

مطالعه تاثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی

Study of Effects of Disorder approach on Perception of Chemistry Teachers of Entropy Concept

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۲۲؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۴/۲۰

M. Shahmohammadi., (M.sc Student), R. Abdullah Mirzaie., (Ph.D)., & N. Arshadi., (Ph.D)

معصومه شاه محمدی^۱

دکتر رسول عبدالله میرزایی^۲

دکتر نعمت الله ارشدی^۳

Abstract: Chemistry is an experimental science and necessity of relationship between basic conceptions of this field and living phenomena are obvious. So, students achieve significant learning that is one of the goals of each educational system. This matter would not be fulfilled unless the teachers have accurate and depth understanding of the conception and be familiar with its scientific application. Colloquial language, expresses and words, using in textbooks, could make a wrong thought in the mind of the teachers that effects on manner of expression of scientific debates in the class and educational approaches. This research involved in manner of chemistry teachers' perception of Entropy concept in living events by a questionnaire and evaluates effects of entropy approach on teachers' belief of this concept and capability of them in extending entropy concept. According to results of this research, most of chemistry teachers, from among various and thermodynamic definitions of entropy, limited to it as in the textbooks, which is directly influence on manner of training entropy concept; this unfamiliarity will restrict them at the time of providing examples of decrease or increase of entropy in reactions. It is seen that teachers attribute entropy to macro objects' busy and tumble, and are far from scientific concept of entropy. In fact, definition of entropy creates a macroscopic view in them that are not able to define chemical concepts like entropy in particle and microscopic dimension.

Key words: Entropy, ways of arranging particles, disorder, misconception, thermodynamic

چکیده: شیمی علمی تجربی است و لزوم ایجاد ارتباط بین مفاهیم بنیادی این حوزه از علم و پدیده‌های محیط زندگی بر کسی پوشیده نیست. در این- صورت دانش‌آموزان به یادگیری معنادار که یکی از اهداف غایی هر نظام آموزشی است دست می‌یابند. این امر تحقق نمی‌یابد مگر آن که معلمان آن‌ها، خود درکی عمیق و درست از مفهوم داشته و با کاربرد علمی آن آشنا باشند. زبان محاوره‌ای، واژه‌ها و عبارات‌های به‌کار برده‌شده در کتب درسی می‌تواند یک کج‌فهمی را آن‌چنان در ذهن معلم ریشه‌دار سازد که بر نحوه بیان مباحث علمی در کلاس درس و رویکرد آموزشی او تاثیر بسیار گذارد. این پژوهش از طریق پرسش‌نامه به بررسی چگونگی درک معلمان شیمی از مفهوم آنتروپی پرداخته و تاثیر رویکرد بی‌نظمی بر باور معلمان از این مفهوم و میزان توانایی معلمان در بسط مفهوم آنتروپی به رویدادهای واقعی زندگی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. براساس نتایج این پژوهش، اغلب معلمان شیمی از تعاریف متنوع و ترمودینامیکی آنتروپی فقط به تعریف بی‌نظمی که رویکرد کتاب درسی است بسنده کرده و این امر تاثیر مستقیم در چگونگی آموزش مفهوم آنتروپی دارد. این عدم آشنایی، آن‌ها را هنگام ارائه مثال‌ها و مصداق‌های کاهش یا افزایش آنتروپی برای واکنش‌ها به استفاده از موارد ذکر شده در کتاب درسی محدود می‌کند. دیده شده که معلمان با نسبت دادن آنتروپی به بی‌نظمی، شلوغی و بهم ریختگی در اجسام ماکرو، خود نیز از مفهوم علمی آنتروپی فاصله گرفته‌اند. در واقع روش تعریف از مفهوم آنتروپی، دیدگاه ماکروسکوپی قوی در آنان ایجاد کرده و قادر به تعریف مفاهیم شیمی هم‌چون آنتروپی در بُعد میکروسکوپی و ذره‌ای نیستند.

کلید واژه‌ها: آنتروپی، راه‌های چینش ذرات، بی‌نظمی، کج‌فهمی، ترمودینامیک

۱. نویسنده مسئول: دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

۲. استادیار گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

mirzai_r@yahoo.com

۳. استادیار دانشگاه زنجان

مقدمه

واژه آنتروپی یا انتروپی^۱ در رشته‌های گوناگون علمی، معانی متفاوتی پیدا کرده است.

- آنتروپی پیکان زمان یعنی یک شاخص اساسی زمان است.
- آنتروپی معیاری از تعداد حالت‌های داخلی است که یک سامانه می‌تواند داشته باشد، بدون آن‌که برای یک ناظر خارجی که فقط کمیت‌های ماکروسکوپی (مثل جرم، سرعت، بار و...) آن را مشاهده می‌کند، متفاوت به نظر برسد.
- آنتروپی میزان بهم‌ریختگی یا تخریب در جهان است که انرژی در دسترس را کاهش می‌دهد یا تمایل انرژی در دسترس را برای کاهش تدریجی نشان می‌دهد (شلوگی در برابر نظم).
- حالت بی‌نظمی در یک سیستم ترمودینامیکی، انرژی بیش‌تر و آنتروپی بالاتر متون مقدماتی شیمی، اغلب برای کمک به تجسم افزایش آنتروپی در فراگیران، از ترسیم‌های قبل و بعد گروهی از مولکول‌ها که بی‌نظم شده‌اند، استفاده می‌نمایند. نظم- بی‌نظمی یک تکیه‌گاه بصری آسان است اما می‌تواند به شدت باعث گمراهی گردد آن‌چنان که به‌عنوان یک عصای ناتوان تا یک پشتیبان حقیقتاً معتبر، در نظر گرفته می‌شود. اغلب آنتروپی را به‌میزان بی‌نظمی یک سامانه ارجاع می‌دهند، هرچه بی‌نظمی بیش‌تر باشد، آنتروپی سامانه بیش‌تر خواهد بود و از نظم به‌عنوان معیاری برای کم بودن آنتروپی تعبیر می‌شود (دیو^۱، ۱۹۹۸ و فرانک لامبرت^۲، ۲۰۰۷).

