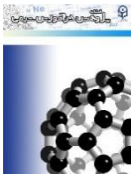
مقاله پژوهشی

پژوهش در آموزش شیمی، سال دوم، شماره دوم، صفحات ۵-۲۰

پژوهش در آموزش شیمی

http://chemedu.cfu.ac.ir



بررسی برداشت دانشجو معلمان شیمی در به کارگیری عبارات ریاضی در شیمی فیزیک: مطالعه موردی پردیس شهید هاشمی نژاد مشهد

عبدالحکیم پنق[۱*]، علی سعیدی[۲]

[۱] گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، مشهد، ایران

[۲] گروه روانشناسی، دانشگاه فرهنگیان، مشهد، ایران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی برداشت دانشجو معلمان آموزش شیمی در به کارگیری عبارات ریاضی در درس شیمی فیزیک انجام گردید. جامعه‌ی مورد مطالعه، دانشجو معلمان رشته آموزش شیمی بودند. ۱۷ نفر از دانشجویان داوطلب از پردیس شهید هاشمی نژاد دانشگاه فرهنگیان مشهد، که درس شیمی فیزیک۱ را گذرانده بودند، به عنوان نمونه در این پژوهش شرکت کردند و تفسیر آنان از به کارگیری عبارات ریاضی در معادلات ترمودینامیک بررسی شد. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی بود. نتایج نشان داد که اغلب دانشجویان با اینکه در ریاضیات پایه موفق بوده و به‌خوبی معادله‌های ریاضی را حلّ کرده بودند و در ارائه تفسیر مناسب از اصطلاح تابع جبری درجه‌های مختلف، تفسیر و به کارگیری مشتق های جزئی مرتبه اول به فرم نمادی شرین و بیان کمّیت‌های ترمودینامیکی عینی به صورت ریاضی مشکلی نداشتند ولی در به کار گیری عبارت‌های ریاضی در سیستم‌های ترمودینامک مشکل داشتند. همچنین کج فهمی‌هایی نیز در تعریف و به کار گیری دیفرانسیل‌های کامل و غیرکامل یک کمّیت ترمودینامیکی داشتند که باعث کاربرد اشتباه معادلات دیفرانسیل در موضوعات مختلف ترمودینامیک می‌شد. دقّت کم به واحدهای یک کمّیت و تفسیر اشتباه آن، مشکلاتی در ایجاد ارتباط بین کمّیت‌های ذهنی مانند آنتروپی و انرژی آزاد گیبس با کمّیت‌های عینی مانند حجم و فشار با استفاده از روابط ماکسول ایجاد کرده بود.

کلیدواژه‌ها: آموزش شیمی، ترمودینامیک، روابط ماکسول، معادله دیفرانسیلی، مشتق جزئی

---

* نویسنده مسئول: (a.pangh@cfu.ac.ir ✉)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

مقدّمه

علم ترمودینامیک یکی از شاخه‌های مهمّ علم شیمی فیزیک است. این علم برگرفته از مشاهدات عینی دانشمندانی مانند رابرت بویل[۱] و ژاک شارل[۲] و همچنین قوانین حاکم بر طبیعت مانند نیوتن است. بنابراین این علم از پایه‌های تجربی قوی جهت پیش‌بینی و محاسبه دقیق کمّیت‌های قابل-مشاهده عینی برخوردار است. محتوای ریاضی مربوط به مشتق‌ها و انتگرال‌ها بخشی اساسی و مهمّ موضوع شیمی فیزیک است. به‌طور مثال، یک رابطه‌ی ریاضی که معمولاً در یک دوره ترمودینامیک شیمیایی که معروف به روابط ماکسول است را در نظر بگیرید. این روابط که در واقع نشان‌دهنده روابط مشتقات جزئی کمّیت‌های ترمودینامیکی است روشی را برای ارتباط کمّیت‌های قابل مشاهده ماکروسکوپی مانند دما و فشار به کمّیت‌های ترمودینامیکی انتزاعی‌تر مانند آنتروپی یا انرژی آزاد گیبس فراهم می‌کند. استفاده از معادلات ریاضی به شیمی فیزیک‌دان‌ها اجازه می‌دهد تا زبانی مشترک برای تحقیق و پژوهش داشته باشند.

درک مفاهیم پایه در ترمودینامیک به توانایی دانشجویان در ایجاد ارتباط بین معادلات ریاضی و پدیده‌های ماکروسکوپی کمک فراوانی می‌کند. بنابراین دانشجویان از طرف استادان راهنمایی شوند تا عبارات ریاضی را از نظر فیزیکی درک کنند و از آن‌ها برای پیش‌بینی و توجیه رفتار شیمیایی سیستم‌های مورد مطالعه استفاده نمایند.

