Common Misconceptions in Teaching Physical Chemistry Concepts and Proposing Solutions to Address Them

Jafar Azamat [1]

Abstract

Purpose: Physical chemistry courses, along with the sections of high school chemistry curriculum related to physical chemistry, are often perceived as some of the most challenging subjects by chemistry students and high school learners. These challenges frequently result in misconceptions. Misconceptions in physical chemistry refer to gaps where learners develop incorrect understandings of fundamental concepts under discussion. Such misconceptions are evident not only among high school students but also at the university level which must be addressed. Method: The research employs a library-based approach, with snowball sampling used for selecting informational resources. In this research, by utilizing the results of previous studies and comparing them with the concrete examples that occurred for the researcher in the classroom, an attempt has been made to identify the reasons for misconceptions in physical chemistry concepts, followed by the presentation of solutions to reduce these misconceptions. Findings: The causes of misconceptions may stem from specific learning demands of these subjects. From the necessity of a broad familiarity with mathematics and its descriptive role in the physical sciences, to the development of logical thinking into abstract thinking and conceptual demands, these can be part of the reasons.

Conclusion: The combined and interconnected effects of factors such as insufficient prior knowledge, inadequate proficiency in the language of instruction, and limited visualization skills make it more difficult for learners to progress in physical chemistry courses. These challenges also complicate the design of effective teaching strategies. This research seeks to identify and address the underlying causes of these misconceptions. By using strategies such as increased familiarity with the specialized vocabulary of the relevant field before delivering the main lesson, conducting practice sessions, introducing the necessary mathematical concepts during the first sessions of the term, and performing initial assessments to determine the learners' academic levels, misconceptions can be reduced.

Keywords: Physical Chemistry Education, Misconceptions, Passive Learning, Visual Literacy, Mathematics.

---

1. Associate Professor of Department of Chemistry Education, Farhangian University, Tehran, Iran. Email: j.azamat@cfu.ac.ir

پژوهشی

10.22034/popsci.2025.499579.1392

کج فهمی‌های رایج در آموزش مفاهیم شیمی فیزیک و ارائه راهکارهایی جهت رفع آنها

جعفر عظمت [1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۴

چکیده

هدف: دروس شیمی فیزیک و آن بخش از مطالب شیمی دبیرستان مرتبط با شیمی فیزیک، اغلب از نظر دانشجویان شیمی و دانش‌آموزان، جزء سخت‌ترین دروس در نظر گرفته میشوند و همواره در یادگیری آنها چالش‌هایی وجود دارد که منجر به کج‌فهمی می‌شود. کج‌فهمی‌ها در شیمی فیزیک به شکافی اطلاق می‌شود که در آن درک نادرست فراگیران از مفاهیم اساسی مورد بحث قرار می‌گیرد. این کج‌فهمی‌ها نه تنها در سطح دانش‌آموزان دبیرستانی، بلکه در سطح دانشجویان نیز به وضوح دیده می‌شود و بایستی رفع شوند. **روش**: روش پژوهش حاضر از نوع کتابخانه‌ای است و در انتخاب منابع اطلاعاتی از نمونه‌گیری گلوله‌برفی استفاده شد. در این پژوهش با بهره گیری از نتایج پژوهش‌های قبلی و مقایسه آن با نمونه‌های عینی که برای پژوهشگر این تحقیق در کلاس درس رخ داده، سعی بر این بوده است که دلایل کج فهمی در مفاهیم شیمی فیزیک شناسایی شود و متعاقب آن راهکارهای کاهش کج فهمی‌ها ارائه شود. **یافته‌ها**: دلایل کج فهمی‌های رخ داده ممکن است به نیازهای خاص یادگیری آن دروس مرتبط باشد؛ از التزام به آشنایی گسترده با ریاضیات و نقش توصیفی آن در علوم فیزیکی تا گسترش تفکر منطقی به تفکر انتزاعی و خواستههای مفهومی می تواند جزء دلایل آن باشد. **نتایج**: تأثیرات ترکیبی و بهم پیوسته عواملی همچون آمادگی ناکافی پیش‌زمینه‌ای در فرد، تسلط ناکافی به زبانی که زبان آموزش است و نیز توانایی‌های ناکافی در تجسم باعث می‌شود که پیشرفت فراگیران در دروس شیمی فیزیک دشوارتر شود و چالش‌های بزرگ‌تری را برای طراحی راهبردهای آموزشی مؤثر به وجود آورد که در این پژوهش سعی بر شناسایی و رفع دلایل کج فهمی‌ها می‌باشد. با استفاده از راهکارهایی همچون آشنایی بیشتر با واژگان تخصصی رشته مربوطه قبل از ارائه درس اصلی، برگزاری جلسات حل تمرین، آشنایی با مفاهیم ریاضی مورد نیاز در طول ترم در جلسات اول ترم، و ارزشیابی اولیه فراگیران به منظور اطلاع از سطح علمی آنها، می توان کج فهمی‌ها را کاهش داد.

کلیدواژه‌ها: آموزش شیمی فیزیک، کج‌فهمی، یادگیری غیرفعال، سواد بصری، ریاضیات.

۱ دانشیار گروه آموزش شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران ، ایران. j.azamat@cfu.ac.ir

مقدمه و بیان مسئله

فهم مطالب شیمی فیزیک در بسیاری از موارد توسط دانشجویان شیمی به دشواری انجام می شود. دلایل چنین طرز تفکری چند دلیل می تواند باشد که از جمله آنها می توان به حضور گسترده ریاضیات، تسلط مؤلفه‌های مفهومی و در نتیجه نیاز به گسترش تفکر منطقی به تفکر انتزاعی و نقش اساسی درک مفهومی برای حل مسئله، اشاره کرد (گراسیا مارتینز[1]، ۲۰۱۵). این ویژگیها ارتباط نزدیکی با ماهیت شیمی فیزیک دارند که در آن بررسی و تفسیر رفتار سیستم‌های شیمیایی عمدتاً از مفاهیم و ابزارهای مربوط به فیزیک استفاده می‌کند، در عین حال که آنها ویژگی‌های شیمی نیز دارند. آموزش شیمی فیزیک چالشهای متعددی را به همراه دارد. یافتن پاسخ های قابل قبول برای سؤالاتی مانند موارد زیر آسان نیست:

- چگونه محتوای درس مورد نظر (شیمی فیزیک) را انتخاب کنیم؟
- چگونه می‌توان بین نیاز به «از دست ندادن» علاقه بیش از حد فراگیران از اولین تدریس و نیاز به کاهش ندادن محتوای دوره (یا پایین آوردن استاندارد آن) تعادل برقرار کرد؟
- چگونه می‌توان تأثیرات منفی عوامل اصلی مانند آشنایی ناکافی با ریاضیات، تسلط ناکافی بر زبانی که وسیله آموزش است و سواد بصری ناکافی را برطرف کرد؟
- چگونه می‌توان محتوای در نظر گرفته شده را در زمان اختصاص داده شده به آن به اتمام رساند؟

برای این سؤالات هیچ پاسخ و راه حل مشخصی که جوابگوی همه این موارد باشد و یا در تمامی مشکلات مطرح شده نیاز یادگیرندگان را مرتفع سازد، وجود ندارد و جهت رفع آنها در موقعیت‌های مختلف کلاسی به صورت متفاوتی باید عمل کرد. راهکاری که در طی سالهای اخیر انتخاب شده است، انطباق مستمر رویکردهای آموزشی بر اساس اطلاعات ارائه شده از طریق تعامل با یادگیرندگان و تشخیص کج فهمی‌های آنها از طریق تشخیص چگونگی درک یادگیرندگان از مطلب مورد نظر بود (ون گل[2]، ۲۰۲۳). به‌طور خاص، نظریه پیاژه در مورد ساختارهای شناختی و اهمیت تعامل فعال یادگیرنده با محیط آموزشی، به‌خوبی با مفهوم مطرح‌شده هم‌خوانی دارد. همچنین، نظریه‌های یادگیری سازه‌گرا بر اهمیت تعامل بین فعالیت‌های اجتماعی و یادگیری تأکید می‌کنند و یادگیرندگان را به‌عنوان شرکت‌کنندگان فعالی که در ساخت دانش نقش دارند، توصیف می‌کنند.

