مقاله پژوهشی

پژوهش در آموزش شیمی، سال چهارم، شماره اول، صفحات ۷۹-۱۰۱

پژوهش در آموزش شیمی

http: //chemedu.cfu.ac.ir

مقایسه اثربخشی روش آموزش مبتنی بر حل مسئله با روش سخنرانی جهت یادگیری فعال مبحث شکل هندسی مولکول‌ها در شیمی عمومی برای دانشجویان علوم‌پایه

حمیده حقیقت [۱*]، مهرانگیز فتحی نیا [۲]، امیر محمد بهرامی مداح [۳]

[۱و۲] استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تبریز، ایران

[۳] دانشجوی کارشناسی آموزش شیمی، گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تبریز، ایران

چکیده

پژوهش حاضر با هدف مقایسه کارایی روش آموزش مبتنی بر حل مسئله با روش سخنرانی با استفاده از مدل‌های مولکولی بادکنکی جهت اجرای درس شیمی عمومی بخش شکل هندسی مولکول‌ها برای دانشجویان علوم پایه انجام شد. این تحقیق از نوع مطالعات کاربردی و به روش نیمه‌تجربی است. جامعهٔ آماری این پژوهش، دانشجویان علوم‌پایه ورودی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ (آموزش زیست‌شناسی و فیزیک) مشغول به تحصیل در دانشگاه فرهنگیان تبریز بودندکه به صورت تصادفی در دو گروه آزمون و کنترل قرار گرفتند. گردآوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز برای پایایی آماری این تحقیق بر پایه آزمون نهایی کوتاه پاسخ انجام شد. روایی سوالات طراحی شده با استفاده از نظر متخصصان تائید و جهت پایایی و بررسی داده‌ها از تحلیل آماری واریانس استفاده شد. نتایج به دست آمده به وسیلهٔ مقادیر آماری F و T تست و سایر پارامترهای آماری بدست آمده از ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. یافته‌های پژوهش نشان داد که به کارگیری روش مبتنی بر حل مسئله جهت یادگیری فعال فراگیران به همراه استفاده از مدل مولکولی در مبحث مذکور در درس شیمی عمومی بسیار مؤثرتر از روش معمول سخنرانی است.

کلیدواژه‌ها: آموزش مبتنی بر حل مسئله، مدل مولکولی بادکنکی، شکل هندسی مولکول، شیمی عمومی

---

* نویسنده مسئول: (✉ h.haghighat58@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۳

مقدّمه

میزان و کیفیت یادگیری در فراگیران با رویکرد یادگیری آنان و روشی که نسبت به یادگیری خود دارند تعیین می‌شود. این رویکرد در تعیین نتیجه هر تلاش آموزشی نقش مهمی را ایفا می‌کند (آبراهام[۱] دیگران، ۲۰۰۸، ص. ۳۵). رویکردهای یادگیری دانش‌آموزان تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های آموزش، ویژگی‌های ذهنی و روش‌های ارزیابی قرار می‌گیرد (نوبل دی‌آی[۲] و انتویستل ان‌جی[۳] ۱۹۸۶، ص. ۱۶۲).

یکی از ویژگی‌های آموزشی روش تدریس و فرایند یادگیری است. در فرایند فعال یادگیری، یادگیرنده به صورت فعال به ساخت دانش جدید بر پایه دانش و تجربیات قبلی‌اش می‌پردازد و با درگیر شدن در فرایند یادگیری به کسب مهارت‌هایی نظیر حل مسئله پرداخته و از دانش جدید برای حل مسائل مشابه استفاده می‌کند و به عبارت دیگر یادگیری مؤثر اتفاق می‌افتد (سیفی و دیگران، ۲۰۱۷). یکی از روش‌های فعال آموزشی، روش آموزش مبتنی بر حل مسئله[۴] یا PBL است. PBL یک روش آموزشی فراگیر محور است که بر همکاری در حل مسائل واقعی تحت راهنمایی یک استاد راهنما تأکید دارد. هدف PBL هم تقویت انگیزه ذاتی فراگیران و هم ساخت دانش جدید در آن‌هاست (باروز[۵] ۱۹۸۶، ۳).

یادگیری مبتنی بر حل مسئله یک روش تدریس است که در آن به جای ارائه مستقیم واقعیت‌ها و مفاهیم از مسائل پیچیدهٔ دنیای واقعی به عنوان وسیله‌ای برای ارتقاء یادگیری فراگیران استفاده می‌شود. PBL علاوه بر پوشش دادن محتوای درس، می‌تواند به توسعه مهارت‌های تفکر انتقادی، توانایی حل مسائل و مهارت‌های ارتباطی کمک کند. همچنین می‌تواند فرصتی را برای کار در گروه‌ها، پیدا کردن و ارزیابی منابع تحقیقاتی و یادگیری دراز مدت فراهم کند (باربارا[۶] و دیگران ، ۲۰۰۱). به طور خلاصه یادگیری مبتنی بر حل مسئله یک ساختار برای کشف مفاهیم و واقعیت‌ها را فراهم می‌کند و به فراگیران درونی‌سازی یادگیری را می‌آموزد و منجر به درک بیشتر موضوع می‌شود. روش

---

۱ Abraham
۲ Newble DI
۳ Entwistle NJ
۴ Problem-based learning
۵ Barrows
۶ Barbara

PBL را می‌توان به پیش مباحثه، مرحله خودآموزی و مرحله گزارش نتایج تقسیم‌بندی نمود (اشمیت[۱] ۱۹۸۳، ۱۱). در مرحلهٔ پیش مباحثه، راهبردهای تدریس در روش یادگیری مبتنی بر حل مسئله ابتدا با طرح مسئله و بازنمایی مشکل شروع می‌شود. سپس فراگیر پس از مواجهه با مسئله در یک چالش ذهنی درگیر شده و برای حل مسئله تشویق به یادگیری و بحث شده و انگیزهٔ درونی او برای تمرکز بر یادگیری افزایش می‌یابد. فراگیر برای حل مسئله نیاز به اطلاعات بیشتری دارد که در مرحله خودآموزی با جمع‌آوری اطلاعات از منابع معتبر به شکل‌گیری فرضیه و به پیش‌بینی راه حل‌های احتمالی برای حل مسئله می‌پردازد. فرضیه، حدسی است که براساس اطلاعات پیشین و شواهد موجود، در برخورد با مسئله، در ذهن فراگیر شکل می‌گیردکه با آزمون و خطا به نتیجه مطلوب منتهی می‌شود. فرآیند حل مسئله، باید به نتیجه منتهی شود که در مرحله گزارش، نتایج مطرح می‌شود و می‌توان گفت که بدون نتیجه‌گیری مسئله حل نخواهد شد.

با توجه به اینکه در حال حاضر در اکثر دانشگاه‌های ایران هنوز دروس علوم پایه با روش سخنرانی استاد ارائه می‌شود، لازم است این گونه مطالعات در کشور ما نیز انجام شود تا با توجه به پیشرفت سریع روش‌های نوین آموزش در سایر کشورها، دانشجویان ایرانی نیز از مزایا و جذابیت اینگونه روش‌ها برخوردار شده و در آینده شغلی خود از مهارت‌های حاصل از آن استفاده نمایند. این مطالعه با هدف مقایسه نتایج حاصل از ارائه همزمان درس شکل هندسی مولکول‌ها در شیمی عمومی به دو روش یادگیری سنتی و یادگیری بر اساس رویکرد حل مسئله با استفاده از مدل مولکولی بادکنکی، در دانشگاه فرهنگیان تبریز برای دانشجویان دختر علوم پایه ورودی ۹۷ و ۹۸ در طی یک سال تحصیلی انجام شد و نتایج به دست آمده از آن با استفاده از تحلیل آماری واریانس و بررسی پارامترهای آماری به دست آمده مورد بررسی و پایایی قرار گرفت.