بسیاری از مفاهیم انتزاعی که دانشجویان در شیمی فیزیک با آن‌ها روبه رو هستند کاملاً با پدیده طبیعی نشان دهنده خود فاصله دارند. شاید به دلیل همین ماهیت انتزاعی، تفسیر عبارت‌های ریاضی و ارتباط آن‌ها به اطّلاعات مربوط به سیستم‌های ماکروسکوپی برای دانشجویان چالش برانگیز است (گرینبو و ملتزر[۳]، ۲۰۰۳ ؛ هادفیلد و ویمن[۴]، ۲۰۱۰؛ جاسین و اوبرم[۵]،۲۰۰۲). به‌دلیل نداشتن مهارت دانشجویان در به‌کارگیری معادلات ریاضی در قوانین ترمودینامک و انتزاعی بودن برخی مفاهیم ترمودینامیک مانند آنتروپی، انرژی آزاد گیبس، انرژی آزاد هلمولتز لازم است که دانشجویان به درک درستی از فرایندهای شیمیایی بخصوص در ترمودینامیک و همچنین تحلیل نتایج آن در علم شیمی دست یابند.

توانایی دانشجویان در مورد تفسیر و درک معادلات و نمادهای ریاضی برای توصیف سیستم ماکروسکوپی کمتر در پژوهش‌های علمی مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور مثال مطالعه توماس

---

[1] Robert Boyle
[2] Jacques Alexandre César Charles
[3] Greenbowe and Meltzer
[4] Hadfield and Wieman
[5] Jasien and Oberem

و شونز[1] (۱۹۹۸) در زمینه‌ی کج‌فهمی دانشجویان شیمی در درس شیمی فیزیک بر قانون اوّل و دوم ترمودینامیک متمرکز بود. این مطالعات عمدتاً بر درک مفهومی مربوط به محتوای ترمودینامیک تمرکز دارند تا تفسیر فیزیکی دانشجویان از محتوای ریاضی در زمینه های شیمی فیزیک. بنابراین اگر اساتید شیمی بخواهند استدلال دانشجویان را با عبارات ریاضی در شیمی تسهیل کنند، تحقیقات بیشتری در مورد نحوه تفسیر و به کار گیری دانشجویان از معادلات ریاضی برای استدلال در مورد مفاهیم شیمی مورد نیاز است.

مطالعات کمی بر روی مشکلات مربوط به روش‌های تفسیر و به کار گیری دانشجویان از عبارات ریاضی در ترمودینامیک انجام شده است. یک مورد از این مطالعات، پژوهش‌های هادفیلد و ویمن (۲۰۱۰) است که مشکلات دانشجویان را در تفسیر عبارات ریاضی مربوط به قانون اول ترمودینامیک بررسی کردند.

در مطالعه‌ای دیگر تامپسون و همکاران(۲۰۰۵) نحوه‌ی استدلال مربوط به عبارات ریاضی در موضوع فیزیک، را در هشت دانشجوی کارشناسی رشته‌ی فیزیک سال آخر مورد مطالعه قرار دادند تا درک آن‌ها را از ترکیب مشتقات جزئی و روابط ماکسول کشف کنند. از دانشجویان خواسته شد تفاوت بین مشتقات جزئی و مشتقات کل را توضیح داده و برداشت خود از ریاضیّات و فیزیک مربوط به روابط ماکسول را به عنوان بخشی از یک نظرسنجی قبل از امتحان بیان کنند. یافته های آنها نشان داد که حتّی دانشجویانی که در دروس ریاضی نمرات پایان ترم خوبی داشتند موفق به تفسیر و به کارگیری جملات ریاضی در ترمودینامیک نشدند. درک صحیح دانشجویان از ریاضیات، همیشه برای حل‌مسائل سایر دروس موفقیت آمیز نیست.

با وجود این که، مطالعات پژوهشی زیادی در خصوص آموزش ریاضی و آموزش فیزیک در زمینه رویکردهای دانشجویان در تفسیر و استفاده از عبارت‌های ریاضی برای حل‌مسئله گزارش شده است، تعداد بسیار کمی از این پژوهش‌ها به روش استدلال دانشجویان شیمی در مورد عبارات ریاضی در زمینه های ترمودینامیکی پرداخته اند. برای بهبود عملکرد یادگیری دانشجویان در موضوع ترمودینامیک، لازم است که روش های درک مفهوم عبارات ریاضی در دروس شیمی به ویژه در شیمی‌فیزیک مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور، پژوهش حاضر در زمینه چگونگی استدلال دانشجویان از عبارات مشتق جزئی در ترمودینامیک شیمیایی به فرم نمادی زیر که توسط شرین[2] طراحی شده است انجام شد.

$$\square = \square + \square + \square \ \ldots$$

[1] Thomas and Schwenz
[2] Sherin

هر کدام از جمله های مربعی در فرم نمادی فوق نشان دهنده یک پدیده‌ی علمی در فرایندهای فیزیکی (در این پژوهش یعنی ترمودینامیک) بوده که قابل ارائه به صورت فرم نمادی برای ایجاد یک مفهوم علمی است. فرم های نمادی که از سوی شرین طراحی شده فراوان بوده و برای هر فرایند فیزیکی خاص یک فرم نمادی ارائه شده است (شرین، ۲۰۰۱، ص. ۴۷۹). هدف از این مطالعه، ارائه توصیف کامل و جامع از نحوه استدلال دانشجویان در مورد عبارات ریاضی در خصوص مبانی ریاضی و شیمی فیزیک است. برای رسیدن به هدف فوق، سؤالات پژوهشی زیر تدوین گردید:

- تفسیر دانشجویان شیمی و فیزیک ، از مشتقات جزئی در ریاضی چگونه است؟
- دانشجویان ، چگونه از تفسیر خود در زمینه مشتقات جزئی در ریاضی و شیمی استفاده می‌کنند؟
- دانشجویان از کدام فرم‌های نمادی شرین برای ایجاد یک مفهوم علمی در عبارات ریاضی در درس شیمی‌فیزیک استفاده می‌کنند؟

سؤالات انتخاب شده ، نمونه پرسش‌هایی بود که قبلاً در دانشگاه پردو آمریکا از سوی نیکول بکر و مارسی تاون[1] در سال ۲۰۱۲ طراحی و ارزیابی شده است (بکر، ۲۰۱۲، ص. ۲۰۹).

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع توصیفی- تحلیلی است که در آن پژوهشگر علاوه بر تصویرسازی آنچه هست به تشریح و تبیین دلایل چگونه بودن و چرایی وضعیت مسئله و ابعاد آن می‌پردازد. شرکت‌کنندگان در تحقیق حاضر ۱۷ دانشجوی داوطلب بودند که بعد از گذراندن درس شیمی فیزیک۱ به صورت غیرحضوری، به سؤالات پاسخ دادند. در طی ترم تحصیلی، مطالب مربوط به مشتقّات کلی و جزئی و همچنین روابط ماکسول در درس شیمی فیزیک۱ به داوطلبان آموزش داده شد. همچنین عبارات ریاضی مربوط به ضریب انبساط گرمایی و تراکم پذیری هم‌دما که به صورت مشتقات جزئی بیان می‌شود را آموختند. بعد از آموزش و گذراندن موفق این درس، آزمون نه سؤالی طراحی شده توسط بکر و تاون، از طریق شبکه مجازی برای دانشجویان ارسال گردید. دانشجویان توجیه شدند که این آزمون یک پژوهش است و برای پاسخ دادن به سؤالات فقط از آموخته های قبلی خود استفاده کنند. جواب‌ها بعد از ۲۴ ساعت به صورت دست نوشته جمع آوری شد. سؤالات آزمون مربوط به این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. بعد از جمع آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل اوّلیه‌ی پاسخ ها، نحوه تفسیر و میزان درک ریاضی در هر سؤال کدگذاری گردید.

[1] Becker and Towns

جدول۱. سؤالات آزمون ارائه شده به دانشجویان

۱- توضیح دهید که در تابع رو به رو $f(x)$ با تغییر x چگونه تغییر خواهد کرد؟ $f(x) = -16x^2 + c_1x + c_2$

سؤالات دوم تا پنجم را با استفاده از اطلاعات زیر جواب دهید:

R تابعی از متغییرهای مستقل C و F است. بنابراین $R = R(C,F)$ دیفرانسیل کل R را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$dR = BdC + EdF$$

۲- استنباط شما از دیفرانسیل کلی چیست؟ توضیح دهید.

۳- استنباط شما از دیفرانسیل جزئی چیست؟ توضیح دهید.

٤- معادله روبرو را در نظر بگیرید. $dR = \left(\frac{\partial R}{\partial C}\right)_F dC + \left(\frac{\partial R}{\partial F}\right)_C dF$ از عبارت $\left(\frac{\partial R}{\partial C}\right)_F$ چه استنباطی دارید؟

۵- عبارت $\left(\frac{\partial}{\partial F}\left(\frac{\partial R}{\partial C}\right)_F\right)_C = \left(\frac{\partial}{\partial C}\left(\frac{\partial R}{\partial F}\right)_C\right)_F$

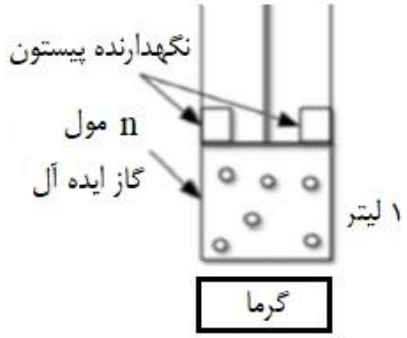
الف) همیشه درست است. ب) گاهی اوقات درست است. ج) همیشه غلط است. توضیح دهید.

۶- G تابع گیبس است. دیفرانسیل کل G به این صورت نوشته می شود: $dG = VdP - SdT$ که در آن S آنتروپی، T دما، V حجم و P فشار است. در یک آلیاژ جدیدی مشخص شده است که کمّیت $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = 4.6 \times 10^{-6}\ {m^2}/{K}$ است. از مقدار 4.6×10^{-6} چه استنباطی دارید؟

۷- علامت کمّیت $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ به نظر شما چه اهمیتی دارد و چه مفهومی دارد.