امروزه اغلب متون شیمی عمومی هم‌چنان بر مفهوم نظم- بی‌نظمی تکیه می‌نمایند. در گذشته، فاحش‌ترین اشتباهات در ارتباط با آنتروپی با تکیه بر تعریف آن به عنوان بی‌نظمی رخ داده است. زیرا بی‌نظمی یک واژه زبانی مشترک با معنای ضمنی غیرعلمی است (فرانک لامبرت، ۱۹۹۹). چنان‌چه معلمان نتوانند به‌خوبی مفهوم آنتروپی را با رویکرد علمی «بی‌نظمی» ارتباط داده و آن‌را به‌طور صحیح به دانش‌آموزان منتقل نمایند، استفاده از این واژه می‌تواند کج‌فهمی‌های زیادی را در ذهن فراگیران ایجاد کند.

متأسفانه یافته‌های پژوهش، شواهدی را فراهم می‌سازد که معلمان علوم در دانش علمی خود، دارای کج‌فهمی‌های مختلفی هستند. به عنوان مثال پارودو^۳ و پورتولس^۱ معتقدند:

1. Dave
2. Frank Lambert
3. Quilez-Pardo

مطالعه تاثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم انتروپی

آشکار است که ارزیابی کج‌فهمی‌های معلمان نه تنها با معنی بلکه مهم است. این کار به ما امکان می‌دهد تا سرچشمه‌های احتمالی مشکلات و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان را بهتر درک کنیم. به‌علاوه مؤسسات آموزش پیش و ضمن خدمت معلمان ممکن است از این اطلاعات برای حصول اطمینان از تجهیز معلمان علوم به دانش مناسب در حوزه مطالب علمی، قبل از ورود به حرفه تدریس استفاده نمایند.

معلمان علوم نقش مهمی در اصلاح برنامه درسی ایفا می‌کنند و اگر مجبور به تدریس موضوعاتی شوند که به‌خوبی آموزش ندیده‌اند، باعث بروز کج‌فهمی در ذهن دانش‌آموزان خواهند شد. بنابراین آمادگی معلمان علوم مخصوصاً برای موفقیت اصلاح برنامه آموزشی، بحرانی است (چینگ-یانگ چو^۲، ۲۰۰۲).

بررسی کج‌فهمی در مفهوم انتروپی

پژوهش بر روی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در دو دهه اخیر کانون بحث در آموزش علوم بوده است زیرا ریشه‌ای عمیق پیدا کرده و موانعی اصلی در برابر آموزش و کسب مفاهیم علمی هستند. اسکلی^۳ و هال^۴ کج‌فهمی را به‌عنوان یک بازنمایی ذهنی از یک مفهوم تعریف کرده‌اند که با نظریه علمی رایج تطبیق ندارد (ناکیبولو^۵، ۲۰۰۳).

دانشجویان، ترمودینامیک را تقریباً معادلاتی غیرقابل فهم می‌دانند. با وجود اهمیت ترمودینامیک به‌عنوان مفهوم بنیادی در شیمی، اغلب دانش‌آموزان، دوره مقدماتی را فقط با درک بسیار محدودی از موضوع سپری کرده و به پایه‌های بالاتر می‌روند (سوزبیلر^۶، ۲۰۰۷).

مطالعه‌ای بر روی دانش‌آموزان انگلیس در سال ۲۰۰۴ انجام گرفت. در زمان این مطالعه، دانش‌آموزانی که امتحانات سال ۱۱ خود را با موفقیت گذرانده بودند می‌توانستند در سطح پیشرفته موضوعاتی را برای مطالعه انتخاب نمایند. اگرچه برنامه درسی در سطح پیشرفته هیچ

-
1. Solaz-Portoles
 2. Ching-Yang Chou
 3. Skelly
 4. Hall
 5. Nakiboglu
 6. Sözbilir

اشاره‌ای به آنتروپی نمی‌کند اما برخی برنامه‌های درسی سطح A (برای مثال نافیلد^۱) به این مفاهیم می‌پردازند. انتظار می‌رفت برخی دانش‌آموزان برای ورود به دانشگاه با مفهوم آنتروپی و انرژی آزاد گیبس آشنا باشند. تصورات نادرستی درباره ترمودینامیک در بین دانش‌آموزان دیده شد. این امر شامل سردرگمی در مورد برگشت‌پذیری ترمودینامیکی و درماندگی برای درک خودبه‌خودی بودن واکنش‌های گرماده است. بو^۲ (۱۹۹۸) دریافت که دانش‌آموزان سطح A آنتروپی را به‌عنوان نیروی محرکه واکنش بیان می‌کنند.

مطالعه سوزیلر نشان می‌دهد که دانش‌آموزان تلاش می‌کنند آنتروپی را به‌عنوان بی‌نظمی توضیح دهند. اغلب پاسخ‌دهندگان آنتروپی را از نقطه‌نظر بی‌نظمی بصری، نمایش اغتشاش، تصادفی بودن یا بی‌ثباتی در برخی حالت‌ها تعریف کردند. او دریافت که اصطلاح بی‌نظمی در حرکت، تصادم ذرات و در مورد مخلوط شدن مواد استفاده شده است.

دانش‌آموزان درک روشنی از آنتالپی و انرژی یک سامانه نداشته و به‌نظر می‌رسید انرژی جنبشی یک سامانه را با آنتروپی آن اشتباه می‌گیرند. هم‌چنین برخی قادر به تمایز آنتالپی و انرژی آزاد گیبس نبودند (کارسون^۳ و واتسون^۴، ۲۰۰۲).