پیشینه پژوهش

رویکرد حل مسئله برای اولین بار در دهه ۱۹۵۰ در دانشگاه وسترن[۲]ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفت و در مرکز علوم سلامت دانشگاه مک مستر[۳]در سال‌های ۱۹۶۰ اجرا شد. همزمان با آن دانشجویان پزشکی در بسیاری از دانشگاه‌های معتبر یادگیری مسئله محور در طب را تجربه کردند

---

[۱] Schmidt
[۲] WesternUniversity
[۳] McMaster University

(باروس[۱] ۱۹۹۶، ص. ۳). در اواخر دهه ۱۹۹۰ این رویکرد آموزشی به منطقه اقیانوس آرام راه یافت و به ویژه در استرالیا و چین گسترش پیدا کرد و در برنامه‌های درسی مبتنی بر حل مسئله در پزشکی به کار برده شد (هملو سیلور[۲] ۲۰۱۲، ص. ۱۰). پس از آن در آموزش عالی، در برنامه‌های درسی انواع رشته‌های آموزشی نظیر مهندسی، معماری، علوم تربیتی و حتی در مدارس مورد استقبال قرار گرفت (والکر و لیری[۳] ۲۰۰۹، ص. ۱۲). در سال‌های اخیر PBL به عنوان یکی از راهبردهای تدریس در دوره‌های علوم تجربی، به ویژه کلاس‌های درس شیمی رواج پیدا کرده است (دودز[۴] ۱۹۹۶، ص. ۲۲۵؛ رم[۵] ۱۹۹۹، ص. ۱۱۲۲؛ دونهام[۶] اشمیگ[۷]و آلن[۸] ۲۰۰۱، ؛ بلت[۹]و دیگران، ۲۰۰۳، ص. ۶۵؛ یوشی، ۲۰۰۳، ص. ۲۸؛ سنوکاک؛[۱۰] تسکس‌انلیگیل[۱۱]و سوزبیلیر[۱۲] ۲۰۰۷، ص. ۲۷۹؛ ترهان[۱۳]و ایبلدیز[۱۴] ۲۰۱۵، ص. ۱۱۶؛ ایبلدیز و ترهان ۲۰۱۷، ص. ۳۵؛ ناگاراجان[۱۵]و اورتون[۱۶] ۲۰۱۹، ص. ۲۹۰۱).

در میان کلاس‌های درس شیمی، شیمی عمومی یکی از دروس پایه‌ای و اساسی برای آغاز دروس تخصصی در رشته‌های علوم پایه در دانشگاه به شمار می‌رود. فهم درست مطالب بنیادی موجود در این درس، یکی از با اهمّیّت‌ترین اهداف ارائهٔ آن در سال اول تحصیل در دانشگاه محسوب می‌شود. یکی از رایج‌ترین روش‌های آموزش در تدریس دانشگاهی، سخنرانی و به شکل مدرس محور و بدون درگیر ساختن دانشجویان در یادگیری است. در صورتی که ارائهٔ دروس و مطالب اصلی و مهم شیمی به شکلی فعال و کاربردی، بهترین راه برای آشنایی و درک مطالب دروس پایه پیش از شروع دروس

---

[۱] Barrows
[۲] Hmelo-Silver
[۳] Walker and Leary
[۴] Dods
[۵] Ram
[۶] Donham
[۷] Schmieg
[۸] Allen
[۹] Belt
[۱۰] Senocak
[۱۱] Taskesenligil
[۱۲] Sozbilir
[۱۳] Tarhan
[۱۴] Ayyildiz
[۱۵] Nagarajan
[۱۶] Overton

تخصصی در دانشگاه به شمار می‌رود. شکل هندسی مولکول‌های شیمیایی و ارتباط آن با نظریهٔ دافعهٔ زوج الکترون لایهٔ ظرفیتی (VSEPR[۱]) و اوربیتال‌های هیبریدی یکی از مباحث انتزاعی چالش‌برانگیز و مشکل برای دانشجویان در درس شیمی عمومی محسوب می‌شود و به دلیل ناملموس بودن موارد مطرح شده در این مبحث، استفاده از شیوهٔ سخنرانی در سطح درک و فهم دانشجویان دربارهٔ چگونگی تعیین شکل هندسی مولکول‌ها نامطلوب به نظر می‌رسد، به طوری که در بسیاری موارد شاهد حفظ طوطی‌وار مطالب مطرح شده در این بخش از طرف دانشجویان هستیم.

آموزش هندسه مولکولی با استفاده از مدل تجربی به طور گسترده برای درک و پیش بینی هندسهٔ مولکولی مفید است، اما اساس فیزیکی مدل همیشه قابل درک نیست و اغلب نادرست آموزش داده می‌شود (ژیلسپی[۲] ۲۰۰۴، ص. ۲۹۸). لذا با توجه به اهمیت این بخش در درس شیمی عمومی در دانشگاه نیاز به ارائهٔ روش‌های جدید و سودمند در خصوص نحوهٔ تدریس آن به شیوه‌ای جذاب و کارآمد محسوس است. با توجه به ویژگی‌های این مبحث پژوهشگران از روش‌های متنوعی برای انتقال مفاهیم به ویژه در تجسم فعل و انفعالات بین مولکولی در سطح زیرمیکروسکوپی استفاده کرده‌اند. در سال ۲۰۲۱ گروه تحقیقاتی رهماواتی[۳]با هدف تجزیه و تحلیل توانایی تجسم فضایی دانشجویان از نمایش مجازی سه بعدی در مطالعهٔ مبحث برنامه درسی هندسهٔ مولکولی استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که توانایی دانشجویان در تشخیص جهت‌گیری فضایی پایین است در حالی که توانایی آن‌ها در تشخیص روابط فضایی که شامل استفاده از قابلیت‌های ذهنی و چرخش اشیای دو بعدی یا سه بعدی در فضا بیشتر است. در واقع دانشجویان از این روش برای توسعه درک خود از هندسه مولکولی استفاده می‌کنند (رهماواتی، دیهانار[۴]و عارفین[۵] ۲۰۲۱، ص. ۱۵۸). استفاده از کیت‌های مدل‌سازی ارزان قیمت روش دیگری برای درک هندسهٔ مولکولی است که می‌تواند کمک شایانی به درک ساختار سه بعدی مولکول‌ها که معمولاً به صورت دو بعدی نمایش داده می‌شوند، نماید (دین[۶] دیگران، ۲۰۱۹، ص. ۴۹۵).