۸- با استفاده از اطلاعات مساله ۶، چگونه می توانید عبارت $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$ را محاسبه کنید.

۹- سیلندری که در زیر می بینید حاوی n مول گاز ایده آل قرار داده شده است. عبارتی برای تغییرات فشارگاز با دمای گاز بنویسید.



در این خصوص پژوهشگر به دنبال مواردی بود که دانشجویان بتوانند تفسیر فیزیکی یا توصیف های جایگزین از یک جمله های نمادی ارائه دهند.

در این پژوهش، فرم های نمادی مختلف شرین (شرین، ۲۰۰۱، ص. ۴۷۹) به عنوان یک دیدگاه نظری اتّخاذ شده است که تفسیر ما از داده های ارائه شده در اینجا را راهنمایی می‌کند. این دیدگاه نظری از یک دیدگاه ساختارگرایی در یادگیری ناشی می‌شود، زیرا به طور خاصّ به این می‌پردازد که دانشجویان چه مقدار دانش اوّلیه دارند، چه زمانی و تحت چه شرایطی این دانش اوّلیه فعّال می‌شود. از دیدگاه شرین روش‌هایی که دانشجویان برای حل یک مسئله بکار می‌برند ، خیلی وابسته به دانش پایه است. ابتدا فرم نمادی شرین به عنوان ابزاری تحلیلی برای توصیف بهتر فرایندهای استدلال دانشجویان مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله‌ی دوم تجزیه و تحلیل، شواهدی دنبال شد که نشان می داد دانشجویان الگوهایی را در عبارات ریاضی مشخص می‌کنند که برای آن‌ها برخی از درک های شهودی را به هم پیوند می‌دهند و این نمونه ها را با استفاده از فرم نمادی استفاده شده کدگذاری می‌کنند. تعاریف کد و معیارهای شناسایی مشخص شده توسط شرین به عنوان راهنما استفاده شد و معیارهای شناسایی متناسب با مجموعه داده‌های خود تفسیر گردید. برای تجزیه و تحلیل فرم‌های نمادی، فقط آن دسته از سؤالاتی را که از دانشجویان می‌خواستند یک عبارت ریاضی را تفسیرکرده یا بنویسند کدگذاری گردید. در قسمت یافته‌ها پاسخ‌های دانشجویان به سؤالات آزمون مورد بحث قرار می گیرد.

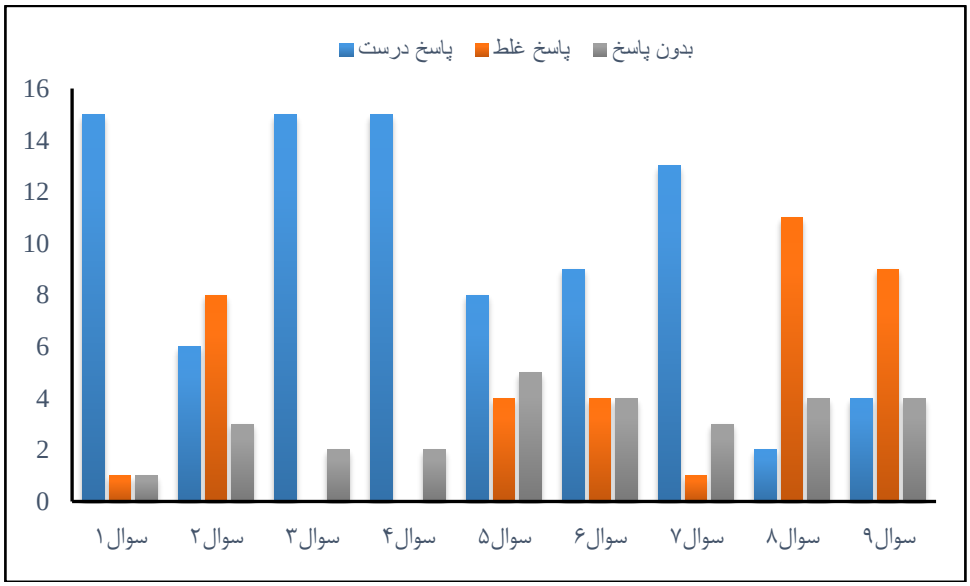
یافته‌ها

جهت تحلیل پاسخ دانشجویان در به کار گیری فرم نمادی عبارت‌های ریاضی در تفسیر و استدلال آن‌ها در ترمودینامیک، ابتدا پاسخ های دانشجویان که در جدول ۱ ارائه شده است مرور می‌گردد.

جهت بررسی، پاسخ‌های دانشجویان به هر سؤال، به سه گروه، پاسخ درست، پاسخ غلط و بدون پاسخ تقسیم شد.

