



## Assessing Students' Conceptual Understanding Level in Chemistry Using the SOLO Model in Inquiry-Based Teaching

Sharif Kamyabi<sup>1</sup>

1. Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran.  
ka\_kamyabi@yahoo.com

### Abstract

**Background and Objectives:** In recent times, inquiry-based teaching has been recognized as an active method for understanding phenomena under investigation, which can enhance students' reasoning and comprehension abilities. The aim of this research is to assess students' level of conceptual understanding in chemistry using the SOLO model in inquiry-based chemistry teaching. The goal is to elucidate how the interactive use of this method can improve students' conceptual understanding.

**Methods:** This research was conducted using a qualitative approach of conventional content analysis. The sampling was purposeful and continued until data saturation was achieved. Data was collected through semi-structured interviews with ten groups of students (each group consisting of three students) from the first grade at Ma'arif High School in Tehran after teaching a portion of chemistry using an inquiry-based approach. Data analysis was performed using conventional content analysis method, and for validation of findings, two methods were used: participant checking and peer checking.

**Findings:** The findings from the analysis of interviews showed that approximately 43% of students are at the unistructural level, while about 57% are at the multistructural level and above. Students in the experimental sciences field demonstrated better performance with 60% compared to students in the mathematics field with 53%.

**Conclusion:** The SOLO model enables teachers to assess learning outcomes and evaluate students' understanding. To enhance students' comprehension of chemistry concepts and improve their practical skills, it is recommended that teachers utilize inquiry-based teaching methods, which provide an opportunity for learners' conceptual understanding in chemistry to be effectively improved. This aligns with the findings of previous research. Therefore, establishing appropriate mechanisms to promote inquiry-based teaching can be of great importance for curriculum planners and textbook authors.

**Keywords:** Conceptual Understanding, Chemistry education, SOLO Model, Inquiry-Based



**Recived:**2024/10/21; **Revised:**2024/10/23;**Accepted:**2024/11/15; **Published Online:**2024/12/21  
**Cite this article:** Kamyabi, Sh. (2025). Assessing Students' Conceptual Understanding Level in Chemistry Using the SOLO Model in Inquiry-Based Teaching. *Interdisciplinary Studies in Education*. 3(4), p.109-126.  
<https://doi.org/10.22034/ISE.2025.17452.1138>

---

**Publisher:** Farhangian University

**Article type:** research

<https://ise.cfu.ac.ir/>

©the authors

---

# مطالعات بین‌رشته‌ای در آموزش

## سنجش سطح درک مفهومی فراگیران درس شیمی با مدل سولو در آموزش به روش کاوشگری

شریف کامیابی<sup>۱</sup>

۱. استادیار گروه آموزش شیمی دانشکده علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. ka\_kamyabi@yahoo.com

### چکیده

**پیشینه و اهداف:** امروزه آموزش به‌روش کاوشگری به‌عنوان روشی فعال برای درک پدیده‌های مورد کاوش، شناخته شده که می‌تواند توانایی استدلال و درک فراگیران را بهبود بخشد. هدف این پژوهش، سنجش سطح درک مفهومی فراگیران در درس شیمی به کمک مدل سولو (SOLO) در آموزش شیمی به‌روش کاوشگری است تا چگونگی روابط متقابل استفاده از این روش در جهت افزایش درک مفهومی فراگیران را بیان کند.

**روش‌ها:** این پژوهش با رویکرد کیفی از نوع تحلیل محتوای قراردادی انجام شد. نمونه‌گیری از نوع هدفمند بود و تا اشباع کامل اطاعات ادامه یافت. داده‌ها از طریق مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با ده گروه از دانش‌آموزان (هر گروه سه دانش‌آموز) پایه اول در دبیرستان معرفت تهران پس از اتمام تدریس بخشی از شیمی به‌روش کاوشگری، جمع‌آوری شد. تحلیل داده‌ها به‌روش تحلیل محتوای قراردادی انجام شد و برای اعتباربخشی یافته‌ها از دو روش بررسی توسط مشارکت‌کنندگان و بررسی توسط همکاران استفاده شد.