به‌منظور بررسی درک دانشجویان دوره لیسانس ترکیه از آنتروپی و کج‌فهمی‌های آنان، مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۲ انجام شد. برای این هدف پرسش‌نامه شناختی و مصاحبه‌های نیمه سازمان‌یافته، قبل و بعد از یک دوره آموزشی شیمی فیزیک، مورد استفاده قرار گرفت. پرسشنامه تشخیصی شامل ۴ پرسش بازپاسخ درباره مفاهیم کلیدی شیمی در ترمودینامیک و در زمینه آنتروپی بوده و طی دو مرحله یکی پیش‌آزمون و دیگری پس‌آزمون، با یک وقفه ۷ ماهه برای جمع ۹۱ دانشجو به اجرا در آمد. دانشجویان به دو گروه ۴۵ نفره تقسیم شده بودند. ۴۵ نفر به دو سوال (آب نمک و مخلوط گازها) و ۴۵ نفر دیگر به دو سوال دیگر (تغییر خودبه‌خودی و کربن دی‌اکسید و پروپان) پاسخ دادند. هم‌چنین مصاحبه‌هایی پس از پیش‌آزمون و پس‌آزمون از دانشجویان به‌عمل آمد تا میزان درک دانشجویان از دیدگاه‌های کلیدی مطرح شده در تحقیق را مورد سنجش قرار دهد. نتایج حاصل از این پرسش‌نامه و مصاحبه نشان می‌دهد که درک

-
1. Nuffield
 2. Boo
 3. Carsona
 4. Watson

مطالعه تاثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی

آنتروپی برای دانشجویان دوره لیسانس مشکل است. درک دانشجویان از مفاهیم اساسی در بسیاری از موارد محدود، تحریف شده یا غلط هستند. مشکلات ناشی از تفسیر نادرست معادلات ریاضی در ترمودینامیک و اختلاط ناصحیح دانش جدید با اطلاعات موجود دانشجویان نیز به چشم می‌خورد. افزون بر این، بررسی دقیق درصد کج‌فهمی‌ها، معلوم ساخت که آموزش، کج‌فهمی‌ها را پیش‌بینی نکرده است. در مقابل، کج‌فهمی‌ها در بعضی موارد افزایش نیز یافته است. تأیید این نکته که کج‌فهمی‌ها در محیط‌های آموزش سنتی در مقابل تغییر مقاوم هستند و باید تمهیدات ویژه برای پیشگیری از آن‌ها انجام شود.

آنتروپی به دما، حجم (در مورد گازها)، حالت یک ماده یا سامانه و نوع و مقدار ماده بستگی دارد. پاسخ‌های نوشته شده توسط دانشجویان و نتایج مصاحبه نشان می‌دهد که عوامل مؤثر بر آنتروپی به‌طور ضعیف فهمیده شده و یا در بعضی موارد اصلاً درک نشده‌اند. دانشجویان در استدلال خود که آنتروپی را معادل با بی‌نظمی سامانه دانسته و یا در بعضی موارد، آنتروپی را بی‌نظمی بیان کردند. یافته‌ها هم‌چنین نشان می‌دهد که مشکل بزرگ در میان دانشجویان دوره لیسانس شرکت‌کننده در این مطالعه، درک دانشجویان از کلمه "بی‌نظمی" است. تقریباً تمام پاسخ‌ها آنتروپی را از نقطه‌نظر بی‌نظمی بصری که اشاره بر هرج و مرج و شلوغی، تصادفی بودن، برخورد ذرات یا مخلوط شدن در میان هم، تعریف کردند (سوزیبلر، ۲۰۰۷).

این پژوهش استدلال کرده است که آنتروپی می‌تواند از نقطه نظر ترمودینامیک کلاسیک و ترمودینامیک مکانیک مورد توجه قرار گیرد. از بُعد ترمودینامیک کلاسیک آنتروپی می‌تواند به عنوان مقدار تغییر در پراکندگی انرژی از حالت متمرکز در نظر گرفته شود. از نظر ترمودینامیک مولکولی، آنتروپی را می‌توان به‌عنوان تغییر در سامانه از موقعیتی که دارای ریزحالت‌های در دسترس کم‌تر به موقعیتی با ریزحالت‌های در دسترس بسیار بیش‌تر، مورد توجه قرار داد. 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 آغازی نیروی پیش‌برنده در شیمی است.

مطالعه‌ای از ۹۸ دانش‌آموز در دبیرستانی در اسکاتلند از ده مدرسه مختلف در سال ۱۹۷۷ نشان می‌دهد که دانش‌آموزان عموماً آنتروپی را به‌عنوان میزانی از بی‌نظمی تفسیر می‌کنند. و

مقداری تمایل به تمرکز بر آنتروپی با توجه به انرژی جنبشی نیز دیده می‌شود (جانستون^۱ و مک دونالد^۲، ۱۹۷۷). پژوهشی روی ۵۶ دانشجوی تربیت معلم در سال ۱۹۹۷ وجود مشکلات مفهومی در ترمودینامیک را اثبات می‌کند. نتایج نشان داد که دانشجویان به ارتباط قوی بین آنتروپی و انرژی جنبشی ذرات معتقد هستند. به نظر می‌رسد دیگر کج‌فهمی به دست آمده ریشه در نوعی درک نادرست از بیان «بی‌نظمی» به عنوان «شلوغی و هرج و مرج» دارد. هم‌چنین گزارش شده که اکثر دانشجویان بر این اعتقادند که بی‌نظمی با افزایش انرژی، زیاد می‌شود. یافته‌های مشابهی توسط اسلیپ^۳ و بردلی^۴ در سال ۱۹۹۷ نشان می‌دهد که هیچ دانشجویی از میکروحالت‌ها برای توضیح آنتروپی استفاده نکرده است. نتایج یک عدم تناسب بین نیازهای یادگیری دانش‌آموزان، محتوا و رویکرد دوره‌های آموزشی ترمودینامیک را آشکار می‌سازد. فرصتی برای دریافت بازخورد آموخته‌های دانشجویان و توضیحات کیفی در مورد پیش دانسته‌ها وجود نداشته و آن‌ها در دوره‌های جدید زمان کافی برای توسعه درک ندارند. در نتیجه دانشجویان استفاده از نمادها و روابط ریاضی را بدون درک ارتباط آن‌ها با مفاهیم موردنظر می‌آموزند (کارسونا^۵ و واتسون^۶، ۲۰۰۲).

روش پژوهش

این تحقیق از نوع غیرآزمایشی و پیمایشی بوده و به روش توصیفی - تحلیلی انجام شده است. هدف پژوهش، کاربردی-توسعه‌ای می‌باشد. در سطح توصیفی فراوانی، درصد فراوانی و رسم جداول و نمودارهای مربوط به کار برده شده است. جهت سهولت تجزیه تحلیل داده‌ها و کاهش خطاهای آماری از نرم‌افزار SPSS16 استفاده شد. روایی پرسش‌نامه با نظر ۴ تن از اساتید دانشگاه که شیمی عمومی را تدریس کرده بودند و از طرفی با محتوای کتاب درسی آشنا بودند، ۴ تن از دبیران با مدرک کارشناسی ارشد و دکتری و ۴ تن از دبیرانی شیمی، تایید شد. و

-
1. Johnstone
 2. MacDonald
 3. Selepe
 4. Bradley
 5. E. M. Carsona
 6. J. R. Watson

مطالعه تاثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی

چون میانگین کل برای پرسش‌نامه بیش از میانگین موردانتظار یعنی ۳ است، بنابراین پرسش‌های مطرح شده از روایی لازم برخوردار هستند.