---

[۱] The valence-shell electron-pair repulsion
[۲] Gillespie
[۳] Rahmawati
[۴] Dianhar
[۵] Arifin
[۶] Dean

استفاده از مدل‌های مولکولی فومی که ووتیسلا[۱]در سال ۲۰۱۷ استفاده کرد، ابزار دیگری برای ارزیابی و مقایسه درک دانشجویان از تئوری VSEPR قبل و بعد از آموزش آن است که در آن دانشجویان مدل‌هایی را ارائه می‌دهند که نشان دهندۀ ۱۳ شکل مولکولی است که می‌تواند به عنوان ابزار ارزیابی برای کاهش تصورات غلط دربارۀ نظریه VSEPR استفاده شود. یک جعبه مدل مولکولی فومی از گلوله‌های فومی گرد، گلوله‌های فومی تخم‌مرغی شکل و خلال دندان تشکیل شده است که ۷ توپ فومی در دو رنگ مختلف وجود دارد. استفاده از اندازه‌های مختلف فوم متناسب با اندازه اتم‌های مختلف است. هر جعبه ۱۰ خلال دندان دارد. یک، دو و سه خلال دندان به ترتیب نشان دهندۀ پیوندهای یگانه، پیوندهای دوگانه و پیوندهای سه گانه است. هر جعبه هم‌چنین حاوی سه توپ فومی تخم مرغی است که نشان دهندۀ جفت الکترون‌های ناپیوندی است تا تراکم بزرگتر الکترونی را نشان دهد. مقدار خلال دندان، گلوله‌های فوم گرد و تخم مرغی بیش از مقادیر لازم است تا توانایی دانش‌آموزان در تجزیه و تحلیل داده‌ها را به چالش بکشاند. در این پژوهش نتیجه فعالیت-های عملی با مدل فومی تصورات غلطی را در مورد موقعیت اتم‌های اطراف و استثناهای مولکول در قانون هشتایی نشان داد. با این حال، باورهای غلط در هندسۀ مولکولی با استفاده از این مدل مولکولی در دوره آموزشی پس از آزمون نسبت به قبل از آزمون کمتر بود (ووتیسلا، ۲۰۱۷، ص. ۱۵۴۹). منوچهری‌زاده در سال ۱۳۹۹یک تجربه آموزشی در رابطه با آموزش و تدریس شکل هندسی مولکول-ها و قاعده‌ی VSEPR را به کمک مدلسازی به روش ایبسه (آموزش کاوش محور علوم) گزارش داد که نتیجۀ آن درک بیشتر و بهتر از پیوند کووالانسی و شکل هندسی مولکول‌ها برای فراگیران مطرح شد (منوچهری‌زاده، ۱۳۹۹، ص. ۴۱).

با توجه به موارد ذکر شده استفاده از مدل مولکولی می‌تواند بر درک بهتر دانشجویان از هندسه مولکولی کمک بسزایی نماید. از همین رو با توجه به ویژگی‌ها و مزایای روش تدریس به صورت حل مسئله و همچنین سودمندی استفاده از مدل‌های مولکولی ارزان و در دسترس و تلفیق این دو با یکدیگر انتظار می‌رود که بتوان از قابلیت منحصر به فردشان برای تدریس شکل هندسی مولکول‌ها در واحد درسی شیمی عمومی بهره مناسبی برد و از نتایج آن بتوان در ارتباط با انتخاب رویکرد، روش تدریس و ابزار مناسب در رشته‌های مرتبط با علوم پایه، به استادان و دانشجویان کمک شایانی نمود.

---

[۱] Wuttisela

روش پژوهش

این مطالعه با توجه به موضوع و هدف آن و به علت استفاده از نتایج به دست آمده در کلاس‌های آموزشی واقعی و یادگیری از نوع کاربردی بوده که در آن دو روش آموزش به شیوهٔ سخنرانی و حل مسئله در یک مطالعهٔ نیمه تجربی مورد مقایسه قرار گرفته است. جامعهٔ آماری این پژوهش ۷۸ نفر از دانشجومعلمان علوم‌پایه ورودی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ مشغول به تحصیل در دانشگاه فرهنگیان تبریز هستند و به صورت تصادفی در دوگروه آزمون و کنترل قرار گرفتند. یک گروه در کلاس با روش معمول سخنرانی شرکت کردند و گروه دیگر به صورت تصادفی به زیرگروه‌های ۳ نفره برای شرکت در جلسات به روش PBL تقسیم شدند. معیار انتخاب دانشجویان در این مطالعه اخذ واحد شیمی عمومی در سال اول تحصیلی دانشجویان در دانشگاه فرهنگیان بود. در هر دو گروه مبحث شکل هندسی مولکول‌ها از کتاب شیمی عمومی ۱ نوشته چالز مورتیمر، مطابق با سر فصل مصوب وزارت علوم تحقیقات و فناوری توسط یک عضو هیئت علمی دانشگاه با محتوای آموزشی یکسان ارائه شد. با تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از سنجش آغازین و پیش آزمون به عمل آمده از عدم وجود تفاوت معنادار در هر دو گروه اطمینان حاصل شد. برای جلسات تدریس طراحی آموزشی از قبل مشخص شد و در گروه PBL سوالات تفکر انتقادی متناسب با موضوع "اشکال مولکولی" از کتاب " شیمی کاوشگری هدایت شده" نوشته ریچارد اس. موگ و جان جی.فارل ویرایش پنجم در اختیار دانشجویان قرار گرفت. در هر گروه دانشجویان با بحث گروهی و با استفاده از مدلی که توسط بادکنک تهیه می‌کردند، مرحله به مرحله با پاسخ دادن به سوالات تفکر انتقادی به پیش‌بینی شکل هندسی مولکول‌ها پرداختند. در ادامه سرگروه در هر گروه نتایج بحث گروهی و شکل احتمالی مولکول را برای گروه‌های دیگر تشریح می‌نمود و گروه‌های دیگر در تائید یا رد پیش‌بینی یافته‌های آنان با او به بحث و گفتگو می‌پرداختند. در خاتمه مدرس با جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از مباحث مطرح شده در کلاس مطابق با اهداف آموزشی به تکمیل محتوای آموزشی کمک کرده و دانشجویان را به نتایج درست در پیش‌بینی اشکال مولکولی و همچنین شرکت دانشجویان در بحث گروهی هدایت می‌نمود. بنابراین با توجه به مراحل روش حل مسئله فرآیند تدریس به ترتیب زیر صورت گرفت:

الف) طرح مسئله یا بازنمایی مشکل: مسئله با در اختیار قرار دادن مجموعه سوالات تفکر انتقادی در خصوص شکل مولکول‌ها با عنوان "مولکول‌ها چه اشکالی دارند؟" داده شد و از دانشجویان خواسته شد تا شکل هندسی مولکول‌های منتخب را مشخص کنند.

ب) جمع آوری اطلاعات: منبع گردآوری اطلاعات در این مساله پاسخ دادن به سوالاتی بود که گام به گام اطلاعات مورد نیاز برای پی بردن به شکل هندسی مولکول‌ها را مشخص می‌کرد. دانشجویان می‌توانستند پاسخ سوالات را با تفکر و بحث گروهی از اطلاعات داده شده در جداول و نمودارهای مشخص شده در مجموعه‌ایی که در اختیارشان قرار داده شده بود (فعالیت شیمی ۱۸ کتاب "شیمی کاوشگری هدایت شده" نوشته ریچارد اس. موگ و جان جی.فارل، ویرایش پنجم، ص. ۷۴) استخراج نمایند.