جدول ۲: پاسخ دانشجویان به سؤالات پژوهش

شماره سؤال	جواب درست	غلط	بدون پاسخ	درصد پاسخ صحیح
سؤال ۱	۱۵	۱	۱	۸۸
سؤال ۲	۶	۸	۳	۳۵
سؤال ۳	۱۵	۰	۲	۸۸
سؤال ۴	۱۵	۰	۲	۸۸
سؤال ۵	۸	۴	۵	۴۷
سؤال ۶	۹	۴	۴	۵۳
سؤال ۷	۱۳	۱	۳	۷۶
سؤال ۸	۲	۱۱	۴	۱۱
سؤال ۹	۴	۹	۴	۲۳



نمودار ۱. تحلیل نموداری پاسخ دانشجویان به سؤالات پژوهش

در نمودار ۱ تحلیل نموداری پاسخ به سؤالات آزمون نشان داده شده است. ارزشیابی صورت گرفته به وسیله‌ی این آزمون، یک ارزشیابی پیشرفت تحصیلی وابسته به ملاک است که ملاک موفّقیت در آن دستیابی به تمامی هدف‌های آموزشی از پیش تعیین شده است. بنابراین در هر سؤال، پاسخ‌های غلط یا پاسخ ندادن، عدم موفقیت در رسیدن به یک هدف آموزشی خاص محسوب می شود.

در این قسمت به تحلیل پاسخ ها به تک‌تک سؤال‌ها می پردازیم. جهت تحلیل پاسخ دانشجویان به هر سؤال ارائه شده در این پژوهش، در ابتدا پاسخ دانشجویان به سه گروه اصلی کدگذاری انجام شد. کد ۱ در همه‌ی سؤالات مربوط به پاسخ صحیح، کد ۲ مربوط به پاسخ نادرست و کد ۳ مربوط به بدون پاسخ است. در جدول‌های ۳ تا ۱۱ کدگذاری پاسخ سؤالات ارائه شده است.

سؤال اول به تغییر یک تابع ریاضی نسبت به متغیر مستقل می پردازد (جدول ۳). به طور کلی، پاسخ دانشجویان به سؤال اول آزمون حاکی از این است که اکثر شرکت‌کنندگان می‌توانند از اصطلاح تابع جبری درجه‌های مختلف تفسیر معقولی ارائه دهند بدلیل اینکه این موضوع در دروس قبلی مانند ریاضی عمومی بحث شده و به مرحله یادگیری قابل قبولی رسیده است.

جدول ۳. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۱ آزمون

سؤال شماره ۱	تغییر تابع $f(x)$ با تغییر x $f(x) = -16x^2 + c_1x + c_2$	تعداد پاسخ‌ها
کد ۱	$\frac{df}{dx} = -32x + c_1$ *تابع* f(x) یک تابع درجه دو و سهمی است و چون ضریب x^2 منفی است تقعر منحنی پایین است و با افزایش x ، تابع کاهش می یابد.	۱۵
کد۲	به صورت منفی تغییر می کند	۱
کد۳	بدون پاسخ	۱

سؤال دوم به برداشت دانشجویان از دیفرانسیل کلی یک تابع می پردازد (جدول ۴). حدود ۳۵ درصد دانشجویان تفسیر دیفرانسیل کلّی را به درستی انجام دادند و حتّی به صورت مثالی از فرم نمادی شرین نیز بیان کردند. حدود ۴۷ درصد از دانشجویان موضوع دیفرانسیل کلی را با معادلات دیفرانسیل کلی و جزئی اشتباه تشخیص داده‌اند که بخشی از این عامل می‌تواند به عدم دقّت دانشجویان مربوط باشد و بخشی دیگر مربوط به ساخت شناسی دانشجویان باشد.

جدول ۴. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۲ آزمون

سؤال شماره ۲	استنباط شما از دیفرانسیل کلی چیست؟ توضیح دهید.	تعداد پاسخ‌ها
کد ۱	دیفرانسیل کلی یعنی تغییرات بسیار کوچک تابع نسبت به تغییرات همه متغیرها را حساب می‌کنیم. مثلاً dP دیفرانسیل کلی است. $$dP = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T dV$$	۶
کد ۲	معادله ای متشکل از یک تابع مجهول همراه با مشتقات مرتبه بالاتر آن یک معادله دیفرانسیل کلی است.	۸
کد ۳	بدون پاسخ	۳

سؤال سوم به برداشت دانشجویان از دیفرانسیل جزئی یک تابع می‌پردازد (جدول ۵). اکثریت دانشجویان مفهوم مشتق جزئی مرتبه‌ی اول را بخوبی درک کرده‌اند.

جدول ۵. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۳ آزمون

سؤال شماره ۳	استنباط شما از دیفرانسیل جزئی چیست؟ توضیح دهید.	تعداد پاسخ‌ها
کد ۱	دیفرانسیل جزئی تغییرات تابع نسبت به یک متغیّر را در حالی نشان می‌دهد که سایر متغیّرها ثابت می‌ماند.	۱۵
کد ۲	پاسخ غلط	۰
کد ۳	بدون پاسخ	۲

سؤال چهار نشان داد که اکثریت دانشجویان مفهوم مشتق جزئی را در قالب عبارت‌های ریاضی می‌دانند (جدول ۶). این سؤال و سؤال قبلی نشان می دهد که دانشجویان هم در تفسیر و هم به کار گیری مشتق‌های جزئی مرتبه‌ی اول به فرم نمادی شرین کاملاً موفق بوده‌اند.