برای پاسخ به سوال اول درباره انتخاب محتوا، باید به برنامه درسی و سیلابس‌های دروس توجه کرد. البته می‌توان این سیلابس‌ها را بر اساس سطح علمی کلاس تا حدودی تغییر داد تا به اهداف آموزشی مدرس نزدیک‌تر شود، اما این تغییر نباید به برنامه درسی آسیب بزند. در خصوص سوال دوم، باید مراقب بود که کاهش محتوا به برنامه درسی ضربه نزند و

1. Garcia-Martinez
2. Van Geel

در عین حال محتوای آموزشی با سطح علمی فراگیران همخوانی داشته باشد تا از دلزدگی آن‌ها جلوگیری شود. درباره سوال سوم، در ادامه مقاله توضیحات بیشتری ارائه شده است. در نهایت، حل چالش مطرح‌شده در سوال چهارم به توانایی‌های مدرس بستگی دارد و می‌توان از برگزاری جلسات حل تمرین بیشتری بهره‌مند شد.

ماهیت مباحث دروس شیمی فیزیک با سایر دروس شیمی متفاوت است (دومینیسی[1]، ۲۰۲۰)، به نحوی که بحث در مورد مفاهیم و مدل‌های شیمیایی بخش غالبی از محتوای آنرا تشکیل می دهد. فهم بهتر مدل ها و نظریه‌ها در شیمی فیزیک مستلزم توانایی‌هایی برای استدلال انتزاعی و تعمیم آن است. حل مسئله در شیمی فیزیک به تعدادی الگوریتم نیاز دارد که فراگیر ممکن است از طریق تمرین یا از طریق به خاطر سپردن با آنها آشنا شود، لذا لازم است به درک کافی از بیان ریاضی آن دست یابد. گزارش‌های آزمایشگاهی نیز نیاز به فهم ارتباط بین مولفه‌های نظری/ مفهومی برای تفسیر اطلاعات تجربی مستخرج از آزمایشها دارند. حضور گسترده ریاضیات در متون شیمی فیزیکی فراتر از انتظارات بسیاری از فراگیران است که انتظار حضور محدود ریاضیات در دروس شیمی را داشتند. لذا آنهاآمادگی لازم نه از نظر فکری و نه از نظر فنی جهت درک علم ریاضیاتی که در مباحث شیمی فیزیک وجود دارد، را ندارند.

در حالی که دانش‌آموزان و دانشجویان معمولاً موفق می‌شوند که به نوعی رویکرد خود را به محتوای دروس دیگر «ساده‌سازی» کنند و دامنه توجه خود را به گفت‌وگوهای نظری محدود کنند و در عین حال به سطوح قابل قبولی در حل مسائل و مهارت‌های عملی دست یابند، ولی به زودی متوجه می‌شوند که این امر برای دروس شیمی فیزیک ممکن نیست. چنین برداشتی باعث می شود که فراگیران احساس کنند که دروس شیمی فیزیک دشوارتر هستند و لذا باعث می شود که اعتماد به نفس فراگیران در خصوص دروس شیمی فیزیک کاهش می‌یابد.

معایب ناشی از استفاده از یک زبان دوم (زبان متفاوت از زبان مادری) در آموزش، عواقب سنگینی بر نگرش فراگیران دارد (نگوین[2]، ۲۰۲۲) و در کشورهای غیرانگلیسی زبان منجر به ایجاد کج فهمی در مفاهیم درس مورد نظر می شود، چرا که یادگیری مفاهیم دروسی مانند شیمی فیزیک نیاز به آشنایی کافی با واژه‌های لاتین آن درس را دارد. در ضمن عدم آمادگی فراگیران هم به محتوای درس و هم به مهارت‌های لازم جهت یادگیری درس مربوط می شود. تسلط ضعیف بر زبانی که از طریق آن انتظار می‌رود فراگیران، دانش را کسب کرده و بیان کنند، اثربخشی ارتباطی توضیحات کلامی را کاهش می‌دهد و در نتیجه

1. Domenici
2. Nguyen

درک کامل مطالب درسی را محدود می‌کند. از سوی دیگر سواد بصری ناکافی اثربخشی توضیحات با استفاده از تجسم را کاهش می‌دهد و باعث تضعیف توسعه تصاویر ذهنی می شود (اسچونبورن[1]، ۲۰۰۶). نتیجه کلی این فرایند یک نگرش منفعل است که یادگیری را معادل حفظ کردن مطلب می‌داند.

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع کتابخانه‌ای است. محقق در رابطه با موضوع پژوهش منابع اطلاعاتی معتبر را از پایگاه‌های علمی بررسی کرده و بعد از مطالعه و تأمل در آنها به مقایسه و تحلیل اطلاعات، و بررسی یافته های پژوهشی آنها پرداخته است. در انتخاب منابع اطلاعاتی از نمونه گیری گلوله برفی[2] استفاده شد، یعنی با استفاده از فهرست منابع پژوهش‌های مرتبط، سایر منابع معتبر شناسایی شدند. در این پژوهش با بهره گیری از نتایج پژوهش‌های قبلی و مقایسه آن با مصادیق عینی که برای پژوهشگر این تحقیق در کلاس درس رخ داده، سعی بر این بوده است که علت های کج فهمی در مفاهیم درس شیمی فیزیک شناسایی شود و متعاقب آن راهکارهای کاهش کج فهمی ها ارائه شود. در پژوهش حاضر از روایی محتوایی استفاده شده است، به این معنی که محتوای تحقیق به طور کامل موضوع پژوهش را پوشش می‌دهد و در پایایی سعی بر این بوده است که گردآوری داده‌ها از منابع مختلف به گونه‌ای باشد که نتایج قابل اعتمادی به دست دهد.

یافته های پژوهش

آثار فراگیران در فعالیتهای درسی خود (انجام آزمایش‌ها، گزارش‌های آزمایشگاهی و غیره) اصلی‌ترین منابع مورد استفاده برای شناسایی مشکلات آنها را تشکیل می دهد، زیرا می‌توان آنها را به عنوان اصیل‌ترین و آموزنده‌ترین منبع در نظرگرفت (کرانز[3]،۲۰۲۲). اطلاعات به دست آمده از این منابع می‌تواند با تعامل فراگیران، هم در طول فعالیت‌های عادی کلاس درس و هم از طریق مصاحبه‌ها، تکمیل شود. دستیابی به مستندات مربوط به مشکلات و دشواری‌های تشخیص داده شده در حل مشکل کج فهمی‌های فراگیران ضروری است تا از طریق آن تصویری آگاهانه از وضعیت موجود را ترسیم کند و تحلیل‌ها و استنباط‌ها را با شواهد عینی اثبات کند. با اینکه تأثیر انواع مشکلات با هم تداخل و همپوشانی دارند ولی تفکیک آنها به بخش‌های جداگانه باعث شناسایی مشکلاتی که دارای تأثیر غالب هستند، می

1. Schönborn
2. Snow ball
3. Kranz

شود (فورتنی[1]، ۲۰۱۹). در ادامه مقاله، چالش‌های مرتبط با یادگیری مفاهیم شیمی فیزیک در کلاس درس در سطح میانی (در دوره دوم متوسطه و در دوره کارشناسی آموزش شیمی دانشگاه) بررسی شده‌اند و نمونه هایی که برای نقش مستندسازی هر یک از آنها انتخاب شده اند، از بین مواردی است که خود نویسنده مقاله در طی سالهای متمادی تدریس شیمی فیزیک در کلاس‌های مختلف، با آنها مواجه بوده است.

تأثیر مشکلات مربوط به زبان و مفاهیم انگلیسی

مشکلات ذاتی در استفاده از زبان دوم (انگلیسی) در متون علمی به عنوان وسیله آموزش همواره وجود داشته است. این تاثیر آنقدر مهم است که به عنوان یکی از عوامل اصلی مانع توسعه در کشورهای غیر انگلیسی زبان در نظر گرفته می‌شود (پراه[2]، ۲۰۰۸). در یک محیط نامطلوب آموزشی، تأثیر مشکلات مربوط به زبان ممکن است آنقدر گسترده شود که محدودیت‌های جدی برای فهم عمیق فراگیران برای درک مطالب درسی ایجاد کند. این امر به نوبه خود مشکلاتی را در سطح ارزشیابی دانش آموزان نیز ایجاد می کند. بنابراین مشکلات به ویژه در بافت‌های آموزشی کم‌برخوردار، تأثیر قابل توجهی بر یادگیری و ارزیابی فراگیران دارد (مامینو، ۲۰۰۶).