ج) ساختن فرضیه: دانشجویان برای ساختن فرضیه ناگزیر به تفکر بودند و برای پیش‌بینی شکل مولکول‌ها چندین حدس داشتند که بر اساس اولویت لیست می‌نمودند.

د)آزمایش فرضیه: برای بررسی درستی فرضیه دانشجویان موظف به ساخت مدل‌های مولکولی با بادکنک، برای بررسی حوزه‌های الکترونی در اطراف اتم مرکزی و بررسی بهترین شکل مولکولی از بین مدل‌های ساخته شده بر اساس فرضیاتشان بودند.

ه) نتیجه‌گیری، تعمیم و کاربرد: در این مرحله دانشجویان با انتخاب بهترین مدل مولکولی و رسم شکل هندسی آن به حل مسئله پرداخته و فرآیند حل مسئله را به نتیجه منتهی می‌نمودند. در این فرایند مدرس نقش راهنما را در تدریس بازی می‌کرد و روش کسب اطلاعات را به دانشجویان می‌آموخت. در این الگو علاقه و رغبت و توانایی همواره مورد توجه قرار گرفت و به دانشجویان اجازه داده شد تا با تبادل نظر و همفکری به نتیجه درست دست پیدا کرده و اطلاعات و تجربیات خود را در اختیار دیگر گروه‌ها قرار دهند.

بر اساس طراحی آموزشی برای گروه آزمایش در مرحله حین تدریس دانشجویان موظف بودند برای تائید فرضیه خود شکل هندسی مولکول‌ها را با استفاده از بادکنک درست و بر روی کاغذ رسم کنند. برای در کنار هم قرار دادن بادکنک‌ها فقط کافی بود، سر گره خورده‌شان به دور یکدیگر چند دور تابانده شود. این کار هم اتصال و هم جداسازی مجدد آن‌ها را از یکدیگر آسان و راحت می‌نمود. استفاده از این ابزار مفرح در ساختن و پیش‌بینی اشکال مولکولی به دانشجویان کمک بسیاری نمود، چراکه جسم را به صورت سه بعدی در اختیار داشتند و در اغلب موارد قادر به رسم شکل فضایی مولکول‌ها به درستی می‌شدند. مزیت دیگر استفاده از بادکنک برای تدریس این مبحث ارزانی و قابل دسترس بودن آن و البته مهم‌ترین ویژگی آن نزدیک بودن ساختار فضایی بادکنک با ساختمان فضایی پیوندها بود. به طوری که با در کنار هم قرار دادن آن‌ها در ساختارهای مولکولی خواسته شده، جهت‌گیری فضایی بسیار نزدیک با مولکول‌های واقعی داشتند و این کمک بسیار شایانی به دانشجویان

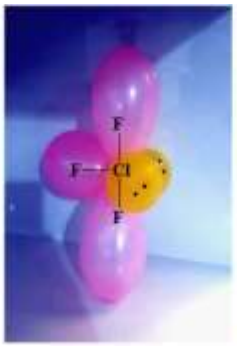
برای پیدا کردن شکل هندسی مناسب و درک ساختمان فضایی مولکول‌های واقعی می‌کرد و ضمن به وجود آمدن نشاط لازم حین تدریس، درک و فهم مطالب را آسان‌تر می‌نمود. برای این منظور از دانشجویان خواسته شد تا بادکنک‌ها با رنگ صورتی (یا هر رنگ یکسان دیگر) را به تعداد مناسب و با اندازه یکسان برای درست کردن اشکال مولکولی و نشان دادن الکترون‌های پیوندی در هر حوزه پیوندی از هوا پر کرده و استفاده نمایند. برای این کار از بادکنک آبی مدل بالون بونانزا استفاده شد. این نوع بادکنک پس از باد شدن کاملاً شبیه به اوربیتال‌های اتمی p یا اوربیتال‌های هیبریدی sp، sp^2 و sp^3 به صورت دمبلی شکل است. برای نشان دادن حوزه‌های الکترونی ناپیوندی از بادکنک با رنگ دیگر (مثلا زرد) استفاده شد و از دانشجویان خواسته شده تا تعداد مناسبی از بادکنک‌ها را به یک اندازه تا جایی از هوا پر کنند که بادکنک شکلی کروی داشته باشد. چرا که ساختار کروی بادکنک نسبت به ساختار دمبلی شکل آن فضای بیشتری را در اطراف محل اتصال اشغال می‌کرد و این امر به دانشجویان در رسیدن به اشکال درست هندسی کمک می‌نمود. زیرا شکل یون یا مولکول نتیجهٔ دافعهٔ زوج الکترون‌ها و فضایی است که در اطراف اتم یا یون مرکزی اشغال می‌کنند و می‌توان براساس نظریه دافعه زوج الکترون لایه ظرفیتی آرایش هندسی اتم‌ها در یک مولکول یا یون را پیش‌بینی نمود، چرا که تابع اصول و قوانینی است. در ادامه نمونه‌هایی از مدل‌های مولکولی ساخته شدهٔ دانشجویان به وسیله بادکنک براساس مثال‌های تمرین شده در کلاس آورده و نمایش داده شده است. این نمونه‌های دست‌ساز به خوبی با ساختار فضایی مولکول‌های واقعی مطابقت داشته و ساختمان فضایی نزدیک آن‌ها با مولکول‌های واقعی در کلاس درس به درک فضایی اشکال هندسی مولکول‌ها و تدریس قابل فهم و آسان کمک بسیاری نمود. براساس حوزه‌های الکترونی در اطراف اتم مرکزی مولکول‌ها و یون‌های زیر که در برخی از آن‌ها اتم مرکزی از قاعده هشتایی پیروی نمی‌کنند، تقسیم‌بندی و توسط دانشجویان ساخته و مورد بحث و بررسی قرار گرفت:

۱. دو زوج الکترون ظرفیتی: مولکول خطی $HgCl_2$

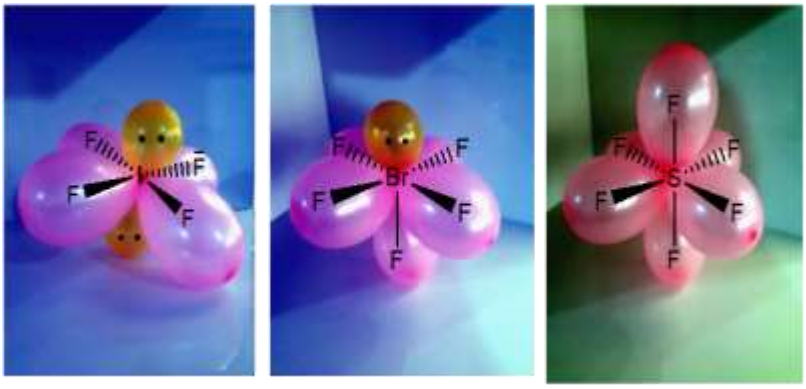
۲. سه زوج الکترون ظرفیتی: مولکول مسطح مثلثی BF_3 و مولکول خمیده $SnCl_2$

۳. چهار زوج الکترون ظرفیتی: مولکول چهاروجهی CH_4، مولکول هرم مثلث القاعده NH_3 و مولکول خمیده H_2O

۴. پنج زوج الکترون ظرفیتی: مولکول دوهرمی مثلث القاعده PCl_5، چهاروجی نامنتظم SF_4، مولکول تی‌شکل ClF_3 و ملکول خطی XeF_2