سؤال پنج آزمون نشان داد که کمتر از نیمی از دانشجویان مشتقّات جزئی را در فرم نمادی شرین و همچنین مفهوم دیفرانسیل کامل و غیرکامل یک تابع را به خوبی یاد گرفته‌اند. به طور مثال چهار نفر از دانشجوبان، معادله‌ی موجود در سؤال پنج را همیشه درست می‌دانستند (جدول ۷).

جدول ۶. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۴ آزمون

سؤال شماره ۴	مفهوم عبارت $\left(\frac{\partial R}{\partial C}\right)_F$	تعداد پاسخ‌ها
کد ۱	از تابع R نسبت به C مشتق می‌گیریم هنگامی‌که F ثابت باشد.	۱۵
کد۲	پاسخ غلط	۰
کد۳	بدون پاسخ	۲

جدول ۷. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۵ آزمون

سؤال شماره ۵	$\left(\frac{\partial}{\partial F}\left(\frac{\partial R}{\partial C}\right)_F\right)_C = \left(\frac{\partial}{\partial C}\left(\frac{\partial R}{\partial F}\right)_C\right)_F$	تعداد پاسخها
کد ۱	الف) گاهی اوقات درست است. اگر دیفرانسیل کامل باشد ، درست و اگر دیفرانسیل غیرکامل باشد نادرست است. ب) عبارت بالا شرط دیفرانسیل کامل است و همیشه صدق می کند.	۴الف ۴ب
کد ۲	همیشه درست است.	۴
کد ۳	بدون پاسخ	۵

این باور می تواند به این دلیل باشد که تمام توابعی که در حین تدریس به صورت مثال معرّفی شده ، توابع کامل بوده و نیاز است که چند تابع غیرکامل نیز مثال آورده شود. به این سؤال، پنج دانشجو پاسخ ندادند که قابل تامل است. این عامل نیز می تواند یک کج فهمی در زمینه‌ی ارتباط بین مشتقات جزئی و دیفرانسیل‌های کامل باشد. دانشجویان مفهوم ریاضی دیفرانسیل کامل و غیر کامل را خوب درک نکردند، ب طوری که بعضی از دانشجویان بیان کردند که عبارت $\left(\frac{\partial}{\partial F}\left(\frac{\partial R}{\partial C}\right)_F\right)_C = \left(\frac{\partial}{\partial C}\left(\frac{\partial R}{\partial F}\right)_C\right)_F$ همیشه درست می‌باشد.

سؤال شش یک سؤال نیمه دشوار برای دانشجویان بود و فقط نیمی از دانشجویان توانستند تفسیر فیزیکی تغییر را به هنگام تعبیر عبارات ریاضی با متغیرهای ترمودینامیکی مانند $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ را بیان کنند. در این سؤال عبارت ریاضی را به درستی بیان کردند ولی عدد مورد نظر بدلیل عدم دقت در واحد آن، این کمّیت را قابل صرف‌نظر تفسیر کردند (جدول ۸).

جدول ۸. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۶ آزمون

سؤال شماره ۶	G تابع گیبس است. دیفرانسیل کل G به صورت زیر نوشته می شود: $dG = VdP - SdT$ که در آن S آنتروپی، T دما ، V حجم ، P فشار است. در یک آلیاژ جدیدی مشخص شده است که کمّیت $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = 4.6 \times 10^{-6}\ {m^2}/{K}$ است . از مقدار 4.6×10^{-6} چه استنباطی دارید؟	تعداد پاسخها
کد ۱	تغییرات حجم آلیاژ با دما در فشار ثابت را نشان می‌دهد و مقدار آن 4.6×10^{-6} است.	۹
کد ۲	از مقدار 4.6×10^{-6} پی می‌بریم که این عدد مقدار بسیار کوچک و قابل چشم پوشی است پس با تغییرات دما در فشار ثابت، حجم آلیاژ به مقدار خیلی کم تغییر می‌کند.	۶
کد ۳	بدون پاسخ	۴

سؤال هفت و پاسخ صحیح ۷۶ درصدی دانشجویان به این سؤال نشان داد که حدود سه چهارم آنان با مفهوم ریاضی ضریب انبساط گرمایی و قانون شارل در مورد گازها آشنایی دارند و می‌توانند آن را به صورت عبارت ریاضی بیان کنند. در واقع دانشجویان توانستند کمّیت‌های ترمودینامیکی عینی را به صورت ریاضی بیان کنند (جدول ۹).