**یافته‌ها:** یافته‌های حاصل از تحلیل مصاحبه‌ها نشان داد که حدود ۴۳ درصد دانش‌آموزان در سطح تک‌ساختاری و حدود ۵۷ درصد در سطوح بالاتر، چندساختاری رابطه‌ای و انتزاع تعمیم‌یافته، قرار دارند. دانش‌آموزان رشته علوم تجربی با ۶۰ درصد نسبت به دانش‌آموزان رشته ریاضی با ۵۳ درصد عملکرد بهتری نشان دادند. در بررسی پاسخ‌ها، نوع تفکر، راهبردها و اشتباهات مفهومی رایج نیز تحلیل شده است.

**نتیجه‌گیری:** مدل سولو به معلمان این امکان را می‌دهد که نتایج یادگیری را ارزیابی کنند و درک دانش‌آموزان را مورد بررسی قرار دهند. در جهت بهبود درک دانش‌آموزان از مفاهیم شیمی و افزایش مهارت‌های عملی آنان، پیشنهاد می‌شود معلمان از آموزش به‌روش کاوشگری که فرصتی فراهم می‌آورد تا درک مفهومی فراگیران در مباحث شیمی به‌طور مؤثری بهبود یابد، استفاده نمایند و این با نتایج پژوهش‌های قبلی هم‌سویی دارد؛ بدین ترتیب ایجاد سازوکار مناسب برای ترویج آموزش به‌روش کاوشگری می‌تواند برای برنامه‌ریزان و مؤلفان کتاب‌های درسی بسیار حائز اهمیت باشد.

**واژگان کلیدی:** درک مفهومی، سنجش، مدل سولو، کاوشگری، درس شیمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۳۰؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۸/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۵؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۱۰/۱  
استناد به این مقاله: کامیابی، شریف. (۱۴۰۳). سنجش سطح درک مفهومی فراگیران درس شیمی با مدل سولو در آموزش به  
روش کاوشگری. مطالعات بین رشته‌ای در آموزش. ۳(۴)، ص ۱۰۹-۱۲۶.

<https://doi.org/10.22034/ISE.2025.17452.1138>

## مقدمه

سامانه‌های آموزشی جهان در جهت رفع تقاضای بازار، نیاز به تکامل مستمر دارند؛ زیرا آموزش‌های سنتی آن‌گونه که انتظار می‌رود قادر به افزایش مهارت‌های سطح بالای تفکر نیستند. برخلاف گذشته که کشورهای پیشگام نوآورترین کشورها بودند، اکنون اقتصادهای نوظهور بیشتر مشتاق هستند تا مرزهای آموزش نوآورانه را جابه‌جا کنند. یکی از الگوهای اثربخش در حوزه آموزش شیمی، روش آموزش کاوشگری است. روشن‌فکری، بر تصورات خاص درباره یادگیری و یادگیرنده پایه‌گذاری می‌شود. در این رویکرد فراگیران علاوه بر دستیابی به حقایق علمی، نگرش و روش علمی را نیز می‌آموزند. به‌جای انگیزه‌های بیرونی بر انگیزه‌های درونی تأکید شده و تعامل بین فراگیران با یکدیگر و با معلم به‌صورت دوجانبه در جریان است. نتایج تحقیق خراسانی‌زاده و سوکی (۱۴۰۳) مؤید مؤثر بودن رویکرد ترکیبی آموزش در پیشرفت تحصیلی و افزایش رضایت دانشجویان از یادگیری است؛ همچنین توجه بیشتر به برنامه‌های آموزشی بر ارتقای سلامت معنوی و عمومی نوجوانان و افزایش عزت‌نفس آنان تأثیرگذار است (زارع جمال‌آبادی و افشانی، ۱۴۰۱).