به‌منظور بررسی درک معلمان شیمی از مفهوم آنتروپی و تأثیر رویکرد کتاب درسی بر دیدگاه معلمان و تدریس آنان و یافتن کج‌فهمی احتمالی در درک این مفهوم، پرسش‌نامه‌ای شامل سه سوال در اختیار آنان قرار گرفت. در اولین پرسش از آنان خواسته شده بود که جمله یا جمله‌هایی که مفهوم آنتروپی را به درستی بیان می‌کنند، انتخاب نمایند. در پرسشی دیگر معلمان باید مثال‌هایی از تغییر آنتروپی در زندگی روزمره ارائه دهند. در سومین پرسش مجموعه اعدادی شامل صفر و یک به دبیران داده شد و خواسته شد عددی که با جابجایی ارقام آن بیش‌ترین حالت‌های ممکن (آنتروپی) ایجاد می‌شود را مشخص نمایند.

جامعه آماری در این تحقیق دبیران شیمی شهر تهران در سال تحصیلی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ بوده و پرسش‌نامه بین ۱۷۸ تن از دبیران شیمی مناطق آموزشی مختلف شهر تهران توزیع گردید جامعه آماری شامل ۱۲۴ دبیران زن و ۵۴ نفر از دبیران مرد بود. از این تعداد ۱۵۲ نفر دارای مدرک لیسانس و ۲۵ نفر مدرک فوق لیسانس و ۱ نفر مدرک دکتری داشتند.

جدول ۱. تجزیه و تحلیل اطلاعات جمعیت شناختی براساس سابقه آموزشی دبیران

تعداد	سابقه کار
۹	کم‌تر از ۱۰ سال
۳۶	بین ۱۰ تا ۱۵ سال
۶۹	بین ۱۵ تا ۲۰ سال
۴۸	بین ۲۰ تا ۲۵ سال
۱۱	بین ۲۵ تا ۳۰ سال
۵	بیش از ۳۰ سال
۱۷۸	تعداد کل

یافته‌های پژوهش

از آن‌جا که این مقاله در صدد بررسی مباحث تخصصی آنتروپی نیست فقط به آن بخش از پژوهش که در ارتباط با نقش محتوای درسی دبیرستان و دوره‌های ضمن خدمت در ایجاد کج فهمی است، می‌پردازد. کتاب شیمی سال سوم دبیرستان مفهوم آنتروپی را با ذکر مثال‌هایی آغاز کرده است. مثلاً بلافاصله پس از آوردن مثال ذوب یخ توجه خواننده را به نظم و بی‌نظمی ذرات در یخ و بخار با ارجاع به شکل، جلب می‌کند. در واقع اولین نکته‌ای که هر فرد دریافت می‌کند عاملی به اسم «بی‌نظمی و نظم» است. در مورد انحلال ترکیب یونی جامد نیز به نظم شبکه بلور آمونیم نیترات قبل از انحلال در آب اشاره شده و افزایش بی‌نظمی ذرات در محلول، عامل پیش‌برنده این فرایند در نظر گرفته شده است. در توضیح اثر تغییر دما، به افزایش بی‌نظمی ذرات در دمای بالاتر به دلیل افزایش جنبش‌های مولکولی اشاره گشته است. کتاب درسی از موارد فوق به این نتیجه رسیده که یکی از عوامل پیش‌برنده فرایندها، آنتروپی است و آنتروپی را "معیاری از بی‌نظمی سامانه" معرفی می‌کند. براساس اهداف آموزشی کتاب درسی پرسش‌های زیر در اختیار معلمان قرار گرفت:

در اولین پرسش از معلمان جامعه آماری خواسته شد بهترین عبارت یا عبارت‌ها را برای توصیف آنتروپی از بین گزینه‌های داده شده انتخاب نمایند.

پرسش ۱: عبارت (هایی) که آنتروپی را به درستی وصف می‌کند، مشخص کنید.
آ. آنتروپی میزان بی‌نظمی سامانه است.

ب. آنتروپی معیاری از عدم یقین در یک سامانه است.

پ. آنتروپی همانند آنتالپی و انرژی درونی شکل دیگری از انرژی است.

ت. آنتروپی معیاری از کار تلف شده است که به گرما تبدیل می‌شود.

ث. آنتروپی معیاری از انرژی غیرقابل دسترس در یک سامانه بسته ترمودینامیکی است.

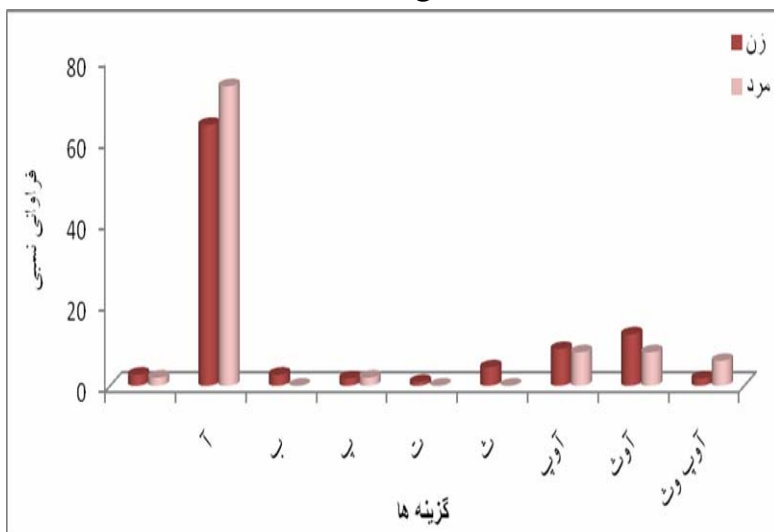
با توجه به تعریف‌های آنتروپی که در بخش اول مقدمه ارائه گردید، گزینه‌های پ و ت نادرست بوده و مابقی گزینه‌ها می‌توانند مفهومی درستی از آنتروپی را ارائه دهند. در کتاب درسی بر مفهوم بی‌نظمی آنتروپی تاکید شده است. این سوال فقط به صورت انتخاب گزینه بوده و فاقد بخش تشریحی است.

