیان شده است که اغلب «بی‌نظمی بصری» و آنروپی به عنوان کلماتی مترادف در نظر گرفته شده‌اند. نویسندگان کتاب‌های درسی و معلمان بدون در نظر گرفتن تعریف بی‌نظمی، آن را به کار می‌برند و در نتیجه معنی آن در میان مخاطبین دگرگون می‌شود، آنچه که «بی‌نظمی» بیان می‌شود باید به صورت صریح بیان و تعریف شود. که درباره‌ی این موضوع کتاب راهنمای معلم و تغییر نحوی بیان آنروپی در محتوای کتاب‌های درسی رسمی ضرورتی است که می‌تواند از میزان کج‌فهمی‌های مرتبط بکاهد.

پژوهش حاضر کج‌فهمی‌های موجود درباره آنروپی را بررسی کرده و با آن‌ها موافق است، هم‌چنین با راهکار ارائه شده از سایر مطالعات که همان ایجاد تغییر در متن کتاب درسی و محتوا می‌باشد نیز موافق است. اما راهکار ارائه شده از طرف ما استفاده از روش‌ها و رویکردهای نوین تدریس است، تا کج‌فهمی‌ها به صورت اساسی برطرف گردد. در نتیجه به موجب ضرورت موضوع و درک بهتر و بیان رساتر آن با استفاده از رویکرد STEM و نقشه مفهومی موضوع طراحی محتوای آموزش آنروپی را بیان کرده‌ایم تا بتوانیم نتیجه بهتری در رفع نقایص و مشکلات مفهوم آنروپی برای دانش‌آموزان، دانشجو معلمان و معلمان و ... داشته باشیم. محتوای طراحی شده جهت آموزش مبحث آنروپی با رویکرد STEM و با استفاده از نقشه‌ی مفهومی مطرح شد. استفاده از روش‌های نوین آموزشی سبب افزایش درک و تغییر نگرش در فراگیران می‌شود. در نتیجه ارائه یک جمع‌بندی کلی، به محدودیت‌های موجود در پژوهش و پیشنهادهایی جهت بهبود روند کار پرداخته می‌شود. سپس توصیه‌هایی برای پژوهش‌های بعدی در ارتباط با این تحقیق بیان می‌شود. مزیت رویکردهای پیشنهادی ما یعنی STEM و نقشه مفهومی بدین صورت است که، روش‌های تدریس و رویکردهای فعال نسبت به رویکردهای سنتی و منفعل در امر آموزش به صورت مؤثرتری عمل کرده و علاقه، انگیزه و کنجکاوی فراگیر را نسبت به یادگیری افزایش می‌دهند. این نوع یادگیری باعث ایجاد فرصت‌هایی برای به اشتراک‌گذاری دانش و مهارت‌های مربوطه، درگیر شدن فراگیر، کاوشگری و

یادگیری اکتشافی می‌شود؛ همچنین سبب پرورش مهارت استدلال اطلاعات، توسعه خلاقیت، مهارت‌های ارتباطی و سایر مهارت‌های تفکر می‌گردد.

منابع

- توکلی، زینب، امیری، افسانه، تدین، سیمین. (۷۰۶ شهریور ۱۳۹۲). مقایسه کج فهمی های مفهوم آنتروپی برای دانش آموزان سال آخر دبیرستان و دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته شیمی. هشتمین سمینار آموزش شیمی ایران. سمنان: دانشگاه سمنان.
- امیری، فاطمه. کل صفتان، محمدرضا. (۱۳۹۸) رویکرد استم و الزامات پیاده سازی آن در ایران. فصل نامه پویش در آموزش علوم پایه. ۴۲-۵۰
- جوادی پور، محمد. (۱۳۸۵). طراحی و اعتبار بخشی الگوی برنامه درسی تربیت بدنی در مدارس ابتدایی ایران. پایان نامه دکتری تخصصی. دانشگاه تربیت معلم تهران. تهران.
- ذیقمی، نسرين. (۷۰۶ شهریور ۱۳۹۲). بررسی برخی از علل کج فهمی های قانون دوم ترمودینامیک و تابع آنتروپی. هشتمین سمینار آموزش شیمی ایران. سمنان: دانشگاه سمنان.
- روح الهی، احمد، جلیلی، سیف الله، سمیعی، دوست محمد، ارشدی، نعمت الله. (۱۳۹۰). شیمی ۳ و آزمایشگاه برهم کنش میان مواد. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
- شاه محمدی، معصومه. عبدالله میرزائی، دکتر رسول. ارشدی، دکتر نعمت الله. (تابستان ۱۳۹۰). مطالعه تاثیر دیدگاه بی نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی. فصلنامه مطالعات برنامه درسی ایران، سال ششم، شماره ۲۱. ۱۸۹-۲۰۶.
- عبدالله میرزایی، رسول. شاه محمدی، معصومه. کوهی فایق، امراله. (بهار ۱۳۹۷) یادگیری مبتنی بر کاوشگری هدایت شده در آموزش شیمی. تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی.
- مصر آبادی، جواد. (۱۳۸۴). اثر بخشی ارائه ساخت فردی و ساخت گروهی نقشه مفهومی به عنوان یک راهبرد آموزشی، فصل نامه نوآوری های آموزشی، شماره ۸.