تجزیه و تحلیل زبانی شامل انتخاب و ترکیب واژه‌ها و ساخت جملات و بندهاست. این موارد به دانش فرد از واژه‌ها و قوانین گرامری و نحوی ارتباط دارد. ترجمه دقیق و معتبر اشکال مختلف زبان و ادبیات می‌تواند به درک بهتر و انتقال مؤثر مفاهیم میان فرهنگ‌ها و زبان‌های مختلف کمک کند. در این مسیر، هم‌خوانی صدا و مفهوم، ساده‌ترین و بنیادی‌ترین جنبه به شمار می‌آید (مامیتو[3]، ۲۰۰۶). در این راستا، ابهامات در زبان مادری وجود ندارد، زیرا این هم‌خوانی به‌طور عمیق درونی شده است؛ اما ممکن است در زبان دوم ظاهر شود و همچنین ممکن است منجر به استفاده نادرست از واژه‌هایی شود که تلفظ آنها می‌تواند توسط گویندگان غیر بومی به عنوان مشابه درک شود و این ممکن است کج‌فهمی ایجاد کند. چنین مواردی اغلب زمانی رخ می دهد که از یک اصطلاح علمی آشناتر به جای اصطلاح علمی صحیح کمتر آشناتر استفاده شود:

(۱) در گازهای ایده آل، واکنشهای بین مولکولی وجود دارد.

(۲) تغییر انتروپی با واکنش $\Delta S = \int dq / T$ داده میشود.

(۳) در یک واکنش شیمیایی برخی از مواد به مواد دیگر منتقل می‌شوند.

1. Fortney
2. Prah
3. Mammino

استفاده از اصطلاح واکنش[1] به جای اصطلاحات دیگر مانند برهمکنش[2] (مورد ۱) یا رابطه[3] (مورد ۲) بسیار متداول است (مامیتو، ۲۰۰۶) و اغلب با درک ناکافی مفهوم بیان شده توسط اصطلاح دیگر همراه است. سر درگمی (مورد ۳) بین افعال انتقال[4] و تبدیل[5] (مامینو، ۲۰۰۶) مشکلاتی را در درک ماهیت واکنشهای شیمیایی (تبدیل) یا برخی از جنبه های آنها (مانند انتقال الکترون در واکنشهای احیا) ایجاد می‌کند. در سطح ارزیابی، حدس زدن اینکه آیا ادراکات یا تصاویر ذهنی که فراگیران ایجاد کرده اند با معنای مورد نظر مطابقت دارد یا خیر، دشوار است و یا به دلیل تمایز ناکافی بین معانی دو اصطلاح مختلف، مبهم باقی می ماند.

جنبه بعدی (از نظر افزایش پیچیدگی) انتخاب و ترکیب کلماتی است که در هر جمله نقش کلیدی دارند، مانند ترکیب فاعل- فعل، فاعل- فعل- مفعول و صفت- اسم (مامینو، ۲۰۰۷). اشتباهات در این زمینه حاکی از بیان نادرست جنبه‌های مرتبط با محتوا و روش علمی است: سردرگمی بین سیستمها و فرآیندها (مورد ۴)، استفاده از افعال معمول رویدادها در رابطه با اشیا یا کمیت‌های فیزیکی (مورد ۵)، استفاده از افعالی که بیانگر چیزی است که موضوع مورد نظر مطرح شده، نمی‌تواند انجام دهد (موارد ۸-۶)، یا حذف کلمات کلیدی در جفت هایی که برای انتقال یک معنی نیاز به جفت شدن دارند، به عنوان مثال حذف اسم در جفت صفت + اسم (حالت و اسپین به ترتیب در (مورد ۹) و (مورد۱۰) حذف می شوند).

(۴) سلول الکترولیتی فرآیندی است که در آن یک واکنش ردوکس غیر خود به خودی توسط جریان الکتریکی هدایت می شود.

(۵) هر چه دما بالاتر باشد، سرعت واکنش سریعتر رخ می دهد.

(۶) در دمای پایین‌تر، واکنش‌دهنده‌ها زمان بیشتری طول می‌کشند تا کامل شوند.

(۷) مشاهدات: میله مسی به نقره تبدیل شد.

(۸) الکترود روی خورده شده و یونهای روی در محلول رسوب می کنند.

(۹) ظرفیت گرمایی به فیزیک سیستم بستگی دارد.

(۱۰) فرمیونها ذراتی ½ هستند.

درک درست عبارت‌ها بر استفاده دقیق از کلمات اتصالی (حروف اضافه) برای شناسایی عملکردهای مختلف تکیه دارد. سردرگمی در استفاده از حروف اضافه بر درک یا بیان مفاهیم مهم شیمی تأثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، سردرگمی بین حروف اضافه intra و inter است

1. Reaction
2. Interaction
3. Relationship
4. to transfer
5. to transform

که در ترجمه متون انگلیسی به فارسی، منجر به سردرگمی بین پیوندهای درون مولکولی[1] و بین مولکولی[2] می شود و به طور گسترده در استفاده از سایر حروف اضافه این تردید را ایجاد می کند که آیا فراگیر تصویر درستی از آنچه که توصیف می‌کند، دارد یا خیر، مانند مورد (۱۱) که به پدیده هایی که در الکترودها اتفاق می‌افتد اشاره می کند و مورد (۱۲) به معنی در نظر گرفتن مشتقات ساخته شده از یک ساختار مولکولی شروع کننده است، اشاره دارد.

(۱۱) یون های مس به سمت کاتد حرکت کرده و بر روی میله مسی رسوب می کنند.

The copper ions move to the cathode and are deposited into the copper rod.

(۱۲) مولکول مورد نظر ۴،۲،۲ - تری متیل هگزان است و از این مولکول ۱۹ مشتق ساخته شده است.

The molecule of interest is 2,2,4-trimethylhexane, and in this molecule 19 derivatives were made.

تعدادی از قواعد دستور زبان به طور معمول نادیده گرفته می شوند که احتمالاً به دلیل ناآگاهی از پیامدهای بی توجهی به آنها در اطلاعاتی است که مفهوم جمله را می‌رساند. البته بیشتر این قواعد در زبان مادری نادیده گرفته نمی شوند. به عنوان مثال اشتباه بسیار تکراری، تمایز بین اسامی مفرد و جمع است که ممکن است به جملاتی منجر شود که معنای تحت اللفظی آنها از نظر شیمیایی نادرست باشد. به عنوان مثال، مورد (۱۳) این معنی را منتقل می‌کند که ذرات در یک بلور در اطراف یک مرکز واحد ارتعاش می‌کنند و مورد (۱۴) آگاهی ناکافی از این واقعیت را نشان می دهد که یک مخلوط حداقل از دو جزء تشکیل شده است و فشار جزئی به هر جزء آن اشاره دارد و فشار کل اشاره به مخلوط دارد.

(۱۳) ذرات در اطراف مرکز شبکه کریستالی به نام گره ارتعاش می‌کنند.

Particles vibrate around the centre of the crystal lattice called the node.

(۱۴) قانون فشار جزئی دالتون بیان می کند که فشار جزئی کل مخلوط گاز برابر است با مجموع فشار جزئی در مخلوطی از آن گاز.

Dalton's law of partial pressure is the total partial pressure of a mixture of the gas is equal to the sum of the partial pressure in a mixture of that gas.

تأثیرات به یادسپاری و نگرش‌های غیر فعال (منفعل)

به یادسپاری غیرفعال، رایج‌ترین واکنش یادگیرندگان به عدم درک کافی مطالب درسی و ناتوانی در بیان آن‌ها هنگام پاسخ به سؤالات یا نوشتن متون مختلف، مانند گزارش‌های آزمایشگاهی است. به این عادت از آموزش‌های قبلی نشأت گرفته و چنان در ذهن افراد

1. Intramolecular
2. Intermolecular

جا افتاده که یادآوری خبر از یادگیری می‌دهد. یادگیرندگان اعتراف می‌کنند که مهم‌ترین جزئیات کلاس درس، مطالبی است که معلم بر تخته می‌نویسد، زیرا آن‌ها می‌توانند آن را کپی کرده و حفظ کنند. این روش، یادسپاری غیرفعال به شمار می‌رود و تأثیرات منفی آن بر عملکرد یادگیرندگان بسیار جدی است (کولوس[1]، ۲۰۲۰). یادسپاری غیرفعال، ابزاری برای پاسخ به سؤالات ارائه نمی‌دهد (کندی[2]، ۲۰۲۴). برخی از پاسخ‌ها بدون تمرکز واقعی بر سؤال، تنها به یک جمله کوتاه محدود می‌شوند. به عنوان مثال، در مورد (۱۵)، به سؤالی که می‌خواهد مفهوم دوگانگی موج-ذره را توضیح دهد، فقط جمله اول جزوه درس بازتولید می‌شود. مورد (۱۶) نیز علاوه بر اضافه کردن نظر شخصی قبل از تکرار جمله، به بررسی تفاوت‌های بین ذرات و امواج از دیدگاه کلاسیک می‌پردازد. اما تنها بخشی از پاسخ‌ها فراتر از یادآوری این اطلاعات ابتدایی برای بحث در مورد دوگانگی موج-ذره است:

(۱۵) امواج و ذرات کاملاً متفاوت هستند.