۵. شش زوج الکترون ظرفیتی: مولکول هشت وجهی منتظم SF_6، مولکول هرم مربع القاعده BrF_5 و مولکول مسطح مربعی IF_4^-



در مقابل، تـدریس شکل هندسی مولکول‌ها در گـروه کنترل بـر اسـاس طـرح درس منطبـق بـا سرفصـل وزارت علوم تحقیقات و فناوری بود که در آن زمانی برای بحث دانشجویی در نظر گرفته نشده بـود. در ایـن گروه، تمام مطالب درسی با سـخنرانی مدرس و استفاده از جزوه، کتاب و نوشتن مطالب مهم و ترسیم شکل مولکول‌ها بر روی تابلو صورت گرفت. برای ارزشیابی دانشجویان در اولین جلسه، پیش آزمون شامل سوالاتی نظیر پیش‌بینی شکل هندسی مولکول‌ها و رسم اشکال سه بعدی آنان از هر دو گروه گرفته شد. در پایان دوره نیز آزمونی با همان سوالات تحت عنوان پس آزمون از هر دو گروه به عمل آمد. روایی سوالات از نظر متخصصان شیمی و علوم پایه مورد تأیید قرار گرفت. جهت پایایی و بررسی داده‌ها از تحلیل آماری واریانس (ANOVA) استفاده شد. نتایج به دست آمده به وسیلهٔ مقادیر آماری F و T تست و سایر پارامترهای آماری به دست آمده از ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته های پژوهش

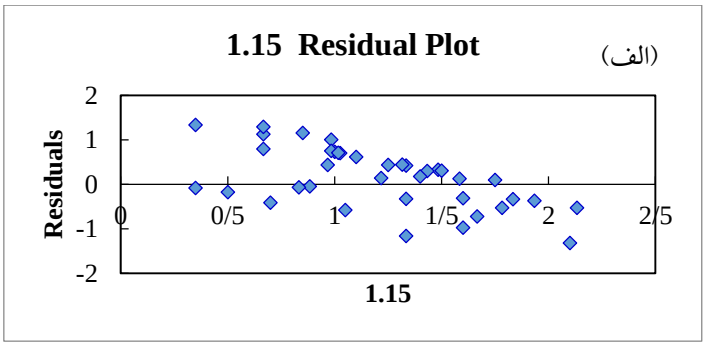
با توجه به موضوع پژوهش و متغیر وابسته مربوط به آن پژوهش حاضر از نوع تحقیقات کمی و نیمه تجربی محسوب می‌شود. برای این منظور ابتدا مجموع، میانگین و واریانس نمرات یادگیری مطالب (مفاهیم و اصول) در دانشجویان گروه‌های نمونه در دو آزمون پیش آزمون و پس آزمون در روش تدریس سخنرانی و روش حل مسئله محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

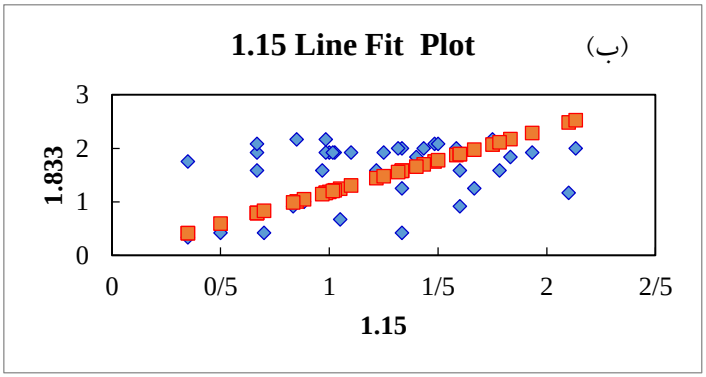
جدول ۱. میانگین، واریانس و مجموع نمرات یادگیری مطالب ارائه شده در دو گروه کنترل و آزمایش

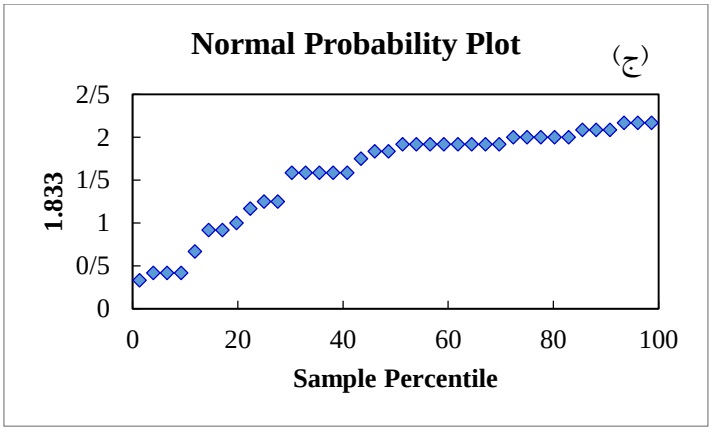
متغیرها	گروه	تعداد دانشجویان	مجموع	میانگین	واریانس
پیش آزمون	روش سخنرانی	۳۹	۲۹/۲۵	۰/۷۵	۰/۱۴۷
	روش حل مسئله	۳۹	۳۱/۹۸	۰/۸۲	۰/۱۶۰
پس آزمون	روش سخنرانی	۳۹	۴۷/۳۲	۱/۲۱	۰/۲۰۹
	روش حل مسئله	۳۹	۶۲	۱/۵۸	۰/۳۱۱

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میانگین نمرات در مراحل پیش آزمون در هر دو گروه کنترل و آزمایش به ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۰/۸۲ و در پس آزمون (یادگیری) به ترتیب برابر با ۱/۲۱ و ۱/۵۸ است. در شکل‌های ۱ (الف) تا ۱ (ج) سه منحنی رسم مقادیر باقی‌مانده، رسم منحنی رگرسیون خطی و منحنی توزیع نرمال برای امتحان معنادار بودن توزیع داده‌های پژوهش آورده شده است.

جداول ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب نتایج مربوط به مجموع، میانگین و واریانس نمرات حاصل شده و نتایج تحلیل آماری واریانس (ANOVA) میانگین نمرات و نمرات حاصل را برای تک تک سوالات مشابه که در گروه ۱، ۲ و ۳ قرار گرفتند، نشان می‌دهد. در هر چهار جدول مذکور مقدار F به دست آمده (نسبت میانگین مربع‌های مربوط به رگرسیون و باقی‌مانده) برابر با ۱۰/۵۹۲، ۱۴/۳۸۰، ۲۷/۵۵۷ و ۱۰/۹۱۴ هست که بسیار بزرگتر از مقدار F بحرانی است.