Anderson, J.R. (1993). Rules of the mind. Lea: Hillsdale: Lea.

Becker, Kurt. Park, Kyungsuk. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on

- students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 23-37.
- Bibi, Thomas. Watters, James J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches to STEM education. *International Journal of Educational Development*, 45, 42–53.
- Callan, Eamonn; Phillips, D.C. Siegel, Harvey. (2018, Oct 7). <https://plato.stanford.edu/entries/education-philosophy/>. Retrieved from <https://plato.stanford.edu>.
- Cavlazoglu, Baki. Erkan Akgün, Özcan. Stuessy, Carol. (January 2013). An Innovative Use of Concept Mapping for Improving and Assessing STEM Teachers' Conceptual Understanding. *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, (pp. 4777-4780). Savannah, Georgia.
- <https://www.zoomit.ir/scientific/340645-entropy-concept-simple-words/>. (n.d.).
- Johnstone, A. MacDonald, H. j, j. Webb, G. (1977). www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail. Retrieved from www.eric.ed.gov.
- McClure, John R. Sonak, Brian. Suen, Hoi K. (1999). Concept Map Assessment of Classroom Learning: Reliability, Validity, and Logistical Practicality. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, 36, NO. 4, 475-492.
- Raman, Raghu. Nedungadi, Prema. Haridas, Mithun. (January 2015). Blending Concept Maps with Online Labs for STEM Learning. *Article in Advances in Intelligent Systems and Computing*, 133-141.
- Roessger, Kevin M. Daley, Barbara j. Hafez, Duaa A. (2018). Effects of teaching concept mapping using practice, feedback, and relational framing. *Learning and Instruction*, 54, 11-21.
- Sozibilir, Mustafa. (2006). Turkish chemistry undergraduate students' misunderstandings of Gibbs free energy. *The Royal Society of Chemistry*, 73-83.



Designing Educational Content on Entropy with STEM Approach and Concept Map

Kamran Amini ¹, Maryam Ghanbari ², Javad Beheshtian ^{3*}

¹ Master student of chemistry, Shahid Rajaei University, Tehran, Iran

^{2,3} Department of Chemistry, Shahid Rajaei University, Tehran, Iran.

Abstract

Entropy gives meaning to energy, but they have always created misconceptions among students, or that learners who had difficulty. Therefore, designing educational content to better learn the concept of entropy and its applications based on the STEM approach and concept map will be an important step for students to learn and acquire skills in the long run. The method of the present study is descriptive-analytical which has been done using the content analysis technique. The statistical sample used is a collection of books, articles, journals, and dissertations related to entropy that were selected and analyzed until the theoretical saturation of the data. By reviewing the literature on how to design entropy educational content, with the guidance of experts in this field, during several round-trip stages of axial coding, topics were determined and then based on the topics assigned, goals for each subject in the content goal table was written. In the present project, learners can perform experiments, practical activities, and knowledge building with new teaching methods and approaches. The STEM approach and concept map are two of the new teaching methods and approaches. Their use in teaching and designing an educational content helps students learn in a long-term and meaningful way, and also leads to exploration and skills acquisition in learners.

Keywords: Entropy, STEM approach, Content design, Education, Misunderstanding, Concept map.

*Corresponding Author: (✉) j.beheshtian@gmail.com)