مطالعه تاثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی

بررسی پاسخ‌های داده شده به این سوال نشان می‌دهد که اکثر دبیران گزینه «آ» یعنی «آنتروپی معادل بی‌نظمی است» را به‌عنوان پاسخ درست انتخاب کرده‌اند. اگر مجموع فراوانی نسبی افرادی که در انتخاب چندگانه خود به‌نوعی گزینه «آ» را نیز برگزیده‌اند، به‌دست آوریم مشاهده می‌گردد که بیش از ۹۰ درصد دبیران بی‌نظمی را یکی از مفاهیم اصلی آنتروپی می‌دانند.

نتایج نشان داد هم دبیران مرد و هم زن، مفهوم بی‌نظمی آنتروپی را در اولویت انتخاب خود قرار می‌دهند. انتخاب ۷۱ درصد معلمان زن و ۷۳/۵ درصد معلمان مرد تاییدکننده این امر است. با توجه به درصد فوق مفهوم بی‌نظمی آنتروپی در بین دبیران مرد بیش‌تر مورد توجه بوده است. با توجه به نتایج، ۶۰/۱ درصد دبیران به‌طور مستقل و در کل ۹۰/۴ درصد آنتروپی را به‌عنوان بی‌نظمی سامانه می‌شناسند. به‌عبارت دیگر پذیرفتنی‌ترین تعریف برای معلمان مفهوم بی‌نظمی آنتروپی است. حتی افرادی که دو یا سه گزینه را به‌عنوان جواب‌های درست برگزیده‌اند گزینه «آ» در انتخاب آن‌ها وجود دارد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تنها ۷/۳ درصد از معلمان در پاسخ خود گزینه «آ» را انتخاب نکرده‌اند. در واقع اکثر دبیران تغییر در بی‌نظمی را معیاری برای تغییر آنتروپی می‌دانند. نکته دیگر آن‌که ۱۴/۶ درصد دبیران گزینه‌های نادرست «پ و ت» را بطور مستقل یا همراه با دیگر گزینه‌ها برگزیده‌اند به‌عبارت دیگر این افراد از مفهوم آنتروپی تعریفی نادرست در ذهن داشته‌اند. اگر بهترین پاسخ را با توجه به مفهوم ترمودینامیکی آنتروپی گزینه‌های «ب و ث» بدانیم، نتایج نشان می‌دهد که در کل فقط ۱۹/۵ درصد شرکت‌کنندگان با این جنبه از مفهوم آنتروپی آشنایی دارند.

نمودار ۱. فراوانی نسبی در پاسخ به پرسش ۱ بر اساس جنسیت دبیران



هدف از سوال دوم، تعمیم مفهوم آنتروپی به موقعیت‌های عادی زندگی است. از دبیران خواسته شد دو مثال در مورد افزایش آنتروپی و دو مثال برای کاهش آنتروپی بنویسند. لازم به ذکر است که برخی از دبیران در هر دو مورد کاهش و افزایش آنتروپی فقط به ذکر یک مثال برای هر قسمت بسنده کرده‌اند. بنابراین در تحلیل نتایج، به جای درصد از تعداد مثال‌ها استفاده می‌شود. مثال‌های بیان شده توسط دبیران را می‌توان در گروه‌های زیر طبقه‌بندی کرد:

آ - کاهش آنتروپی

۱. ۱۲۵ مورد مثال‌های علمی ذکر شده در محتوای کتاب درسی را نوشته‌اند.
۲. ۵۶ مورد مثال‌هایی را ذکر کرده‌اند که به شلوغی و بی‌نظمی در اجسام ماکرو اشاره دارد.
۳. ۵۰ نفر از پدیده‌های محیطی در زمینه تغییر فاز (حالت) استفاده کرده‌اند.
۴. ۱۲ مورد مثال‌های مرتبط با تغییر حجم سیستم را به کار برده‌اند.
۵. ۷ مورد به مثال‌هایی برمی‌گردد که نوعی محدودیت در پخش ذرات را دربرمی‌گیرد.
۶. ۲۷ مورد پاسخی به این قسمت نداده‌اند.
۷. ۱۰ نفر هم به موارد متفاوتی اشاره داشته‌اند.

ب. افزایش آنتروپی

مطالعه تاثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی

۱. ۱۴۶ مورد مثال‌های علمی ذکر شده در محتوای کتاب درسی را نوشته‌اند.
 ۲. ۷۸ مورد مثال‌هایی را ذکر کردند که به شلوغی و بی‌نظمی در اجسام ماکرو اشاره می‌کند.
 ۳. ۶۳ مورد از پدیده‌های محیطی و زندگی روزمره استفاده نموده‌اند.
 ۴. ۳ مثال به مواردی اشاره دارد که نوعی محدودیت در پخش ذرات را نشان می‌دهد.
 ۵. ۲۰ نفر پاسخی به این قسمت ندادند.
 ۶. ۱۴ نفر هم به موارد متفاوتی اشاره کرده‌اند.
- با توجه به آمار فوق تعداد زیادی از دبیران فقط از مثال‌های ذکر شده در کتاب درسی استفاده می‌نمایند و کم‌تر به مصداق‌های افزایش آنتروپی در محیط زندگی توجه دارند اگرچه در کتاب درسی عبارت راه‌های پخش ذرات اشاره شده است اما تعداد مثال‌های نوشته شده از نقطه‌نظر اخیر فقط ۱۰ مورد بوده است. هم‌چنین بالا بودن آمار عدم پاسخ به این سوال نیز قابل‌توجه است و نشان از عدم تسلط کافی دبیران به این مفهوم دارد.