شکل ۱. توزیع داده‌های پژوهش حاصل از رسم منحنی‌های (الف) مقادیر باقی‌مانده، (ب) منحنی رگرسیون خطی و (ج) منحنی توزیع نرمال

جدول ۲ الف. نتایج مربوط به مجموع، میانگین و واریانس نمرات حاصل برای سوالات مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

روش‌های مورد استفاده	تعداد دانش آموزان	مجموع	میانگین	واریانس
روش سخنرانی	۳۹	۴۷/۳۲۵	۱/۲۱۳	۰/۲۰۹
روش حل مسئله	۳۹	۶۲	۱/۵۸۹	۰/۳۱۱

جدول ۲ ب. نتایج تحلیل آماری واریانس (ANOVA) بین میانگین نمرات حاصل برای سوالات مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

منشا تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربع	مقدار F	P-value	F بحرانی
مابین دو گروه	۲/۷۶۰	۱	۲/۷۶۰	۱۰/۵۹۲	۰/۰۰۱۶۹	۳/۹۶۶
درون گروه‌ها	۱۹/۸۱۰	۷۶	۰/۲۶۰			
کل	۲۲/۵۷۱	۷۷				

جدول ۳ الف. نتایج مربوط به مجموع، میانگین و واریانس بین نمرات حاصل برای سوالات گروه ۱ مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

روش‌های مورد استفاده	تعداد دانشجویان	مجموع	میانگین	واریانس
روش سخنرانی	۳۹	۶۱/۶	۱/۲۱۳	۰/۲۰۹
روش حل مسئله	۳۹	۸۰/۷۵	۱/۵۸۹	۰/۳۱۱

جدول ۳ ب. نتایج تحلیل آماری واریانس (ANOVA) بین نمرات حاصل برای سوالات گروه ۱ مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

منشا تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربع	مقدار F	P-value	F بحرانی
مابین دو گروه	۴/۷۰۱	۱	۴/۷۰۱	۱۴/۳۸۰	۰/۰۰۰۲۹۸	۳/۹۶۶
درون گروه‌ها	۲۴/۸۴۷	۷۶	۰/۳۲۶			
کل	۲۹/۵۴۸	۷۷				

جدول ۴ الف. نتایج مربوط به مجموع، میانگین و واریانس بین نمرات حاصل برای سوالات گروه ۲ مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

روش‌های مورد استفاده	تعداد دانشجویان	مجموع	میانگین	واریانس
روش سخنرانی	۳۹	۵۵/۲	۱/۴۱۵	۰/۰۷۲
روش حل مسئله	۳۹	۷۰/۰۰	۱/۷۹۴	۰/۱۳۱

جدول ۴ ب. نتایج تحلیل آماری واریانس (ANOVA) بین نمرات حاصل برای سوالات گروه ۲ مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

منشا تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربع	مقدار F	P-value	F بحرانی
مابین دو گروه	۲/۸۰۸	۱	۲/۸۰۸	۲۷/۵۵۷	$۱/۳۴\times۱۰^{-۶}$	۳/۹۶۶
درون گروه‌ها	۷/۷۴۴	۷۶	۰/۱۰۱			
کل	۱۰/۵۵۲	۷۷				

جدول ۵. الف. نتایج مربوط به مجموع، میانگین و واریانس بین نمرات حاصل برای سوالات گروه ۳ مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

روش‌های مورد استفاده	تعداد دانشجویان	مجموع	میانگین	واریانس
روش سخنرانی	۳۹	۳۳/۷۵	۰/۸۶۵	۰/۳۹۷
روش حل مسئله	۳۹	۵۳/۰۰	۱/۳۵۸	۰/۴۷۳

جدول ۵ ب. نتایج تحلیل آماری واریانس (ANOVA) بین نمرات حاصل برای سوالات گروه ۳ مطرح شده برای دانشجویان گروه‌های کنترل و آزمایش

منشا تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربع	مقدار F	P-value	F بحرانی
مابین دو گروه	۴/۷۵۰	۱	۴/۷۵۰	۱۰/۹۱۴	۰/۰۰۱۴۵	۳/۹۶۶
درون گروه‌ها	۳۳/۰۸۰	۷۶	۰/۴۳۵			
کل	۳۷/۸۳۰	۷۷				

در ادامه برای بررسی و مقایسه بیشتر و عمیق‌تر دو گروه، میانگین نمرات حاصل شده در دو روش تدریس t-Test انجام گردید. همانطور که در جدول ۶ نشان داده شده است مقدار t Stat، ۵/۴۱۱ بسیار بزرگتر از t Critical two-tail، ۱/۹۹۳ است.

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش هدف مقایسهٔ تاثیر روش تدریس (متغیر مستقل) بر روی کارایی و میزان یادگیری (متغییر وابسته) مبحث شکل هندسی مولکول‌ها توسط دانشجویان در دو گروه کنترل و گروه آزمایش بود. روش تدریس در گروه آزمایش براساس حل مسئله و در گروه کنترل به روش سخنرانی بود، تا تأثیر متغیر مستقل (روش تدریس) بر متغییر وابسته (میزان یادگیری شکل هندسی مولکول‌ها در درس شیمی عمومی) مورد بررسی قرار گیرد. برای مقایسه نتایج حاصل و همچنین برای مقایسه اینکه آیا بین نتایج حاصل تفاوت معنی‌داری وجود دارد، از آنالیز آماری واریانس استفاده شد.

جدول ۶. نتایج حاصل شده برای آزمون آماری t-Test دو نمونه با فرض واریانس‌های متفاوت

	متغیر (پارامتر) اول	متغیر پارامتر (دوم)
میانگین	۱/۵۸۹	۱/۲۱۳
واریانس	۰/۳۱۱	۰/۲۰۹
تعداد نمونه	۳۹	۳۹
واریانس کلی	۰/۲۶۰	
اختلاف میانگین فرضی	۰	
تعداد کل	۷۶	
t Stat	۵/۴۱۱	
P(T<=t) one-tail	$۳/۹\times۱۰^{-۷}$	
t Critical one-tail	۱/۶۶۶	
P(T<=t) two-tail	$۷/۷۹\times۱۰^{-۷}$	
t Critical two-tail	۱/۹۹۳	

با مقایسه نتایج جدول ۱ که میانگین، واریانس و مجموع نمرات یادگیری مطالب ارائه شده برای دانشجویان در دو گروه کنترل و آزمایش در دو مرحله آزمون (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) را نشان می‌دهد، اختلاف بین میانگین دو گروه در پیش‌آزمون حدود ۰/۰۷ و در پس‌آزمون حدود ۰/۳۷ است. اختلاف کم در میانگین نمرات دو گروه در پیش‌آزمون نشان‌دهنده هم سطح بودن دو گروه از نظر معلومات و پیش‌دانسته قبل از آموزش است، در حالی که افزایش این اختلاف پس از آموزش با دو روش تدریس متفاوت (حل مساله و سخنرانی) نشان دهندۀ تفاوت در کارایی روش تدریس و تا حدودی مؤثر بودن روش تدریس حل مساله نسبت به روش معمول سخنرانی است که سبب افزایش میانگین نمرات در گروه آزمایش شده است.

برای بررسی میزان تأثیرگذار بودن متغیر مستقل بر پارامتر وابسته از پارامتر آماری P-value استفاده و برای نشان دادن معنادار بودن توزیع داده‌های پژوهش از رسم منحنی‌های رگرسیون خطی، منحنی مقادیر باقی‌مانده و منحنی توزیع نرمال استفاده شد. بدین ترتیب که اگر سطح معناداری و توزیع مناسب برای کلیه متغیرها کوچکتر از مقدار P-value ۰/۰۵ باشد، نشان‌دهندهٔ تأثیرگذار بودن پارامتر مستقل بر پارامتر وابسته است. مقدار P-value برای هر دو متغیر منحنی توزیع نرمال داده-های به دست آمده در شکل‌های ۱ (الف) تا ۱ (ج) کمتر از ۰/۰۵ حاصل گردید که نشان‌دهندهٔ تاثیرگذار بودن متغیرها بر پارامتر وابسته است. هر سه منحنی رسم مقادیر باقی‌مانده و رسم منحنی رگرسیون خطی و منحنی توزیع نرمال تایید کننده توزیع نرمال داده‌های پژوهش حاضر هستند.