یکی از راهبردهای یاددهی - یادگیری برای آموزش شیمی مبتنی بر کاوشگری که تفکر و یادگیری دانش‌آموزان را به چالش می‌کشد و با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است، پیشبرد روند تدریس در پنج گام یا مرحله است که به الگوی 5E معروف است. ستاری‌فر، قهرمانی و طهماسب‌زاده شیخ‌لار (۱۴۰۳) در مقاله‌ای در جهت شناسایی مؤلفه‌های برنامه درسی آموزش شیمی براساس رویکرد کاوشگری، ۴۰ مؤلفه کلیدی را در سه مقوله اصلی شامل ویژگی‌های یادگیرنده، یاددهنده و سازمانی استخراج کردند. نتایج نشان داد که انجام آزمایش‌ها، پژوهشگری فعال و تأمین امکانات و تجهیزات از مهم‌ترین عوامل این رویکرد هستند. مدل آموزشی 5E آموزش مبتنی بر پژوهش است و اهمیت یادگیری مشارکتی را نشان می‌دهد که در آن دانش‌آموزان باهم در گروه‌های کوچک برای حل مسئله کار

می‌کند؛ همچنین به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که از طریق حل مسائل واقعی و انجام تحقیقات مستقل، مفاهیم شیمی را به صورت عمیق درک کنند و توانایی‌های تفکری و تحلیلی خود را تقویت نمایند. مدل آموزشی 5E شامل پنج مرحله متوالی است و بابی<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) بر این باور است که معلمان در صورت لزوم به روش چرخه‌ای، این روش را تکرار می‌کنند. روش تدریس 5E یک مدل آموزشی مبتنی بر رویکرد ساخت‌گرایانه برای یادگیری است که می‌گوید یادگیرندگان مطالب جدید را به کمک مطالب قدیمی خود یاد می‌گیرند. علاوه بر آموزش، چارچوبی نیز برای کمک به جذاب‌تر و معنادارتر کردن ارائه‌ها برای مخاطبان ارائه می‌شود (Bybee, 2015).

روش یادگیری مشارکتی دانش‌آموزان، از این جهت مهم است که قدرت حل مسئله را به دانش‌آموزان می‌دهد و کمک می‌کند تا نحوه انجام کار گروهی و همکاری را فراگیرند. برخلاف شیوه آموزش سنتی که معلم به شکل یک طرفه کلاس را اداره می‌کرد، در یادگیری مشارکتی این دانش‌آموزان هستند که فرایند آموزش را پیش می‌برند و معلم نقش یک همراه و راهنما را برای بچه‌ها ایفا می‌کند. فورد و فورمن<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) استدلال می‌کنند که دانش‌آموزان درگیر فرایندی از گفتگو می‌شوند که آنها را تشویق می‌کند تا با همکاری، ایده‌ها و دیدگاه‌های مختلف را بسازند و نقد کنند و با این کار، آنها یاد می‌گیرند که چگونه به عنوان یک جامعه علمی عمل کنند. فورد و فورمن معتقدند که در صورت انجام گفتگوهای علمی مولد، این نوع تعامل ضروری است؛ علاوه بر این، این گفتمان است که به نوبه خود، از تغییر در درک مفهومی دانش‌آموزان و استدلال و عادات علمی آن پشتیبانی می‌کند.

ناداپداپ<sup>۳</sup> و دیگران (۲۰۲۳) در پژوهشی که به بررسی اثربخشی مدل یادگیری مشارکتی با استفاده از فن پدو اقامت دو بازدید<sup>۴</sup> در مقایسه با روش‌های سنتی آموزش در درس علوم طبیعی و اجتماعی برای دانش‌آموزان پایه پنجم پرداخته است، نشان دادند که گروهی که از فن دو اقامت دو بازدید استفاده کردند، در مقایسه با گروه کنترل که روش

1. Bybee
2. Ford & Forman
3. Nadapdap
4. Two Stay Two Stray - TSTS



تدریس سنتی را دنبال کردند، بهبود معناداری در نمرات پس‌آزمون داشتند. این یافته‌ها بیانگر اثربخشی بیشتر فن دو اقامت دو بازدید در ارتقای درک دانش‌آموزان از مفاهیم علمی نسبت به روش‌های مرسوم است. در روش یادگیری مشارکتی فراگیران به گروه‌های چندنفره تقسیم می‌شوند و برای رسیدن به یک هدف مشترک تلاش می‌کنند. این نوع از آموزش به دانش‌آموزان یاد می‌دهد که برای رسیدن به موفقیت باید باهم تلاش کنند و با تک‌روی یا توجه نکردن به کار تیمی، موفقیتی هم وجود نخواهد داشت.