جدول ۹. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۷ آزمون

سؤال شماره ۷	مفهوم $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$	تعداد پاسخها
کد ۱	نشان دهنده‌ی تغییرات حجم با دما در فشار ثابت (قانون شارل- ضریب انبساط گرمایی)	۱۳
کد ۲	نشان دهنده تغییرات حجم با دما در فشار ثابت و نشان دهنده تغییرات آنتروپی و خودبه‌خودی بودن واکنش را می توان تعیین کرد.	۱
کد ۳	بدون پاسخ	۳

سؤال هشت نشان‌دهنده‌ی میزان توانایی ارتباط دانشجویان بین کمّیت‌های عینی مانند فشار و حجم با کمّیت‌های ذهنی مانند آنتروپی می باشد. در واقع پاسخ به این سؤال ، چگونگی استفاده از فرم نمادی شرین در پاسخ به سؤالات را نشان می‌دهد. نتایج پاسخ‌ها نشان می‌دهد که فقط ۱۱ درصد

به این سؤال پاسخ درست دادند و اکثر دانشجویان در این زمینه دچار مشکل‌اند. این مورد نشان می‌دهد که دانشجویان مفهوم روابط ماکسول را نه به فرم نمادی ریاضی و نه به صورت تفسیر فیزیکی درک نکردند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۸ آزمون

سؤال شماره ۸	محاسبه عبارت $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$	تعداد پاسخها
کد ۱	$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -4.6 \times 10^{-6}$	۲
کد ۲	$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP + \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P dT$	۱۱
کد ۳	بدون پاسخ	۴

سؤال نه در واقع یک سؤال کاربردی در زمینه ترمودینامیک گازها است که می پرسد چگونه می توان از معادلات ریاضی و فرم نمادی شرین برای حل یک مساله عینی استفاده کرد. فقط ۲۳ درصد از دانشجویان توانستند (جدول ۱۱). به این سؤال پاسخ درست بدهند. این نتایج نشان داد که دانشجویان در توانایی به کار گیری معادلات ریاضی بخصوص فرم نمادی شرین در یک سیستم مورد بررسی شده، دارای مشکلاتی هستند و در به کار گیری عبارتها و نمادهای ریاضی در محاسبه تغییرات فیزیکی به طور عمده دچار مشکل شده اند.

جدول ۱۱. کدگذاری پاسخ دانشجویان به سؤال ۹ آزمون

سؤال شماره ۹	نوشتن عبارتی برای تغییرات فشارگاز با دمای گاز در حجم ثابت برای سیستم مشخص شده	تعداد پاسخها
کد ۱	$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{nR}{V}$	۴
کد ۲	$P/ = \frac{nRT}{V} dP = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T dV + \frac{nR}{V} = \frac{nR}{V}(T+1)$,	۹
کد ۳	بدون پاسخ	۴

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی برداشت دانشجو معلمان آموزش شیمی در به کار گیری عبارات ریاضی در درس شیمی فیزیک انجام گردید. در تحلیل پاسخ دانشجویان هنگام استدلال در مورد عبارات ریاضی در زمینه شیمی‌فیزیک از فرم نمادی استفاده می‌کنند و همچنین تمرکز خود را در نوشتن عبارات ریاضی به صورت نمادی مشابه آنچه توسط شرین (۲۰۰۱) توصیف شده است، متمرکز کرده‌اند. فرم نمادی شرین روشی مفید برای بررسی استدلال دانشجویان در مورد عبارات ریاضی در زمینه‌های شیمی است، ولی در مواردی که دانشجویان باید برای محاسبه ریاضی یا عددی یک کمّیت آن‌ها را به فرم نمادی شرین در معادلات مرتبط کنند، موفق نبودند.

نتایج این پژوهش همانند پژوهش‌های انجام شده در این زمینه خارج از کشور (برای نمونه بکر و تاونز[1]، ۲۰۱۲) نشان داد که اغلب دانشجویان با اینکه در ریاضیّات پایه موفق بوده و به‌خوبی معادله-های ریاضی را حل کردند و در ارائه تفسیر مناسب از اصطلاح تابع جبری درجه‌های مختلف، تفسیر و به کار گیری مشتق های جزئی مرتبه اول به فرم نمادی شرین و بیان کمّیت‌های ترمودینامیکی عینی به صورت ریاضی مشکلی نداشتند ولی با این وجود، در به کار گیری عبارت‌های ریاضی در سیستم‌های ترمودینامک دچار مشکل می‌شدند. همچنین کج فهمی‌هایی نیز در تعریف و به کار گیری مشتق جزئی و دیفرانسیل‌های کامل و غیرکامل یک کمّیت ترمودینامیکی داشتند که باعث کاربرد اشتباه معادلات دیفرانسیل در موضوعات مختلف ترمودینامیک می‌شدند. دقّت کم به واحدهای یک کمّیت و تفسیر اشتباه آن، مشکلاتی در ایجاد ارتباط بین کمّیت‌های ذهنی مانند آنتروپی و انرژی آزاد گیبس با کمّیت‌های عینی مانند حجم و فشار با استفاده از روابط ماکسول ایجاد کرده بود. ایراد در تفسیر ترمودینامیکی یک سیستم انتخاب شده و محاسبات عددی آن نیز از دیگر مشکلاتی بود که اکثر دانشجویان با آن مواجه بودند.