جدول ۲. نمونه‌ای از مثال‌های ارائه شده برای کاهش آنتروپی

مثال کاهش آنتروپی	
<p>میعان آب یخ بستن آب تشکیل یخ خشک گاز در نوشابه کاهش دما</p>	<p>موارد علمی موجود در محتوای کتاب درسی</p>
<p>به صف شدن دانش‌آموزان به هنگام خوردن زنگ ایجاد نظم در کلاس (با ورود معلم یا هنگام تدریس) چیدن کتاب‌ها در کتابخانه مرتب کردن وسایل در یک محل پخش فیلم انیمیشن برای تعدادی کودک (جمع شدن افراد به هنگام پخش فیلم)</p>	<p>بی‌نظمی و شلوغی در اجسام بزرگ</p>
<p>پوشش لباسی در محیط کار به دلیل محدود بودن انتخاب رنگ ته نشین شدن خاکشیر در آب قرار گرفتن بچه‌ها در کلاس با جای ثابت ریختن یک مقدار نخود از یک ظرف بزرگ به کوچک‌تر که کاملاً پر شود. کلاس ۳۰ نفره نسبت به کلاس ۱۰ نفره (طریقه قرار گرفتن دانش‌آموزان در نیمکت‌ها)</p>	<p>محدودیت در توزیع ذرات و اجسام</p>

جدول ۳. نمونه‌ای از مثال‌های ارائه شده برای افزایش آنتروپی

<p>تبخیر آب (مایع) ذوب یخ حل شدن شکر در آب (چای) انتقال هوای گرم به هوای سردتر در محیط بزرگ تر تهیه آب و نمک افزایش دمای آب (جوش) سوختن متان واتان و پروپان</p>	<p>موارد علمی موجود در محتوای کتاب درسی</p>
<p>پوست کردن میوه و پیاز استفاده از اسپری و عطر حل شدن شربت در آب ریختن چای در آب خروج گاز با باز کردن شیر کپسول ذوب شدن برف با افزودن نمک افزایش دمای کره زمین انفجار تبخیر سطحی آب از دریاها خشک شدن لباس‌های تر</p>	<p>رویدادهای محیط زندگی</p>
<p>نامرتب شدن وسایل بازی در اتاق بچه‌ها (خانه) خروج دانش‌آموزان به هنگام خوردن زنگ افزایش سروصدا در مجلس مهمانی شکستن ظروف و پخش شدن آن‌ها اعلام نابهنگام امتحان در کلاس درس بهم ریختن سریع‌تر لباس‌ها در کمد کوچک ریختن مهره‌ها از بالای پله و مخلوط شدن آن‌ها سقوط ظرف محتوی حبوبات</p>	<p>بی نظمی و شلوغی در اجسام بزرگ</p>

در پرسشی دیگر، تعمیم مفهوم آنتروپی در تعداد راه‌های چینش ذرات (در این‌جا ارقام یک عدد) مورد بررسی قرار گرفت.

پرسش ۳. فرایند جابجایی در چینش کدام مجموعه اعداد زیر آنتروپی بالاتری دارد؟

آ. ۱۱۱۱۱۱

ب. ۱۰۰۰۰۰

پ. ۱۱۰۰۰۰

ت. ۱۱۱۰۰۰

ث. ۱۱۱۱۰۰

برابر بودن ارقام صفر و یک در گزینه «ت» بیش‌ترین تنوع چینش ارقام و در نتیجه بیش‌ترین

آنتروپی را ایجاد می‌کند. نتایج پاسخ‌های دبیران نشان می‌دهد که:

۱. ۱/۱٪ از دبیران گزینه «آ» را انتخاب کرده‌اند.

۲. ۷/۹٪ گزینه «ب» را جواب درست دانسته‌اند.

۳. ۷/۳٪ پاسخی به این سوال نداده‌اند

۴. ۷/۳٪ گزینه «پ» را انتخاب کرده‌اند.

۵. ۵۳/۴٪ پاسخ‌دهندگان گزینه «ت» یعنی جواب درست را برگزیده‌اند.

۶. ۲۱/۹٪ معتقد بودند که مورد «ث» بیش‌ترین آنتروپی را دارد.

در مجموع ۵۳/۴٪ جواب درست به این سوال داده و ۴۶/۶٪ یا جواب نادرست داده یا اصلاً

پاسخی ارائه نکرده‌اند. بیش‌ترین انتخاب ۵۳/۴ درصد و مربوط به گزینه «ت» می‌باشد. این امر

هم در دبیران مرد و هم بین دبیران زن دیده می‌شود. اگرچه دبیران در دیگر پرسش‌ها آنتروپی را

از دیدگاه راه‌های چینش ذرات سامانه بررسی نکردند اما در این پرسش به‌خوبی تعداد راه‌های

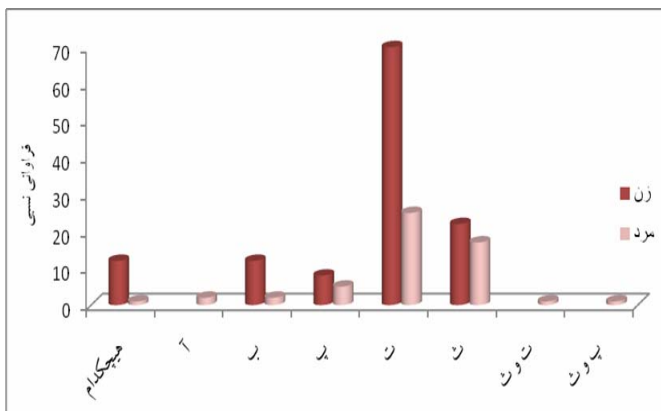
چینش اعداد را تشخیص داده‌اند.

در واقع دیدگاه ماکروسکوپی آنان به آنتروپی قوی‌تر از دیدگاه میکروسکوپی است. مقایسه

درصد فراوانی انتخاب گزینه «ت» براساس جنسیت دبیران نشان می‌دهد که معلمان شیمی زن در

تشخیص راه‌های چینش ذرات موفق‌تر بوده‌اند.