این موضوع نه‌تنها مهارت کار گروهی و همدلی را در دانش‌آموزان تقویت می‌کند، بلکه آنها را برای درک مفاهیم عمیق‌تر آماده می‌کند. در فعالیتهای تعاملی و کاربردی مانند بحث‌های گروهی، حل مسئله و پروژه‌های عملی معلم به‌عنوان راهنما و تسهیلگر یادگیری عمل می‌کند و فضای کلاس را به محیطی فعال و مشارکتی تبدیل می‌کند و دانش‌آموزان به راحتی سؤال می‌کنند و از کشف و بیان ایده‌های جدید واهمه ندارند (Yaşar et al, 2024)، معلمان در نشان دادن چگونگی استفاده از زبان در گفتگو با یکدیگر برای ترویج تفکر و استدلال نقش مهمی بازی می‌کنند. آنها این کار را با الگوبرداری از نحوه بیان ایده‌ها، کمک گرفتن، رقابت با گزاره‌های مخالف و استدلال قاطعانه انجام می‌دهند. مرسر و لیتلتون<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) پیشنهاد کردند که وقتی معلمان از گفتگو برای سازمان‌دهی و پرورش یک گروه کوشگری در کلاس درس استفاده می‌کنند که در آن دانش‌آموزان تشویق می‌شوند تا نقش فعال و تأملی در درک خود داشته باشند، دانش‌آموزان نیز به‌نوبه خود واکنش نشان داده براساس آن کار می‌کنند. گفتمانی که برای ایجاد درک روشن‌تر از موضوع مورد بحث اتفاق می‌افتد تا در بحث‌های پایدار شرکت کنند و بتوانند ایده‌های خود را بیان کنند، درک خود از موضوع را به تفصیل بیان کنند و مشکلاتی را که ممکن است تجربه کنند به اشتراک بگذارند (Gillies, 2017). استدلال می‌شود که آموزش درباره نحوه تفکر و استدلال در علم بسیار مهم است تا فراگیران بیاموزند که روش‌های مختلفی برای استدلال در مورد پدیده‌های مورد بررسی وجود دارد (Getu et al, 2023).

ساختار سولو<sup>۱</sup> اولین بار توسط بیگز و کولیس<sup>۲</sup> در سال ۱۹۸۲ در کتاب خودشان با عنوان *ارزشیابی کیفیت آموزشی: طبقه‌بندی SOLO* (Hooks & Mills, 2011) ارائه شد که بر پایه نتایج آموزش علمی است. این طبقه‌بندی پیچیدگی مراحل درگیر در یادگیری را توصیف می‌کند (Hooks & Mills, 2012) و سطوحی را شامل می‌شود که از (۱) سطح درک پیش ساختاری تا (۵) سطح انتزاع تعمیم‌یافته را دربر می‌گیرد؛ یعنی دانش‌آموز قادر به انتقال و تعمیم درک به موضوعات دیگر، نقد، فرضیه و نظریه و نوعی بلوغ فکری خواهد بود. طبقه‌بندی سولو پیچیدگی مراحل یادگیری را توصیف می‌کند و شامل سطوح زیر است:

۱. پیش ساختاری<sup>۳</sup>: اطلاعات دانش‌آموز سطحی است و نمی‌تواند مسئله را درک کند و یا برداشت پراکنده و نادرستی از مسئله دارد؛ برای مثال، پاسخی که دانش‌آموز می‌دهد مربوط به مسئله نیست یا اطلاعات پراکنده‌ای دارد.

۲. تک‌ساختاری<sup>۴</sup>: درک دانش‌آموز از مسئله محدود است و تنها روی یک جنبه از مسئله تمرکز دارد؛ برای مثال، دانش‌آموز می‌تواند به یاد بیاورد و دستورالعمل‌های ساده را انجام دهد.

۳. چندساختاری<sup>۵</sup>: دانش‌آموز می‌تواند روابط پیچیده‌تری ایجاد کند و بیش از یک جنبه از مسئله را در نظر می‌گیرد؛ اما نمی‌تواند این جنبه‌ها را به یکدیگر ارتباط دهد؛ برای مثال، دانش‌آموز می‌تواند توصیف کند، طبقه‌بندی کند و روش‌ها را اجرا کند.