(۱۶) دوگانگی ذره-موج: این تفاوت بین یک ذره و یک موج است. طبق فیزیک کلاسیک امواج و ذرات دو موجودیت متفاوت هستند.

پاسخ‌های متداول (مورد ۱۷) به این سوال «توضیح دهید که چرا گازهای ایده آل با توجه به تغییرات فشار، حجم یا دما به یک شکل عمل می‌کنند، در حالی که گازهای حقیقی به روش‌های مختلفی که به ماهیت شیمیایی آنها بستگی دارد رفتار می‌کنند»، دلالت بر این دارد که جنبه‌هایی از فعالیت‌های مدل سازی (مانند معادلات حالت) می‌توانند مسئول آنچه در طبیعت اتفاق می‌افتد باشند. (پاسخ های طولانی تر به همان سؤال شامل بازتولید کلمه به کلمه توصیفات مدل گاز ایده آل و مدل گاز حقیقی بود و هیچ پاسخی بر سؤال ارائه شده متمرکز نبود).

(۱۷) گازهای ایده آل فقط یک معادله حالت دارند در حالی که گازهای حقیقی حالتهای زیادی دارند.

در مورد (۱۸)، به بخش دوم سؤال که از میان مجموعه پیشنهادی واکنش‌های مناسب برای یک سلول گالوانیکی را انتخاب می‌کند و سپس به توجیه این انتخاب می‌پردازد، یک عبارت حفظ شده وجود دارد. در عوض، مورد (۱۹) ترکیبی از مفاهیم حفظ‌شده مختلف است که جملاتی که ارائه می‌دهد ارتباطی با سؤال ندارند. در موارد جدی‌تر، پاسخ‌ها شامل مجموعه‌ای از جملات حفظ شده‌اند که عمدتاً با یکدیگر ناسازگار هستند (مربوط به توصیف‌های مختلف) و همواره به سؤال داده‌شده مرتبط نیستند (موارد ۲۰ و ۲۱).

(۱۸) یک سلول گالوانی از یک واکنش خودبه‌خودی اکسایش-کاهش (رداکس) استفاده

1. Kooloos
2. Kennedy

می‌کند.

(۱۹) یک سلول گالوانی از واکنش برای انجام کار استفاده می کند. این دستگاه از یک واکنش خودبه‌خودی اکسایش-کاهش (رداکس) برای تولید جریان الکتریکی بهره می‌برد. در این واکنش‌ها، در سلول گالوانی، می‌توانیم اختلاف پتانسیل بین دو الکترود را اندازه‌گیری کنیم، نه سهم هر یک از الکترودها.

(۲۰) آنتروپی در تبخیر افزایش می یابد، زیرا ترکیب به صورت بلوری کامل تشکیل می‌شود که باعث می‌شود آنتروپی دارای مقدار مثبت باشد.

(۲۱) نقطه ذوب یک محلول کمتر از نقطه ذوب حلال خالص است. زیرا حجم کل اشغال شده توسط گاز در مقایسه با حجم گاز ناچیز است.

موارد مشابهی با توجه به توصیف‌ها و مشاهدات، دیده می‌شود. زیرا فراگیران در نوشتن متن با چالش‌هایی روبرو هستند که باید از طریق چندین جمله رفع شده و یک مفهوم منطقی در سراسر آنها ایجاد شود. بنابراین، آنها سعی می‌کنند از نوشتن یک شرح کامل اجتناب کرده و در گزارش‌های آزمایشگاهی به مفاهیم حفظ‌شده یا کپی مستقیم از منابع متوسل می‌شوند. این رویکرد منجر به عدم بحث درباره موضوع مورد نظر می‌شود، زیرا بخش‌های حفظ‌شده بدون تطبیق با موضوع خاص، عیناً از منبع اصلی تکثیر می‌شوند. حتی ممکن است این روش باعث غفلت از اطلاعات تجربی جمع‌آوری‌شده توسط فراگیر در گزارش‌های آزمایشگاهی شود. به عنوان مثال، روش آزمایش الکترولیز با الکترودهای مسی که در محلول سولفات مس غوطه‌ور هستند، بدون اضافه کردن اسید به محلول، نیاز دارد که pH محلول را در ابتدای آزمایش و در انتهای آن اندازه‌گیری شود. در بخش مشاهدات گزارش آزمایشگاه همه دانشجویان مقادیر pH را گزارش کردند و خاطر نشان کردند که pH تغییر نکرده است. با این حال در بخش نتایج گزارش بیش از دو سوم دانشجویان نمونه‌ای را که در جزوه درسی مورد بحث قرار گرفته بود (به الکترولیز محلول سولفات مس با استفاده از الکترودهای بی اثر اشاره دارد) کپی کردند و به صورت غیر فعال نه تنها نیم واکنش‌های الکترود، بلکه شرح نتایج را نیز بازتولید کردند، از جمله این اطلاعات که «غلظت یونهای H^+ در محلول با ادامه فرآیند افزایش می‌یابد و محلول به تدریج به محلول اسید سولفوریک تبدیل می‌شود». با توجه به اینکه در نگارش گزارش کار هیچ تفکری وجود نداشت و صرفاً کپی مطالب قبلی بود، هیچ دانشجویی تناقض بین این جمله و عدم مشاهده تغییر pH را متوجه نشده بود.

آسیب‌ها و مشکلات آموزشی در مورد مسائل ترمودینامیک که مستلزم تقسیم یک فرآیند معین به دو یا چند مرحله هستند، آشکارتر می‌شوند، زیرا شناسایی مراحل صحیح برای چنین تقسیم‌بندی مستلزم تجزیه و تحلیل دقیق فرآیند در نظر گرفته شده در سؤال

داده شده و مرجع است (بیین[1]، ۲۰۱۴). پاسخ‌های حفظ‌شده به سؤالات مشابه، اما نه یکسان، معمولاً شامل مراحلی می‌شوند که ممکن است به فرآیند موردنظر مرتبط نباشند یا از آن نادیده گرفته شوند. به عنوان نمونه، مثالی که در کلاس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت مربوط به محاسبه تغییر آنتروپی فرآیندی بود که در آن مقدار معینی یخ در دمای صفر درجه سانتیگراد ذوب می‌شود، سپس آب مایع تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد گرم و تا تبخیر کامل در ۱۰۰ درجه سانتیگراد جوشانده می شود. در نهایت بخار به صورت همدما به حجم معینی، منبسط می‌شود. هنگامی که به دانشجویان سؤالات مشابهی داده می‌شود، با مراحل مختلف (شامل عدم انبساط بخار پس از تبخیر، یا شروع در دمای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد، یا فقط در نظر گرفتن ذوب شدن یخ و گرم شدن آب مایع تا دمای کمتر از نقطه جوش آن)، چندین دانشجو تمام مراحل کلاس را به عنوان مثال در پاسخ های خود قرار می دهند یا از گرم کردن یخ اگر دمای شروع کمتر از صفر درجه سانتیگراد باشد، غفلت می کنند.

تأثیرات سواد بصری ناکافی

تجسم نقش اساسی در فعالیت آموزشی یادگیری ایفا می کند (گیلبرت[2]، ۲۰۰۸). در دروس شیمی همچنین یک ابزار ضروری برای ایجاد آشنایی اولیه با دنیای میکروسکوپی اتم‌ها و مولکول‌ها است (گابل[3]، ۱۹۹۳). سواد بصری فراگیرانی که وارد دانشگاه می‌شوند، اغلب ناکافی است. در دروس شیمی فیزیک تأثیرات ناشی از ترکیب سواد بصری ناکافی و سواد ریاضی ناکافی، مانع ترسیم و تفسیر دقیق نمودارها می‌شود (آلپان[4]، ۲۰۱۵). عدم عادت به استفاده از تجسم فضایی برای حل مشکلاتی که در این زمینه اطلاعات مفیدی ارائه می‌دهد، در دوره شیمی کوانتومی به طور خاص یک ویژگی منفی است. فراگیران هنگام نوشتن معادله شرودینگر، مدل‌های سیستم‌ها را ترسیم نمی‌کنند و این امر منجر به نوشتن معادلات نادرست می‌شود. به عنوان مثال، در آزمونی که هیچ فراگیری مدل مولکول هیدروژن را ترسیم نکرده بود، تمام پاسخ‌ها وجود دو هسته را نادیده گرفتند و در نتیجه معادلاتی مناسب برای یون H^- یا معادلات کاملاً بی‌معنا ارائه کردند.