وقتی از دانشجویان خواسته می شود از ریاضیات در زمینه های علمی مانند فیزیک و شیمی استفاده کنند، به ندرت قادر به یادآوری و به کارگیری ایده‌های ریاضیّات هستند. با توجه به نوع اشتباهات دانشجویان در این پژوهش می توان علل آن را به عدم ارائه درس شیمی فیزیک به صورت مسأله محور و عدم برقراری صحیح ارتباط میان شیمی، فیزیک و ریاضیات، مربوط دانست.

یکی از راه‌های کمک به مدرسان شیمی فیزیک برای استفاده بهتر دانشجویان از ریاضیات در زمینه شیمی، ارائه درس شیمی فیزیک به صورت مسأله‌محور و درگیر کردن دانشجویان در فرایند حل‌مسئله است. برای مدرسان شیمی، آزمایش عملی دانشجویان در کنار یکدیگر می‌تواند فرصتی برای مشاهده جنبه‌های استدلال دانشجویان در موقعیت مسأله فراهم سازد که ممکن است در بررسی

[1] Becker and Towns

تکالیف و امتحانات دانشجویان قابل مشاهده نباشد. بررسی مشکلات دانشجویان در صورت بروز آن‌ها فرصت‌های منحصر به فردی را برای مدرسان شیمی فراهم می‌کند تا بتوانند به دانشجویان کمک کنند که درک عمیق‌تری از مطالب داشته باشند. به علاوه، چنین فعالیت مشارکتی بین استاد و دانشجو و دانشجویان با یکدیگر، می‌تواند فضایی را برای دانشجویان فراهم کند تا به منظور درک مفاهیم با یکدیگر بحث کرده و ارتباط بین فرم نمادی ریاضیات و درک فیزیکی پدیده‌های ترمودینامیکی را بهتر تشخیص دهند. از آنجا که محتوای مطالب مرتبط مانند شیمی، فیزیک و ریاضیات همپوشانی زیادی دارد، لذا اگر بخواهیم دانشجو را با نمادهای ریاضی در موضوعات شیمی بهتر آشنا کنیم، نیاز به ارتباط مؤثر بین این دو علم است. برای رسیدن به این هدف مدرسان شیمی فیزیک باید تلاش بیشتری کنند تا بتوانند مطالب ریاضی را که دانشجویان در دروس پایه ریاضی آموخته‌اند در پدیده‌های شیمی فیزیک به درستی تفسیر کنند.

منابع

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.

Greenbowe, T., & Meltzer, D. (2003). Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry. *International Journal of Science Education*, *25*(7), 779-800.

Hadfield, L.C., & Wieman, C.E. (2010). Student interpretations of equations related to the first law of thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, *87*(7), 750-755.

Jasien, P.G., & Oberem, G.E. (2002). Understanding of elementary concepts in heat and temperature among college students and K-12 teachers. *Journal of Chemical Education*, *79*(7), 889.

Redish, E.F. (2004). A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. *arXiv preprint physics/0411149*.

Sherin, B.L. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and instruction*, *19*(4), 479-541.

Thompson, J.R., Bucy, B. R., & Mountcastle, D.B. (2006, February). Assessing student understanding of partial derivatives in thermodynamics. In *AIP*

Conference Proceedings (Vol. 818, No. 1, pp. 77-80). American Institute of Physics.

Thomas, P.L., & Schwenz, R.W. (1998). College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, *35*(10), 1151-1160.

Research Article

Research in Chemistry Education, Vol 2, No 2, 5-20

Research in Chemistry Education

http://chemedu.cfu.ac.ir

The study of Chemistry Students' Perceptions in Application of Mathematical Expressions in Physical Chemistry: Case study of Shahid Hasheminejad Campus in Mashhad

Abdolhakim pangh[1*], Ali Saeedi[2]

[1] *Department of Science, Farhangian University, Mashhad, Iran*

[2] *Department of Psychology, Farhangian University, Mashhad, Iran*

Abstract

In this study, chemistry student teacher's perception in application of mathematical expressions in physical chemistry were investigated. The statistical population of chemistry students in this research is 17 volunteers from Shahid Hasheminejad Campus in Farhangian University of Mashhad, who has passed the Physical Chemistry 1 course and investigated their interpretation of using of mathematical equations in thermodynamics. The research method was descriptive-analytical. The results showed that although the students were successful in the basic mathematics courses and also could appropriately solve and analyze the mathematical equations, and represented appropriate interpretation in various algebraic terms with different degrees, while they had great difficulty in using mathematical expressions in thermodynamic systems. Misconceptions in the definition and application of partial derivatives as well as exact and inexact differentials had a thermodynamic quantity that led to the improper using of these differential equations in various thermodynamic systems. They also paid less attention to the units of a quantity and misinterpreted it in the application of units of thermodynamic quantities. Students also had difficulties in connecting the mental quantities such as entropy and Gibbs free energy to the objective quantities such as volume and pressure using Maxwell relations.

Keywords: Chemistry Education, Thermodynamics, Maxwell Relationships, Differential Equation, Partial Derivative.

[*]Corresponding Author: (✉ a.pangh@cfu.ac.ir)