نمودار ۲. فراوانی مطلق در پاسخ به پرسش ۳ براساس جنسیت دبیران



بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی آماری گزینه (های) انتخاب شده، دیده می‌شود که اکثر دبیران واژه بی‌نظمی را معادل مفهوم آنتروپی دانسته و کم‌تر به دیگر تعاریف ترمودینامیکی این مفهوم آشنا هستند. در واقع آن‌ها برای توصیف آنتروپی، از مفهوم ارائه شده در کتاب درسی استفاده می‌کنند. درصد کمی از معلمان با مفهوم آنتروپی از دید انرژی غیرقابل دسترس آشنا هستند در صورتی که کتاب درسی با اشاره به انرژی آزاد گیبس، معادله و رابطه آن با آنتروپی را معرفی کرده و از انرژی آزاد گیبس به‌عنوان انرژی در دسترس برای انجام کار، نام برده است. اما این تعبیر در انتخاب‌های مستقل دبیران کم‌تر دیده شده یا انتخاب آن در کنار گزینه‌های دیگر بوده است. شاید یکی از عوامل را بتوان در کتاب درسی یافت. از آن‌جا که در محتوای آموزشی مفهوم آنتروپی، انرژی مفید برای انجام کار و شیوه‌های حرکت ذره‌ها در سامانه به‌طور گسسته و نه در ارتباط با یکدیگر معرفی شده است، بنابراین معلمان نیز ارتباطی بین آن‌ها ایجاد نمی‌کنند و به‌همین دلیل، اغلب در توجیه رفتار ذره‌های میکرو و ماکرو از بی‌نظمی، شلوغی و هرج و مرج (چه مادی و چه صوتی) کمک می‌گیرند و توجه‌ای به انرژی مبادله شده بین سامانه و محیط و چگونگی توزیع و مقصد این انرژی ندارند. این نتیجه را می‌توان در مطالعات ریبریو^۱ (۱۹۹۲) نیز یافت. این محقق بیان می‌کند که درک اغلب دانشجویان از کلمه بی‌نظمی متفاوت از نظر دانشمندان

1. Ribeiro

مطالعه تاثیر دیدگاه بی‌نظمی بر درک دبیران شیمی از مفهوم آنتروپی

است که خود به درک نادرست از واژه "بی‌نظمی" به‌عنوان "شلوگی و هرج و مرج" باز می‌گردد. هم‌چنین بنابر مطالعه‌ای دانشجویان آنتروپی را عامل بی‌نظمی یا مساوی آن می‌دانند (اسلیپ و بردلی، ۱۹۹۷).

معلمان بین آنتروپی و احتمال در مقیاس ذره‌ای، ارتباط بسیار ضعیفی برقرار می‌کنند بنابراین توجه به توصیف آنتروپی براساس عدم یقین در موقعیت ذره‌ها در سامانه، با اقبال کم‌تری روبه‌رو بوده است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت کج‌فهمی معلمان در تعریف آنتروپی در توصیف آن براساس رویکرد بی‌نظمی است و این امر در بین دبیران مرد بیش از دبیران زن به چشم می‌خورد. هم‌چنین کم‌تر از ۲۰ درصد دبیران با مفاهیم ترمودینامیکی آنتروپی آشنایی دارند.

با وجود ذکر شدن عامل "تعداد راه‌های پخش ذرات" در کتاب درسی، بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تقریباً اکثر معلمان در بررسی مفهوم آنتروپی به این عبارت توجه لازم را ندارند. شاید به کاربردن واژه بی‌نظمی در تمام مثال‌های ذکر شده در کتاب درسی موجب شده تا خواننده عامل بی‌نظمی را مهم‌تر تصور نماید. از طرفی سهولت تدریس یا تجسم‌سازی آن در ذرات ماکرو باعث گردیده معلمان برای تقویت میزان درک فراگیران بر روی این عامل تاکید بیش‌تری داشته باشند. در واقع معلمان محسوس‌ترین و ساده‌ترین عبارت را برای انتقال منظور خود برمی‌گزینند تا هم خود و هم دانش‌آموزان احساس خوبی در مورد فرایند تدریس و یادگیری داشته باشند. در این شرایط، بی‌نظمی بهترین گزینه است. با توجه به آمار فوق تعداد زیادی از دبیران فقط از مثال‌های ذکر شده در کتاب درسی استفاده می‌نمایند و کم‌تر به مصداق‌های افزایش آنتروپی در محیط زندگی توجه دارند. شاید پیچیدگی و عدم آشنایی کامل دبیران با مفهوم آنتروپی مانعی در تعمیم کاربردهای این مفهوم به محیط زندگی باشد. در واقع این عده، از مثال‌هایی برای توجیه آنتروپی استفاده می‌کنند که با آن‌ها آشنا هستند. حتی مثال‌های ذکر شده در قسمت‌های دیگر که به نوعی به پدیده‌های روزانه ارتباط دارند کاملاً از الگوی کتاب یعنی تغییر فاز و حجم پیروی می‌کنند. در واقع گستره اطلاعات علمی دبیران برای تعمیم آنتروپی از سطح کتاب درسی تجاوز چندانی نمی‌کند. تعداد قابل توجه‌ای از دبیران از بی‌نظمی در اجسام ماکرو کمک گرفته‌اند. آنان واژه آنتروپی را به بی‌نظمی و آن را هم به مرتب نبودن، شلوگی و بهم‌ریختگی نسبت می‌دهند و در نتیجه نمی‌توانند از رویدادهای محیطی، دسته‌ای را که در ارتباط با تغییرات فیزیکی یا شیمیایی در سطح مولکولی است، انتخاب نمایند. این امر به نحوه

نگاه کتاب درسی به آنتروپی باز می‌گردد. از آن‌جا که کتاب درسی در توصیف تمام مثال‌ها و تغییرات از واژه بی‌نظمی استفاده کرده بنابراین ذهنیت دبیران را به کاربرد عامیانه این اصطلاح سوق داده است.