تأثیرات آشنایی ناکافی با ریاضیات

از آنجایی که ریاضیات جزء جدایی ناپذیری از مباحث شیمی فیزیک است، ، نداشتن

1. Bain
2. Gilbert
3. Gabel
4. Alpan

آشنایی کافی با ریاضیات تأثیر منفی بیشتری نسبت به سایر دروس شیمی دارد (سانچز[1]، ۲۰۲۵). کمبود آنچه می‌توان به عنوان سواد ریاضی مورد نیاز نامید، مشکلاتی را در چندین جنبه مهم ایجاد می‌کند، از جمله: انجام محاسبات خاص (به ویژه محاسبات نمایی یا لگاریتمی)، شناسایی یا درک همبستگی بین مباحث ریاضی و فیزیکی و همچنین معادلات مشتق. این عملیات، در شیمی فیزیک تا حد زیادی تحت تأثیر معنای فیزیکی هر مرحله قرار دارد (بکر[2]، ۲۰۱۲). ترکیب این مشکلات با چالش‌های زبان و سواد بصری ناکافی، موانع جدی برای درک مطالب شیمی فیزیک و بیان آن‌ها در سطح حل مسئله یا تفسیر اطلاعات تجربی ایجاد می‌کند (چیلدز[3]، ۲۰۱۵).

مدیریت مقادیر، ساده‌ترین جنبه مرتبط با ریاضیات است. از آنجایی که مقادیر، مربوط به اندازه‌گیری کمیتهای فیزیکی است، یک جنبه اساسی معقول بودن آنهاست. با این حال هنگام انجام محاسبات فراگیران اغلب اعداد را بدون اشاره به معنای فیزیکی آنها کنترل می‌کنند؛ بنابراین نتایجی مانند فشار منفی، دمای مطلق منفی، ثابت سرعت منفی و غلظت یک واکنش دهنده در زمان معینی پس از شروع واکنش که بالاتر از غلظت اولیه آن باشد را می پذیرند، در حالی که درک ناسازگاری با معنای فیزیکی آنها می‌تواند نشانه روشنی باشد که یا رویه یا محاسبات دارای خطا هستند. مدیریت کمیت‌های فیزیکی و درک نقش آنها در تعاریف و معادلات یا توصیف یک سیستم، تحت تأثیر آشنایی ناکافی در رابطه با جنبه‌های ریاضی و فیزیکی است. این منجر به انواع سردرگمی ها میشود: سردرگمی در شناسایی متغیرهای وابسته و مستقل، حتی در بحث آزمایشهایی مانند نظارت بر چگونگی تغییر غلظت یک واکنش دهنده در طول یک واکنش شیمیایی (مورد ۲۲) و یا اینکه زمان لازم برای تکمیل واکنش در دماهای مختلف چگونه تغییر می‌کند (مورد ۲۳)؛ شناسایی نادرست کمیتی که در یک موقعیت معین ثابت می ماند (مثلاً با در نظر گرفتن ثابت بودن ظرفیت گرمایی، در حالی که ثابت بودن حجم مسئول عدم انجام کار است (مورد ۲۴))، و سردرگمی در مورد تمایز بین یک متغیر و یک مقدار خاص (به عنوان مثال بین غلظت یک واکنش دهنده در هر لحظه $[A]$ و مقدار غلظت اولیه $[A]_0$ (مورد ۲۵)).

(۲۲) زمان انجام واکنش با کاهش غلظت واکنش دهنده، افزایش می یابد.

(۲۳) نمودار زمان صرف شده توسط واکنش در برابر دمای مطلق واکنش دهنده ها نشان می دهد که دمای مطلق با افزایش زمان، کاهش می یابد.

(۲۴) اگر ظرفیت حرارتی ثابت باشد، کاری انجام نمی شود.

1. Sánchez
2. Becker
3. Childs

(۲۵) نمودار $[A]_0$ را در مقابل زمان رسم می کنم.

اثر تعاریف و مفاهیم نادرست علمی که در مقاطع قبل از دانشگاه ارائه می‌شود، در طول دوره‌های تحصیلی ادامه دارد. این موضوع نشان می‌دهد که درک صحیح و درونی‌سازی مفاهیم علمی در اولین مواجهه، منجر به یادگیری عمیق‌تری نسبت به تلاش‌های بعدی برای اصلاح آن‌ها می‌شود. یکی از مهم‌ترین این موارد، مفاهیم تناسب است. فراگیران هر موردی را که در آن متغیر وابسته با افزایش متغیر مستقل افزایش می‌یابد، «نسبت مستقیم» (مورد ۲۶) و هر موردی را که در آن متغیر وابسته با افزایش متغیر مستقل، کاهش می‌یابد «نسبت معکوس» تفسیر می‌کنند (مورد ۲۷). آن‌ها به نوع وابستگی توجه نمی‌کنند و حتی وقتی به وضوح به معادله وابستگی اشاره می‌شود(مورد ۲۸)، باز هم ممکن است عدم وابستگی را به عنوان تناسب مستقیم در نظر بگیرند (مورد ۲۹).

(۲۶) افزایش دما در یک واکنش منجر به افزایش سرعت واکنش می‌شود پس دما و سرعت واکنش با یکدیگر نسبت مستقیم دارند.

(۲۷) نمودار زمان صرف شده توسط واکنش در برابر دمای مطلق نشان می‌دهد که این زمان با افزایش دما کاهش می‌یابد یعنی زمان با دما نسبت معکوس دارد.

(۲۸) در یک واکنش مرتبه اول $[A]_t = [A]_0.e^{-Kt}$ و بنابراین غلظت $[A]$ با زمان نسبت معکوس دارد.

(۲۹) از آنجایی که معادله نیمه عمر یک واکنش مرتبه اول به غلظت اولیه بستگی ندارد، می‌توانیم نتیجه بگیریم که نیمه عمر نسبت مستقیم با غلظت واکنش دهنده A دارد.

نمونه‌های آخر یک مشکل عمده دیگر را نیز برجسته می‌کنند: عدم عادت به خواندن معادلات از نظر ریاضی و همچنین از دیدگاه فیزیکی. معادلات اغلب بدون توجه کافی به معنای فیزیکی آن‌ها حفظ می‌شوند و این امر باعث می‌شود که سوالات مربوط به ابعاد آن‌ها دشوارتر شود. به عنوان مثال بسیاری از پاسخ‌ها به این سؤال که «یک گاز ایده‌آل مشخص حجم V_1 را در فشار P_1 اشغال می‌کند. اگر فشار دو برابر شود در مورد حجم نهایی چه می‌توانید بگویید؟ یا مبهم باقی می‌مانند (موارد ۳۱،۳۰)، یا نادرست هستند (مورد ۳۲) و یا شامل یک جمله حفظ شده بدون معنی کامل هستند (مورد ۳۳)، و تنها بخش کمی پاسخ می‌دهند که حجم نهایی نصف حجم اولیه خواهد شد.

(۳۰) اگر فشار دو برابر شود، حجم نهایی کم می‌شود.

(۳۱) حجم نهایی کاهش می یابد.

(۳۲) حجم نهایی برابر با حجم اولیه خواهد بود.

(۳۳) فرض می‌کنیم که دما ثابت است و حجم و فشار متناسب با هم هستند.

وقتی معادله های مربوطه اخیراً یاد گرفته شده باشد، مشکلات بیشتر می‌شود؛ مخصوصاً

زمانی که سؤال به ترکیبی از استدلال فیزیکی و استدلال ریاضی نیاز داشته باشد و در عین حال مستلزم مقایسه با موقعیتی باشد که از قبل یاد گرفته شده است. به عنوان مثال پاسخ به این سؤال که « گاز حقیقی حجم V را در فشار P اشغال می‌کند. اگر فشار دو برابر شود، در مورد حجم نهایی چه می‌توانید بگویید؟» تلاش‌هایی برای ارائه پاسخ‌هایی متفاوت از پاسخ‌های ارائه شده برای گازهای ایده‌آل دیده می شود اما اشتباهاتی در مورد چگونگی شناسایی تفاوت‌ها دیده می‌شود (موارد ۳۴-۳۷)، و تنها بخش کمی از فراگیران می‌گویند که حجم کاهش می‌یابد اما حجم نهایی نصف حجم اولیه نخواهد بود و مقدار آن باید با یک معادله گاز حقیقی محاسبه شود یا به صورت تجربی تعیین شود.