در ادامه برای روشن شدن این موضوع که آیا تفاوت معنی‌داری بین نتایج استفاده از دو روش تدریس در یادگیری مفاهیم و اصول در گروه‌های مورد آزمایش وجود دارد یا خیر و یا به عبارت دیگر برای بررسی اثر بخش بودن روش تدریس و معنی‌دار بودن اختلاف حاصل از تحلیل آماری واریانس (ANOVA) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ تا ۵ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که آنالیز آماری واریانس بین میانگین نمرات حاصل شده و بین تک تک نمرات حاصل شده در سه گروه سوال توسط دانشجویان گروه آزمایش و کنترل به عمل آمد. در هر چهار جدول مذکور مقدار F به دست آمده بسیار بزرگتر از مقدار F بحرانی است و بیانگر این مطلب است که پارامترها به مقدار کافی تغییرات داده‌ها را از مقدار میانگین آن‌ها نشان می‌دهند و تأثیرات پارامترها صحیح و واقعی هستند. به عبارت دیگر اختلاف در نمرات حاصل شده به حد کافی بالا بوده و تأثیر باقی‌مانده خیلی پایین-تراست و منشأ تغییرات ناشی از تأثیر تغییرات در فاکتورهای مستقل یعنی همان روش تدریس است و از نوع باقی‌مانده تصادفی و سیستماتیک نیست. همچنین اگر مقدار F به دست آمده با مقادیر بحرانی F گزارش شده در جداول آماری در درجه آزادی ۱، ۳/۹۶۶ مقایسه شود، مشخص می‌شود که F به دست آمده در هر چهار جدول بیشتر از F بحرانی بوده و فرض صفر رد می‌شود؛ یعنی منشأ تغییرات رگرسیون یا مدل و باقی‌مانده با هم یکی نیست و نتایج به دست آمده از دو روش تدریس تفاوت‌های معنی‌داری با هم دارند. بنابراین می‌توانیم نتیجه بگیریم که با استفاده از نتایج آنالیز آماری و با مقایسه مقادیر به دست آمده برای مقدار F و مقایسه آن با مقدار F بحرانی در درجات آزادی ۱ مشخص می‌شود که تفاوت معنی‌داری بین دو روش تدریس سخنرانی و تدریس با رویکرد حل مسئله وجود دارد. بنابراین فرض صفر که عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو گروه میانگیناست، رد می‌شود و اختلاف معنی‌دار بین میانگین نمرات حاصل شده از دو روش تدریس وجود دارد.

برای بررسی و مقایسه بیشتر و عمیق‌تر دو گروه، میانگین نمرات حاصل شده در اثر دو روش تدریس t-Test انجام گردید. همانطور که در جدول ۶ نشان داده شده است مقدار t Stat، ۵/۴۱۱ بسیار بزرگتر از t Critical two-tail، ۱/۹۹۳ است. تست تی (T-Test) نوعی آمار استنباطی است که می‌توان برای تعیین وجود یا عدم وجود تفاوت‌های معنادار بین میانگین دو گروه از آن استفاده کرد؛ تفاوت‌هایی که می‌توانند نشان‌دهندهٔ وجود ویژگی‌های خاص باشند. معمولاً از این آزمایش یا تست بر روی مجموعه‌ی داده‌هایی استفاده می‌شود که از یک توزیع نرمال تبعیت می‌کنند و ممکن است واریانس‌های متفاوتی داشته باشند. همچنین از این تست برای آزمون فرضیه استفاده می‌شود. در این قسمت از کار پژوهشی حاضر آزمون t-Test دو نمونه با فرض واریانس‌های مختلف انجام گردید. اگر t Stat یا t محاسباتی بزرگتر از مقدار t بحرانی باشد، فرض صفر یکسان بودن میانگین‌های دو گروه رد می‌شود و این دقیقاً حالتی هست که در کار پژوهشی حاضر حاصل گردید. تفاوت بین t به طور قابل ملاحظه‌ای زیاد است و می‌توان نتیجه‌گیری نمود که اختلاف بین میانگین‌های حاصل شده از دو روش ناشی از اختلاف در روش تدریس یا همان متغیر مستقل ورودی است. بنابراین تایید می‌شود که بین میانگین‌های به دست آمده اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به عبارت دیگر تفاوت معنی‌دار بین نتایج استفاده از دو روش سخنرانی و روش تدریس مبتنی بر حل مساله وجود دارد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از الگوی تدریس حل مسئله بر یادگیری مفاهیم و اصول فراگیران مؤثر است و باعث افزایش یادگیری مفاهیم شده است. با وجود آن که به صورت مستقیم کاری پژوهشی بر روی اثربخشی روش تدریس حل مسئله به همراه مدل مولکولی برای تدریس اشکال هندسی مولکول‌ها براساس تئوری VSEPR صورت نگرفته است، ولی به طو رکلی نتایج به دست آمده با تحقیقات (ترهان و ایبلدیز، ۲۰۱۵، ص. ۱۱۶؛ ایبلدیز و ترهان، ۲۰۱۷، ص. ۳۵؛ کریمی مونقی و لطفی فاطمی، ۲۰۱۷، ص. ۲۹؛ نمناباتی و دیگران،۲۰۱۰، ص. ۴۷۴؛ سیفی و دیگران، ۲۰۱۷، ص. ۱۸۰) همخوانی دارد.

بنابراین به طور خلاصه می‌توان گفت با توجه به نتایج به دست آمده، میانگین نمرات در گروهی که به روش حل مسئله آموزش دیده بودند، بالاتر از گروهی بود که در تدریس آن‌ها از روش سخنرانی استفاده شده بود. همچنین نتایج F به دست آمده برای میانگین نمرات و برای تک تک نمرات حاصل شده از دو گروه بسیار بالاتر از مقادیر F بحرانی حاصل بود که نشان داد بین یادگیری مفاهیم یادگیرندگان مبتنی بر رویکرد حل مسئه و سخنرانی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج آنالیز آماری t-Test نشان داد که بین میانگین دو گروه تفاوت معناداری وجود دارد و روش حل مسئله بر یادگیری

یادگیرندگان مؤثرتر از روش سخنرانی است. در این روش تدریس انتقال‌پذیری مطالب دانشی در سطح بالایی صورت می‌پذیرد. در انتقال سطح بالا دانشجویان ملزم به اندیشیدن و به کارگیری مهارت تفکر برای ایجاد ارتباط بین یادگیری‌های قبلی و موقعیت چالش‌برانگیز فعلی هستند. عامل اصلی انتقال دانش به صورت تحقیقی و نه تلقینی در روش حل مسئله در سطح بالا راهبرد یا شیوه‌ای است که تنها به یک مسئله، موقعیت یا موضوع درسی وابسته نیست، بلکه می‌تواند در موقعیت‌های مختلف به کار بسته شود. دریافت دانش به طریق تحقیقی و نه تلقینی موجود در این روش به صورت بخشی از دانش فراشناختی فراگیر در می‌آید که برای یادگیری فراگیرنده همانند چراغ راهنما خواهد بود (سیفی، ۲۰۰۷). همچنین از مزایای مهم استفاده از مدل بادکنکی در روش تدریس به صورت حل مسئله به عنوان یک ابزار مناسب برای انتقال مفاهیم و درگیر کردن فراگیران در فرایند تدریس، می‌توان به ارزان و دسترس بودن آن، شکل فضایی نزدیک آن به اوربیتال‌ها و پیوندهای شیمیایی بین اتم‌ها، قابلیت جهت‌گیری مناسب در فضا در مولکول‌های مورد بررسی به دلیل ساختار فضایی و سه بعدی مناسب و کمک به دانشجویان در تشخیص اشکال هندسی مولکول‌ها و ترغیب آن‌ها به یادگیری اشاره کرد. این مدل مولکولی به دلیل جذابیت و آسانی استفاده از آن برای تدریس این مبحث از شیمی عمومی توصیه می‌شود.