۴. رابطه‌ای<sup>۶</sup>: دانش‌آموز برای مسئله، رابطه، قاعده یا فرمول ارائه می‌دهد و تمام جنبه‌های مسئله را در ارتباط با پاسخ ارائه می‌دهد؛ برای مثال، دانش‌آموز می‌تواند مقایسه کند، تحلیل کند، ارتباط دهد و کاربرد و تأثیر آن را بیان کند.

۵. انتزاع تعمیم‌یافته<sup>۷</sup>: دانش‌آموز چیزهای جدیدی خلق می‌کند و فراتر از مسئله پیش

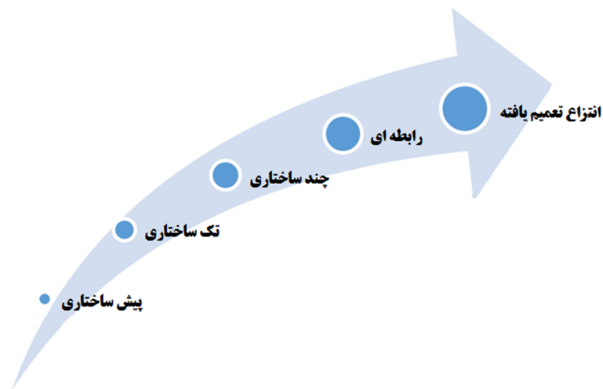
1. Structure of Observed Learning Outcomes (SOLO)
2. Biggs and Collis
3. Pre-structural
4. Unistructural
5. Multi-structural
6. Relational
7. Extended abstract.





می‌رود؛ برای مثال، دانش‌آموز قادر به انتقال و تعمیم درک مطلب به موضوعات دیگر، نقد، فرضیه و نظریه - نمونه‌ای از بلوغ فکری - است.

تمرکز این پژوهش بر چگونگی استفاده از طبقه‌بندی سولو به‌عنوان روشی برای سنجش پیچیدگی‌های مربوط به استدلال، حل مسئله و یادگیری دانش‌آموزان در حین کاوش شیمی است. تا با به‌کارگیری آموزش کاوشگری، معلمان و کارشناسان آموزش را در شناسایی فرصت‌های بالقوه این رویکرد در بهبود فرایند آموزشی آگاه سازد و همچنین چگونگی روابط متقابل استفاده از این رویکرد در جهت افزایش درک مفهومی فراگیران را بیان کند.



شکل شماره ۱: پنج سطح در طبقه‌بندی سولو

محوریت سولو بر این دیدگاه است که مراحل طبیعی در رشد یادگیری هر مهارت یا موضوع پیچیده، وجود دارد. این مراحل با مراحل رشدی پیاژه<sup>۱</sup> مشابه هستند؛ اما یکسان نیستند. برخلاف روش سنتی که مقدار آموختن را مورد توجه قرار می‌دهد، تجزیه و تحلیل سولو بر این تمرکز دارد که مطالب تا چه حد خوب آموخته شده‌اند (Biggs, 2003). قدرت سولو در این است که چارچوبی ارائه می‌دهد تا امکان ارائه تفسیری سازگار از ساختار و کیفیت پاسخ‌های تعداد زیادی از دانش‌آموزان را در محیط‌های گوناگون یادگیری در چندین حوزه موضوعی فراهم می‌کند.

## روش

پژوهش از نوع کیفی بود و با روش تحلیل محتوای قراردادی انجام شد. شرکت‌کنندگان که به شیوه هدفمند انتخاب شدند، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ده گروه از دانش‌آموزان (هر گروه سه دانش‌آموز) پس از اتمام تدریس بخشی از شیمی انجام شد. تمرکز مصاحبه‌ها بر سنجش میزان درک مفهومی دانش‌آموزان در مورد نیروهای بین‌مولکولی بود. مصاحبه‌ها براساس پنج سطح طبقه‌بندی ساختار نتایج یادگیری مشاهده شده سولو کدگذاری شدند. مصاحبه‌ها عبارت بودند از چند سؤال راه‌انداز مرتبط که در مورد درک مفهوم نیروهای بین‌مولکولی مطرح می‌شدند و سپس براساس پاسخ‌های هر شرکت‌کننده سؤالات عمیق‌تر پرسیده می‌شد تا دیدگاه و درک افراد در نیروی‌های بین‌مولکولی معلوم شود. اعتبار سؤالات پژوهش از طریق مطالعه ادبیات موجود در این زمینه و قضاوت کارشناسان حاصل شد (Goff et al, 2015). که از دید آنها ارتباط سؤالات با موضوع تحقیق مناسب تشخیص داده شد.