(۳۴) اگر فشار دو برابر شود حجم نهایی ثابت می‌ماند یا صفر خواهد بود.

(۳۵) اگر فشار دو برابر شود، حجم نهایی برای گاز حقیقی تغییری نمی‌کند. فشار روی حجم تاثیری ندارد.

(۳۶) حجم نهایی افزایش می یابد.

(۳۷) حجم نهایی گاز حقیقی دو برابر حجم اولیه خواهد بود.

فقدان عادت به خواندن معادلات از نظر معنای فیزیکی آنها، باعث ایجاد خطاهای مکرر در تفسیر نمادهای موجود در معادله می‌شود (هامرسکا[1]، ۲۰۲۴). این ممکن است منجر به تفسیر نادرست از معنای یک معادله شود (کوپ[2]، ۲۰۲۰). مخصوصاً اگر با عدم توجه به تمایز بین حروف بزرگ و کوچک همراه شود، مانند خواندن V که در قانون گراهام به عنوان حجم (مورد ۳۸) ظاهر می‌شود یا یک نماد که ممکن است مفاهیم مختلفی را نشان دهد مانند نماد S، که می تواند هم برای نمایش انتگرال همپوشانی و هم برای نمایش کل اسپین یک سیستم استفاده شود (مورد ۳۹):

(۳۸) برای جرم معینی از گاز ایده‌آل در فشار ثابت، حجم‌ها با مجذور جرم‌ها نسبت مستقیم دارد؛ $V_1/V_2 = \sqrt{M_2/M_1}$

(۳۹) S اسپین انتگرال همپوشانی است.

به نظر می رسد که مشکلات در خواندن معادلات، مشکلات مرتبط با زبان و ریاضیات را با هم ترکیب می‌کند، همانطور که برای مثال با تلاش برای خواندن و فهم قانون گراهام نشان داده شده است (موارد ۴۰-۴۵). به دلیل این مشکلات، هنگامی که از فراگیران خواسته می‌شود قانون گراهام را بیان کنند (چیزی را که می‌توان از طریق معادله بیان کرد)، بدون هیچ توضیحی از طریق کلماتی بیان می کنند که برخی مواقع گیج کننده است:

(۴۰) قانون گراهام بیان می‌کند که سرعت نفوذ دو مولکول گاز با جذر جرم مولکولی

1. Hamerská

2. Kop

آنها نسبت عکس دارد.

(۴۱) نسبت بین سرعت گازها برابر است با جذر نسبت معکوس جرم مولکولی آنها.

(۴۲) سرعت انتشار گاز با جذر جرم‌های مولکولی آن‌ها به صورت مستقیم متناسب است.

(۴۳) نسبت سرعت‌های انتشار دو گاز برابر است با معکوس جذر نسبت جرم‌های مولکولی آن‌ها.

(۴۴) قانون گراهام بیان می‌کند که نسبت سرعت‌های نفوذ دو گاز برابر با مربع معکوس جرم مولی آن‌ها است.

(۴۵) قانون گراهام نسبت حجم‌ها را ضربدر جذر نسبت تعداد مولکول‌ها بیان می‌کند.

درک معادلات و معانی فیزیکی مرتبط با آن‌ها نیز تحت تأثیر مشکلات زیادی قرار دارد. دشواری در فهم معادلات به شناسایی، مدیریت و بیان مقایسه‌ها بین واقعیت‌های فیزیکی و معادلات ریاضی مربوط می‌شود. در پاسخ به سؤالی که از فراگیران خواسته شده معادله حالت گازهای ایده آل و معادلات حالت گازهای حقیقی (موارد ۴۶-۵۰) را با هم مقایسه کنند، این مورد مشهود است. پاسخ‌های مورد (۴۹) و مورد (۵۰) همچنین تأثیرات اضافی ناآشنایی با جنبه‌های مربوط به روش را روشنتر می‌کنند. زیرا آنها تفاوت بین واقعیت فیزیکی و توصیف ریاضی را تشخیص نمی دهند (یک گاز در واقعیت نمی تواند از معادلات تشکیل شده باشد یا شامل پارامترها باشد).

(۴۶) معادله حالت یک گاز ایده آل تنها یک حالت $nRT = PV$ است. آنها نمی توانند پارامترهایی داشته باشند زیرا به ماهیت گاز بستگی ندارند در حالی که معادله حالت در گازهای حقیقی معادله واندروالس و معادله ویریال است. آنها حاوی پارامترهایی هستند زیرا حالت فیزیکی آنها به ماهیت گازها بستگی دارد.

(۴۷) در گازهای ایده آل تنها معادله حالت معتبر معادله $nRT = PV$ است که شامل عبارات مرتبط با ثابت شیمیایی گاز نیست. در مورد گاز حقیقی، معادله حالت شامل پارامترهای گازهای طبیعی است و این مقادیر به صورت تجربی تعیین می شوند.

(۴۸) معادله حالت واندروالس شامل پارامترهای a و b است که این پارامترها وابسته به ماهیت گازها هستند.

(۴۹) گازهای حقیقی از معادله‌های مختلف تشکیل شده اند. به عنوان مثال معادله واندروالس و معادله ویریال و در آنها پارامترهایی وجود دارند که در یک گاز حقیقی دخیل هستند که با توجه به گازهای مختلف مورد استفاده، متفاوت است. به این معنی که گازهای مختلف پارامترهای متفاوتی دارند.

(۵۰) گازهای حقیقی حاوی پارامترهایی هستند که مربوط به ماهیت گاز است بنابراین این پارامترها در گازهای مختلف متفاوت هستند.

ترکیبی از سواد بصری ناکافی و مشکلات مرتبط با ریاضیات، مدیریت و تفسیر نمودارها

را با مشکل مواجه می کند. در این صورت، نمودارها توسط فراگیر به عنوان آیتم‌های جداگانه حفظ می‌شوند، بدون اینکه شکل آنها را با معنای ریاضی یا فیزیکی آنها مرتبط کند. درونی سازی ناکافی مفاهیم علمی و جنبه‌هایی مانند مطابقت بین توابع و نمودارها منجر به استنتاج نادرست در مورد انواع وابستگی در نمودارها می شود (کیم[1]، ۲۰۲۲). پاسخ به سوالاتی که خواستار ترسیم نمودارها بر اساس استدلال شیمیایی هستند، مانند نمودار غلظت در برابر زمان در حین انجام واکنش، دوگانگی کلی با اطلاعات شیمیایی را برجسته می‌کند، زیرا بیشتر فراگیران نمودارهای پیوسته افزایشی را ترسیم می کنند که از خطی تا سهمی و نمایی متغیر است. ارجاع به نمودارهای در متن (مثلاً یک پاسخ یا یک گزارش) اغلب ماهیت مقادیر گزارش شده بر روی محورها را مشخص نمی کند. در بررسی داده های تجربی، تعداد قابل توجهی از فراگیران فقط مقادیری را انتخاب می‌کنند که از طریق آنها می‌توان یک خط مستقیم قرار داد و بقیه داده ها را کنار می‌گذارند، بنابراین نتایج و تفسیر آنها را کاملا تغییر می‌دهد. مورد (۵۱) به وضعیتی اشاره دارد که در آن مقادیر ظاهر شده در نمودار با توجه به مقادیر گزارش شده در بخش داده، دستکاری شده است.

(۵۱) نتایج به دست آمده با قانون آرنیوس مطابقت دارد، زیرا نمودار پیش بینی شده توسط آرنیوس یک خط مستقیم و نمودار بدست آمده از سرعت واکنش در برابر دمای مطلق نیز یک خط مستقیم است.

راهبردها و پاسخ‌ها جهت رفع مشکلات

هر تلاشی برای رسیدگی به مشکلات شناسایی شده نیازمند مشارکت فعال فراگیران است تا امکان موفقیت داشته باشد (برگمارک[2]، ۲۰۱۸). بنابراین، ترویج مشارکت فعال فراگیران جزء ضروری در طراحی راهبردها در نظر گرفته می‌شود و همه راهبردها برای پیاده سازی در گزینه‌های یاددهی-یادگیری تعاملی طراحی می شوند (مارکوویز[3]، ۲۰۲۳). مشارکت فراگیران همچنین باید به گونه‌ای طراحی شوند که در فعالیت‌هایی مانند سخنرانی ها، تمرین‌های آزمایشگاهی ادغام شوند، به طوری که بتوان آنها را به عنوان اجزای عادی این فعالیت‌ها در نظر گرفت. این کار به این نیاز پاسخ می دهد که فراگیران در همه زمانها احساس کنند درگیر خواسته‌های دوره و بنابراین همراه با محتوای دوره هستند.