اگرچه مثال‌های ذکر شده از طرف معلمان نادرست نیست اما در کل، دبیران ما در قسمت مصداق‌های کاهش و افزایش آنتروپی دچار دو مشکل هستند. اول آن‌که به‌طور شدید به متن کتاب درسی وابسته‌اند و دیگر آن‌که در کاربرد کلمه بی‌نظمی در بعد مولکولی و فرایندهای فیزیکی و شیمیایی دچار کج‌فهمی شده و آن را معادل شلوغی و بهم‌ریختگی می‌دانند و این ویژگی را برای اجسام بزرگ که جابجایی آن‌ها تغییری در انرژی مولکول‌ها و ذره‌ها ایجاد نمی‌کند، به‌کار می‌برند. در پژوهشی که در سال ۱۹۹۴ توسط تومانک^۱ صورت پذیرفت دیدگاه دانش‌آموزان کلاس علوم زیست محیطی درباره آنتروپی در بحث بوم‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. مطالعه تومانک نشان می‌دهد که اگر به دانش‌آموزان به‌طور مختصر آموزش داده شود آن‌ها می‌توانند باورهای قابل پذیرش علمی را توسعه دهند. در این مطالعه پیشنهاد گردیده که ارائه تکالیفی در طول دوره‌های تحصیلی در جهت بحث و مواجهه دانش‌آموزان با روش‌های متنوع تفکر در مورد آنتروپی و محیط، مفید خواهد بود و به درک چند بُعدی دانش‌آموزان دبیرستانی از آنتروپی کمک می‌کند. هم‌چنین در مطالعه دیگری معلمان از بُعد ریاضی می‌توانند تعداد راه‌های چینش اعداد را تشخیص دهند و مفهوم تنوع قرار گرفتن ارقام برای آن‌ها مشخص است و جابجایی در یک رقم را به‌عنوان موقعیتی جدید تعریف می‌کنند اما ارتباط بین دو علم ریاضی و شیمی (دید آماری به آنتروپی) برای آن‌ها روشن نیست. یعنی تغییری جزئی در جنبش مولکولی، اضافه شدن تعداد ذره‌ها، افزایش حجم سامانه را به احتمال آماری در تنوع قرار گرفتن ذره‌ها و تعریف موقعیت‌های جدید برای ذره‌ها ربط نمی‌دهند. شاید چون اعداد را می‌بینند و برایشان محسوس‌تر بوده و کار کردن با ارقام برای آن‌ها آسان‌تر است، می‌توانند آرایش‌های متفاوت را بهتر تعریف کنند. در این پرسش نیز قوی بودن دیدگاه ماکروسکوپی کاملاً مشهود است.

پیشنهادها

اگرچه به‌کاربردن کلمه بی‌نظمی در توصیف آنتروپی نادرست نیست اما 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 تاکید بر بی‌نظمی در تغییر آنتروپی سامانه به احتمال یافتن هر ذره در مکان‌های مختلف، توزیع انرژی در بین انواع حرکت‌های مولکولی و شیوه آرایش ذره‌ها در سامانه توجه شود. آنتروپی 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 (سوزیلر، ۲۰۰۷ و جانستون و مک دونالد، ۱۹۷۷).

یافته‌های مطالعه‌های دیگر نشان می‌دهد که اغلب "بی‌نظمی بصری" و آنتروپی به‌عنوان کلماتی مترادف مورد توجه قرار گرفته‌اند. این امر ممکن است به این واقعیت بازگردد که معنی کلمه "بی‌نظمی" آن‌چنان که در ترمودینامیک شیمیایی استفاده شده با معنی متداول آن متناقض بوده و این معنی، گمراه‌کننده است. نویسندگان کتاب‌های درسی و معلمان بدون تعریف بی‌نظمی، آن‌را استفاده می‌کنند و بنابراین معنی آن در میان استفاده‌کنندگان تغییر می‌یابد. آن‌چه که "بی‌نظمی" معنی می‌دهد باید به‌طور واضح بیان شده، تعریف شود و به‌طور مناسب استفاده گردد. لزوم تشکیل دوره‌های ضمن خدمت، کتاب‌های راهنمای معلم و تغییر نحوی بیان آنتروپی در محتوای کتاب‌های درسی رسمی می‌تواند از میزان کج‌فهمی‌های مرتبط بکاهد.

References

- Canan Nakiboglu, 2003, *Instructional Misconceptions Of Turkish Prospective Chemistry Teachers About Atomic Orbitals And Hybridization*, Chem. Educ. Res. Pract: 2003, 4, 171-188, www.Uoi.Gr/Cerp/2003_May/06
- Carson E. M. & J. R. Watsonb, 2002, *Undergraduate students' understandings of entropy and Gibbs free Energy* U.Chem.Ed., 2002, 6, www.rsc.org/pdf/uchemed/papers/2002/p2_carson
- Ching-Yang Chou, 2002, Proc. Natl. Sci. Counc. ROC (D) Vol. 12, No. 2, 2002. pp. 73-78
- Dave, 1998, Entropy & disorder, <http://my.morningside.edu/slaven/Physics/entropy/entropy7.html>
- Duit, R. & Kesidou, S., 1988, Students' Understanding of Basic Ideas of the Second Law of Thermodynamics. *Research in Science Education*, 18, 186-195

- Evguenii I. Kozliak, Introduction of Entropy via the Boltzmann Distribution in Undergraduate Physical Chemistry: A Molecular Approach, www.jce.divched.org/journal/issues/2004/nov/p1595.pdf
- Frank. Lambert. L., 2007, 'Disorder' in *Thermodynamic Entropy*, J. Chem. Educ. 2007, 84,1548-1550,www.entropysite.com/boltzmann.html
- Frank L. Lambert,1999, *journal of chemical education*, ISSN 0021-9584, Vol. 76, N° 10, 1999, pags.1385-1387, [Http://www.Entropysite.Com/Cracked_Crutch.Html](http://www.Entropysite.Com/Cracked_Crutch.Html)
- H. K. Boo, J. Res. Sci. Teaching, 1998, 35, 569.
- Johnstone, A. H.; MacDonald, J. J.,1977; Webb, G. *Physics Educ.*1977, 12, 248–251 ,www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail
- Kesidou, S. & Duit, R., 1993, Students' Conceptions of the Second Law of Thermodynamics -An Interpretive Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85-106.
- Mustafa Sözbilir, 2007, A Study of Turkish Chemistry Undergraduates' Understandings of Entropy, *Journal of Chemical Education*• Vol. 84 No. 7 July 2007, www.entropysite.com/TurkishJCE7-07.pdf
- Ribeiro, G. T. C. *Research in Assessment* 1992, 9, 23–36.
- Selepe, C.; Bradley, J.1997, *Student-Teacher's Conceptual Difficulties in Chemical Thermodynamics*. , 1997; pp 316–321.
- Tomanek, D., 1994, Cases of Content: Studying Content as a Part of a Curriculum Process. *Science Education*, 78(1), 73-82.
- Tomanek, D. *Sci. Educ.* 1994, 78, 73–82.
- Vijayavithal Bongale, 2001, entropy, <http://forum.vtu.ac.in/~edusat/Prog7/bt/vvb/ENTROPY notes.doc>