اعتبار پژوهش با روش بازآزمایی اعضا مورد بررسی قرار گرفت؛ بدین طریق که از ۵ نفر از مصاحبه‌شوندگان تقاضا شد تا نسبت به دریافت محقق از صحبت‌هایشان بازخورد ارائه دهند و نظرات خود را درباره مفاهیم و ابعاد مصاحبه بیان نمایند؛ همچنین پژوهشگران پس از تجزیه و تحلیل مصاحبه‌ها، یافته‌ها را در اختیار دو نفر از همکاران باتجربه در زمینه تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی قرار دادند؛ بدین ترتیب نظرات تخصصی همکاران متخصص دریافت و یافته‌های حاصل تأیید شد. برای افزایش پایایی پژوهش نیز از دو روش اجرای فرایند نظام‌مند ثبت، ضبط و نوشتن داده‌ها (ضبط صدا، پیاده‌سازی مصاحبه و نگارش داده‌های شفاهی) و نیز تحلیل روشمند داده‌ها و استخراج منطقی مقولات و مفاهیم انتزاعی کلان‌تر بر مبنای روش کدگذاری استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل و کدگذاری داده‌ها و سازمان‌دهی مفاهیم و مقوله‌ها از نرم‌افزار مکس.کیو.دی.ای<sup>۱</sup> نسخه ۲۰۲۰ استفاده گردید.



### یافته‌ها

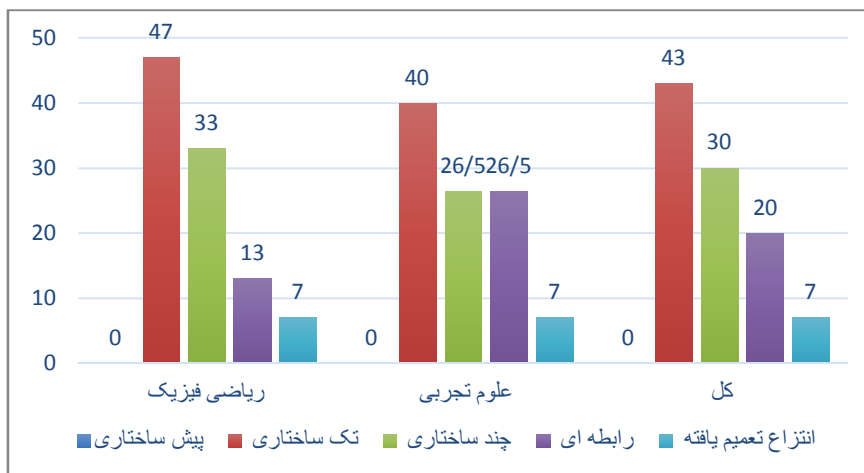
بخش نیروهای بین مولکولی از شیمی سال دهم و همچنین از کتاب آزمایشگاه علوم تجربی (۱) با استفاده از مدل یاددهی - یادگیری کاوشگری 5E تدریس شد. ۵ گروه دانش آموز رشته ریاضی فیزیک و ۵ گروه رشته علوم تجربی پایه دهم متوسطه دوم در این مطالعه مشارکت داشتند و همگی از دبیرستان پسرانه معرفت منطقه ۱۶ انتخاب شده بودند. پس از بررسی یافته‌ها و دسته‌بندی آنها، مصاحبه‌ها براساس پنج سطح طبقه‌بندی ساختار نتایج یادگیری مشاهده شده سولو کدگذاری شدند که نمونه‌هایی از آنها در جدول زیر مشاهده می‌شود.