منابع

Abraham, R., Vinod, P., Kamath, M., & Asha , K. (2008). Learning approaches of undergraduate medical students to physiology in a non-PBL- and partially PBL-oriented curriculum. *Advan in Physiol Edu, 32*, 35-37.

Ayyildiz, Y., Tarhan, L. (2017). Problem-based learning in teaching chemistry:enthalpy changes in systems. *Research in Science & Technological Education, 36*(1), 35-54.

Barbara J. Duch, Susan E. Groh , & Deborah E. Alle. (2001). *The Power of Problem-Based Learning: A Practical "How To" for Teaching Undergraduate Courses in Any Discipline*. Stylus.

Barrows, H. (1996). Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 3-12.

Barrows, H. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education, 20*, 481–486.

Belt, S. T, E. H. Evans, T. McCreedy, T. L. Overton, & S. Summerfield. (2002). A Problem Based Learning Approach to Analytical and Applied Chemistry. *University Chemistry Education*, 6(2), 65-72.

Dean, N., Ewan, C., Braden, D., & McIndoe, J. (2019). Open-Source Laser-Cut-Model Kits for the Teaching of Molecular. *J. Chem. Educ.*(3), 495–499.

Dods, R. F. (1996). A Problem-Based Learning Design for Teaching Biochemistry. *Journal of Chemical*, *73*(3), 225.

Donham, R. S., F. I. Schmieg, & D. E. Allen. (2001). "The Large and the Small of It: A Case Study of. In S. E. B. J. Duch (Ed.). Sterling: Stylus Publications.

Gillespie, R. (2004). Teaching Molecular Geometry with the VSEPR Model. *Chemical Education Today*, *81*(3), 298-304.

Hmelo-Silver, C. E. (2012). International perspectives on problem-based learning: Contexts, cultures, challenges, and adaptations. *nterdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, *6*, 10-15.

Karimi Moonaghi, H., & Lotfi Fatemi, N. (2017). The impact of problem base learning (PBL) on anesthesiology students' learning in emergency medicine course. *Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences*, *4*(5), 29-38. [In Persian].

Mackenzie, A. M., A. H. Johnstone, & R. I. F. Brown. (2003). Learning from Problem Based Learning. *University Chemistry Education, 17*, 13-26.

Manouchehrizadeh, E. (2019). Teaching VSEPR Rule and Predicting the Geometric Shapes of Molecules Using IBSE Modeling. *Research in Chemistry Education,* 2 (1), 41-56.

Nagarajan, S., Overton, T. (2019). Promoting Systems Thinking Using Project- and Problem-Based Learning. *J. Chem. Educ*., 96 (12), 2901- 2909.

Namnabati, M., Fathi Azar, E., Valizadeh, S., & Tazakori, Z. (2010). Lecturing or Problem-based Learning: Comparing Effects of the Two Teaching Methods in Academic Achievement and Knowledge Retention in Pediatrics Course for Nursing Students. *Iranian Journal of Medical Education, 10*(4), 474-483. [In Persian].

Newble DI, & Entwistle NJ. (1986). Learning styles and approaches: implications. *Med Educ*, *20*, 162–175.

Rahmawati, Y., Dianhar , H., & Arifin, F. (2021). Analysing Students' Spatial Abilities in Chemistry Learning. *Education Sciences*, 158-180.

Ram, P. (1999). Problem-Based Learning in Undergraduate Education: A Sophomore Chemistry. *Journal of Chemical Education, 76*(8), 1122–1126.

Schmidt, H. (1983). Problem-based learning: rationale and description. *Medical Education, 17*, 11-16.

Saif, A.A. (2007). Modern Educational Psychology. Tehran; Doran. [In Persian].

seifi, b., bakhshi, e., eimani, a., najafipour, s., & mirzazadeh, a. (2017). Using problem-based education (PBL) to actively learn physiology. *Strides in Development of Medical Education, 3*(14), 180-186. [In Persian].

Senocak, E., Y. Taskesenligil, & M. Sozbilir. (2007). A Study on Teaching Gases to Prospective Primary Science Teachers through Problem-Based Learning. *Research in Science Education, 73*(3), 279–290.

Tarhan, L, & Y. Ayyildiz. (2015). The Views of Undergraduates about Problem-Based Learning Applications in a Biochemistry Course. *Journal of Biological Education, 49*(2), 116-126.

Walker, A., & Leary, H. (2009). A problem based learning meta analysis: Differences across problem types, implementation types, disciplines, and assessment levels. *Journal of Problem-based Learning, 3*, 12-43.

Wuttisela, K. (2017). Authentic Assessment Tool for the Measurement of. *Journal of Educational Research, 5*(9), 1549-1553.

Yuzhi, W. (2003). Using Problem Based Learning in Teaching Analytical Chemistry. *The China Papers, 2*, 28-33.

Research article

Research in Chemistry Education, Vol 4, No 1, 79-101

Research in Chemistry Education

http: //chemedu.cfu.ac.ir

Comparison of the Effectiveness of the Problem Solving-Based Teaching Method with the Lecture Method for Active Learning of the Subject of Geometric Shape of Molecules in General Chemistry for Basic Science Students

Hamideh Haghigat [*1], Mehrangiz Fathinia [2], Amirmihammad Bahrami maddah [3]

[1,2,3] *Department of Chemistry, Farhangian University, Tabriz, Iran*

Abstract

The present study was conducted with the aim of comparing the effectiveness of the teaching method based on problem solving with the usual lecture method using balloon molecular models to implement the general chemistry course of the geometric shape of molecules for basic science students. This research is a type of applied studies and a semi-experimental method. The statistical population of this research was the basic science students entering 2017 and 2018, studying biology and physics at Farhangian University of Tabriz, who were randomly assigned to two experimental and control groups. The collection of information and data required for the statistical reliability of this research was done based on the final short answer test. The validity of the designed questions was confirmed by the opinion of experts, and statistical analysis of variance (ANOVA) was used to verify the reliability of the data. The obtained results were analyzed by statistical values of F and T test and other statistical parameters obtained from ANOVA. The findings of the research showed that using the method based on problem solving for the active learning of the learners along with the use of the molecular model in the mentioned topic in the general chemistry course is much more effective than the usual lecture method.

Keywords: Problem-solving based education, Balloon molecular model, Geometric shape of molecules, General chemistry

[*]Corresponding Author: (h.haghighat58@gmail.com)