1. Kim
2. Bergmark
3. Márquez

ترویج مشارکت فعال فراگیران

گزینه‌های تعاملی در تمامی دوره‌های تحصیلی می تواند به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرند، زیرا این گزینه‌ها می‌توانند تلاش‌ها برای فعال نگه‌داشتن فراگیران را به حداکثر برسانند. مزایای تعاملات کلاسی به خوبی شناخته شده است (فورمن[1]، ۱۹۸۵): تعاملات کلاسی توجه فراگیران را به سمت محتوایی که مورد بررسی قرار می‌گیرد تحریک می‌کنند و به فراگیران این امکان را می‌دهند که جزئیاتی را که ممکن است نادیده بگیرند، شناسایی کنند. در عین حال، تعاملات کلاسی نقش تشخیصی ارزشمندی دارند، زیرا بازخورد لحظه‌ای به معلم ارائه می‌دهند. از آنجا که مطالب درس شیمی فیزیک اغلب شامل محتوایی است که به طور کامل برای فراگیران جدید است و نمی‌توان آن را به هیچ جنبه‌ای از دانش قبلی مورد انتظار آنها مرتبط ساخت، ترکیب یکپارچه‌ای از ارائه اطلاعات جدید توسط مدرس و هدایت فراگیران به کشف اثرات اطلاعات جدید، به عنوان موثرترین راهبرد می تواند باشد.

استفاده گسترده از سوالات ابزار بسیار خوبی برای شناسایی انواع تصورات قبلی و همچنین هدایت جستجوی انجام شده به سمت تأثیرپذیری از اطلاعات جدید است. از آنجا که در اکثر موارد، فراگیران به صورت داوطلبانه پاسخ‌های شفاهی نمی‌دهند، در کلاس‌های شیمی فیزیک به طور معمول از همه فراگیران خواسته می‌شود که پاسخ‌های کتبی ارائه دهند؛ پاسخ‌ها به سرعت بررسی می‌شوند تا ویژگی‌هایی که نیاز به توضیحات و تجزیه و تحلیل بیشتر دارند، شناسایی شوند. اگرچه تعاملات شفاهی به وضوح مزایای زیادی دارند، پاسخ‌های کتبی این مزیت را دارند که تفکر عمیق‌تری را از فراگیران می‌طلبند (کوتادامو[2]، ۲۰۰۷). این امر می‌تواند به شناسایی جنبه‌هایی که نیاز به توضیح دارند کمک کرده و در نتیجه به تسهیل یادگیری کمک کند.

تلاش برای شکستن روش «حفظ کردن « به منظور یادگیری، به اعمال تغییراتی در تنظیم سوالات آزمون یا در راهنمای گزارش‌های آزمایشگاهی نیاز دارد (ایرونسیدا[3]، ۲۰۰۵). سوالات چندگزینه‌ای طراحی شده به طور خاص در جنبه‌های مفهومی و سوالاتی که از فراگیران می‌خواهند که مثال‌هایی از انتخاب خودشان ارائه دهند، از جمله سوالات مناسبی هستند که نیاز به تفکر فعال دارند و نمی‌توانند بر اساس حفظ منفعلانه پاسخ داده شوند. به همین ترتیب، در دروس آزمایشگاهی، راهنمای گزارش‌های آزمایشگاهی به گونه‌ای سازماندهی شوند که از فراگیران بخواهند به تمامی جنبه‌های آزمایش فکر کنند.

تلاش برای رسیدگی به مشکلات مربوط به زبان دوم

1. Forman
2. Quitadamo
3. Ironside

استفاده از زبان دوم که فراگیران به‌خوبی با آن آشنا نیستند، تأثیر قابل توجهی بر فعالیت‌های کلاسی دارد. فراگیران هنگام خواندن کتاب‌ها با دشواری‌هایی مواجه می‌شوند، مانند عدم درک جملات غیرساده از نظر ساختار نحوی. در کلاس، آن‌ها معمولاً تنها قادر به فهم جملات ساده هستند و اغلب نیاز دارند که جملات روی تخته نوشته شود (کوهن[1]، ۲۰۱۱). مشکلات مربوط به زبان مانع از درک منطقی رویه توسط بیشتر فراگیران هنگام خواندن کتاب درسی می‌شود. برای حل این مشکل می بایست فراگیران به زبان تخصصی رشته مورد نظر نیز تسلط کافی داشته باشند تا در رفع بسیاری از ابهامات علمی کمک حال آنها باشد. برای این منظور باید فراگیران با واژگان تخصصی رشته مربوطه قبل از ارائه درس اصلی، آشنا شوند که این امر می تواند منجر به کاهش کج فهمی‌ها شود.

تلاش برای رسیدگی به مشکلات مرتبط با ریاضیات

برطرف کردن نواقص ناشی از آموزش‌های قبلی در شیمی فیزیک آسان نیست، چه در مورد جایگزینی تعاریف نادرست با تعاریف صحیح باشد و چه در مورد بهبود مهارت‌های محاسباتی و ریاضی. در مورد اول، درونی‌سازی عمیق مفاهیم و تصاویری که در اولین مواجهه با یک موضوع خاص شکل می‌گیرد، اگر غلط باشد مانع از جایگزینی مؤثر و ماندگار آن مطلب علمی می‌شود. در مورد بهبود مهارت‌های محاسباتی، گنجاندن این فعالیت در زمان اختصاص یافته به دوره آسان نیست و از سویی فراگیران به راحتی تمایل به پذیرش نیاز به برخی کلاس‌های جبرانی را ندارند (گراسیا مارتینز[2]، ۲۰۱۵). بنابراین، بایستی توضیحات درباره روش‌های محاسباتی استاندارد در برخی مثال‌ها که فرصت‌های مناسب را فراهم می‌کنند، گنجانده شوند و هدف‌گذاری بر روی آن مهارت‌هایی باشد که نواقص آن‌ها به طور گسترده‌ای تشخیص داده شده است، مثل کار با اشکال نمایی یا برخی انتگرال‌های ساده، نمودارهای برخی توابع، یا استفاده از نمودارها برای درون‌یابی.

دوره‌های شیمی فیزیکی، دوره‌های شیمی هستند که بیشتر به استفاده از نقش ریاضیات به عنوان ابزاری اساسی برای توصیف مسائل پرداخته و این جنبه، جنبه اصلی‌ای است که فراگیران، به این دلیل شیمی فیزیک را دشوار می‌دانند. پیگیری هدف از بین بردن دشواری ریاضیات برای فراگیران از طریق انواع روش‌ها بایستی توسعه یابد (دنگ[3]، ۲۰۲۳). معادلات همیشه با توضیحات دقیق درباره معانی فیزیکی آنها همراه باشد، تا تلاش شود که معنی لفظی آن‌ها به وضوح درک شود. هرگاه ممکن باشد، نمودارها به منظور تکمیل خوانش از

1. Cohen
2.Garcia-Martinez
3. Deng

طریق ابزار جایگزین که توسط تجسم ارائه می‌شود، اضافه شوند. به این ترتیب، این رویکرد سعی خواهد کرد سه وسیله اصلی ارتباط یعنی بیان کلامی، معادله ریاضی و نمایندگی بصری را ادغام کند.

نتیجه‌گیری

شناسایی و درک کج‌فهمی‌های رایج در آموزش شیمی فیزیک اهمیت بالایی دارد، زیرا این کج‌فهمی‌ها می‌توانند فرآیند یادگیری را مختل کرده و بر یادگیری‌های آینده تأثیر منفی بگذارند. بنابراین، معلمان و مراجع آموزشی باید به این موضوع توجه کرده و با استفاده از روش‌های مناسب به رفع این کج‌فهمی‌ها بپردازند. برای رفع مشکلاتی که فراگیران در مفاهیم شیمی فیزیک با آن مواجه می‌شوند، نیاز به مداخلات اساسی در آموزش پیش از دانشگاه وجود دارد تا مهارت‌های بنیادی (مانند تسلط به زبان، سواد بصری و عادت به تفکر و تحقیق) که برای کسب دانش در مراحل بعدی ضروری‌اند، در فراگیر ایجاد شود. وقتی این مهارت‌ها به‌خوبی توسعه نیافته باشند، آموزش در مقطع دانشگاهی ممکن است به‌وسیله رویکردهای متنوع تلاش کند آثار این کمبودها را کاهش دهد، اما این روش تنها می‌تواند مشکلات را تسکین دهد. در دروس شیمی فیزیک، این روش‌ها می‌توانند به دستیابی به سواد ابتدایی شیمی فیزیکی برای درصد قابل‌توجهی از فراگیران کمک کنند، در حالی که تأثیرات مطلوب دیگر، مانند توسعه ذهن جستجوگر، شامل تعداد کمتری از فراگیران خواهد شد. در نتیجه، تنها فراگیران بااستعداد به سطحی از فهم و مهارت می‌رسند که می‌تواند آنها را به تحقیقات در زمینه شیمی فیزیک تشویق کند. بنابراین، ضروری است که راه‌هایی برای تحریک و حفظ علاقه فراگیران به شیمی فیزیک پیدا شود که این امر نیازمند طراحی گزینه‌هایی برای تجهیز آنها با ابزارهای لازم (مانند تسلط به زبان و آشنایی ابتدایی با ریاضیات) است. در غیر این صورت، رویکرد آنها به شیمی فیزیک با مشکلات عینی مواجه شده و مانع توسعه علاقه آنها خواهد شد.

پیشنهادات

پیشنهاداتی در زمینه شناسایی و درک کج‌فهمی‌های رایج در آموزش مفاهیم شیمی فیزیک و راهکارهایی جهت حل آنها به صورت زیر ارائه می‌شود:

تحقیقات میدانی: انجام نظرسنجی و مصاحبه با فراگیران و معلمان و استادان برای شناسایی دقیق‌تر کج‌فهمی‌ها و چالش‌هایی که در فرآیند یادگیری وجود دارد.

تحلیل محتوا: بررسی متون درسی و منابع آموزشی برای شناسایی نقاط ضعف و مشکلاتی که ممکن است باعث بروز کج‌فهمی‌ها شوند.

مدل‌های آموزشی نوین: بررسی و آزمایش روش‌های تدریس جدید، مانند یادگیری فعال، تدریس مبتنی بر پروژه و کار گروهی، که می‌تواند در بهبود درک و کاهش کج‌فهمی‌ها مؤثر باشد.

توسعه منابع آموزشی: ایجاد و ارائه منابع آموزشی کمک آموزشی (مانند ویدیوهای آموزشی، نرم‌افزارهای تعاملی، و کارگاه‌های آموزشی) جهت تسهیل یادگیری مفاهیم پیچیده.

آموزش مهارت‌های پایه: طراحی دوره‌های آموزشی برای تقویت مهارت‌های اساسی مانند زبان تخصصی و ریاضی در کنار تدریس شیمی فیزیک.

استفاده از فناوری: بهره‌گیری از فناوری‌های نوین مانند واقعیت افزوده یا واقعیت مجازی برای ایجاد تجربیات یادگیری جذاب‌تر و موثرتر.

ایجاد انگیزه: طراحی فعالیت‌ها و پروژه‌های پژوهشی که فراگیران را درگیر کند و انگیزه آن‌ها را برای یادگیری بیشتر کند.

پیگیری مداوم: ایجاد سیستم‌های ارزیابی مستمر برای بررسی پیشرفت فراگیران و شناسایی مشکلات و نیازهای آموزشی آنان.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از نتایج فعالیت‌های هسته پژوهشی با شماره قرارداد ۵۰۰۰۰/۱۵۱۸۶/۱۲۰ می باشد که با حمایت مالی دانشگاه فرهنگیان انجام گرفته است.

منابع

Alpan, G. (2015). The reflections of visual literacy training in pre-service teachers perceptions and instructional materials design. Journal of Education and Human Development, 4 (2), 143-157.

Bain, K., Moon, A., Mack, M. R. (2014). A review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. Chemistry Education Research and Practice, 15(3), 320-335.

Becker, N., Towns, M. (2012). Students' understanding of mathematical expressions in physical chemistry contexts: An analysis using Sherin's symbolic forms. Chemistry Education Research and Practice, 13(3), 209-220.

Bergmark, U., Westman, S. (2018). Student participation within teacher education: emphasizing democratic values, engagement and learning for a future profession. Higher Education Research & Development, 37(7), 1352–1365.

Childs, P.E., Markic, S., Ryan, M.C. (2015). The role of language in the teaching and learning of chemistry. In Chemistry Education (eds J. García-Martínez and E. Serrano-Torregrosa).

Cohen, A.D. (2014). Strategies in learning and using a second language. Routledge.

Deng, X., Zhao, J., Tian, Q., Wang, H. (2023). Applying hands-on inquiry learning in physical chemistry teaching practice to improve teaching quality. Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research, 57(4), 1175-1182.

Domenici, V. (2020). A course of history of chemistry and chemical education completely delivered in distance education mode during epidemic COVID-19. Journal of Chemical Education, 97(9), 2905-2908.

Forman, E.A., Cazden C.B. (1985). Exploring vygotskian frameworks in education: the cognitive value of peer interaction. In Wertsch J.V. (Ed.), Culture, Communication and Cognition: Vygotskian perspectives. Cambridge: Cambridge University Press, 323–347.

Fortney, B., Atwood, E.D. (2019). Teaching with understanding while teaching for understanding. Cultural Studies of Science Education, 14, 465–484.

Gabel, D.L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. Journal of Chemical Education, 70(3), 193–194.

Garcia-Martinez, J. (2015). Chemistry education: Best practices, opportuni-

ties and trends. John Wiley & Sons.
Gilbert, J.K. (2008). Visualization: an emergent field of practice and enquiry in science education. In Gilbert J.K., Reiner M., Nakhleh M. (Eds.), Visualization: Theory and Practice in Science Education. Dordrecht: Springer, 3–24.
Hamerská, L., Matěcha, T., Tóthová, M., Rusek, M. (2024). Between Symbols and Particles: Investigating the Complexity of Learning Chemical Equations. Education Sciences, 14(6), 570.
Ironside, P.M. (2005). Teaching Thinking and Reaching the Limits of Memorization: Enacting New Pedagogies. Journal of Nursing Education, 44(10), 441-449.
Kennedy, B. L., Most, S. B., Grootswagers, T., Bowden, V. K. (2024). Memory benefits when actively, rather than passively, viewing images. Attention, Perception, & Psychophysics, 86(1), 1-8.
Kim, M., Jin, Q. (2022). Studies on visualisation in science classrooms: a systematic literature review. International Journal of Science Education, 44(17), 2613–2631.
Kooloos, J.G., Bergman, E. M. (2020). The effect of passive and active education methods applied in repetition activities on the retention of anatomical knowledge. Anatomical sciences education, 13(4), 458–466.
Kop, P.M., Janssen, F.J., Drijvers, P.H. (2020). The relation between graphing formulas by hand and students' symbol sense. Educational Studies in Mathematics, 105, 137–161.
Kranz, J., Baur, A., Möller, A. (2022). Learners' challenges in understanding and performing experiments: a systematic review of the literature. Studies in Science Education, 59(2), 321–367.
Mammino, L. (2006). Language-related difficulties in science learning. II. The sound-concept correspondence in a second language. Journal of Educational Studies, 5(2), 189–213.
Mammino, L. (2007). Language-related difficulties in science learning. III. Selection and combination of individual words. Journal of Educational Studies, 6(2), 199–214.
Márquez, J., Lazcano, L., Bada, C. (2023). Class participation and feedback as enablers of student academic performance. Sage Open, 13(2).
Nguyen, A.G. (2022). The Disadvantages of Using Mother Tongue in Teach-

ing English on Students' Speaking and Listening Skills at Universities in Vietnam. International Journal of Applied Linguistics and Translation, 8(1), 20-23.

Prah, K.K. (2008). The Language of Instruction Conundrum in Africa. Meeting on The Implications of Language for Peace and Development (IMPLAN). University of Oslo.

Quitadamo, I.J., Kurtz, M. J. (2007). Learning to improve: using writing to increase critical thinking performance in general education biology. CBE life sciences education, 6(2), 140–154.

Sánchez, P.J., Suárez, M. (2025). Plurality and identity: on the educational relations between chemistry and physics. Chemistry Education Research and Practice, 26(1), 53-64.

Schönborn, K.J., Anderson, T.R. (2006). The importance of visual literacy in the education of biochemists. Biochemistry and Molecular Biology Education, 34(2), 94-102.

Van Geel, M. (2023). Adapting Teaching to Students' Needs: What Does It Require from Teachers?. In: Maulana, R., Helms-Lorenz, M., Klassen, R.M. (eds) Effective Teaching Around the World. Springer, Cham.