جدول شماره ۱: طبقه‌بندی سولو و نمونه‌هایی از پنج سطح افزایش پیچیدگی به زبان دانش آموزان

سطح پیچیدگی در طبقه‌بندی سولو	نمونه سؤالات پرسیده شده و پاسخ‌های دانش آموزان
سطح ۱: سطح پیش‌ساختاری	پاسخ تک‌کلمه‌ای، بدون توضیح یا ارتباط با موضوع مورد بحث؛ همچنین ممکن است دانش آموز با کلماتی مانند «نمی‌دانم»، «نمی‌توانم» یا «گنگ است» نظر بدهد.
سطح ۲: سطح تک‌ساختاری	مصاحبه‌کننده: دوست دارید در مورد نیروهای بین مولکولی چه چیزی یاد بگیرید؟ از چه چیزی لذت می‌برید؟ دانش آموز: می‌خواهم بینم چطور ذره‌های مواد به هم نیرو وارد می‌کنند. دوست دارم آزمایش‌هایی را تجربه کنم. (سطح ۲: تک‌ساختاری) مصاحبه‌کننده: کدام آزمایش‌ها را دوست داشتید؟ دانش آموز: اوه! شبیه و شبیه‌تر (سطح ۲: تک‌ساختاری)
سطح ۳: سطح چندساختاری	مصاحبه‌کننده: چه نکته‌ای در رقابت آب و استون برای حل کردن نمک وجود دارد؟ ساده‌لوحانه است که بگوییم که بین آنها رقابت وجود دارد. نظر شما چیست؟ دانش آموز: وقتی اسم رقابت می‌گذارید در واقع مقایسه نیروها بین مولکولی را اندازه‌گیری می‌کنید. (سطح ۳: چندساختاری) دانش آموز: در رقابت برای حل کردن نمک آب برنده می‌شود؛ چون نیروی بین مولکولی استون کمتر است. (سطح ۳: چند ساختاری)
سطح ۴: رابطه‌ای	مصاحبه‌کننده: آهان! پس در مورد علت انحلال مواد مختلف در هم چه چیزی می‌توانید بگویید؟ دانش آموز: خوب، در مواد قطبی نیروهای بین مولکولی قوی‌تر است و در مواد ناقطبی ضعیف‌تر؛ بنابراین مواد قطبی، ترکیب‌های یونی را که نیروی بین ذره‌های آن قوی‌تر است در خود حل می‌کند و مواد ناقطبی آن را حل نمی‌کنند. (سطح ۴: رابطه‌ای) دانش آموز: اوه، آزمایش شبیه و شبیه‌تر را باهم، سه نفری انجام دادیم و دیدم

سطح پیچیدگی در طبقه‌بندی سولو	نمونه سؤالات پرسیده شده و پاسخ‌های دانش‌آموزان
	<p>که نیروی بین‌مولکولی آب و استون شبیه است؛ ولی بین آب و نمک شبیه‌تر است (سطح ۴: رابطه‌ای)</p>
سطح ۵: انتزاع تعمیم‌یافته	<p>مصاحبه‌کننده: هر چیزی دوست دارید بگویید. آه، البته اینجا چیزهایی نوشتید، تعجب می‌کنم! شما از این‌ها لذت می‌برید؟</p> <p>دانش‌آموز: خب اینها را نوشتم بینم می‌توانم در آزمایش شبیه و شبیه‌تر به‌جای معرف کریستال ویوله، چیز دیگری که در دسترس باشد استفاده کنم یا نه. اگر دوست دارید شما هم نظر بدهید. (سطح ۵: انتزاع تعمیم‌یافته)</p> <p>مصاحبه‌کننده: خب، فکر می‌کنید چه چیزی برای شما تغییر کرده است؟ چه چیز برایتان جالب است؟</p> <p>دانش‌آموز: من دوست داشتم بفهمم که چطور برای تمیز کردن برخی مواد به حلال‌های خاصی نیاز داریم. من نمی‌دانستم که نیروهای بین‌مولکولی در این مورد تعیین‌کننده هستند؛ به‌همین خاطر فکر می‌کنم که واقعاً جالب باشند.</p> <p>(سطح ۵: انتزاع تعمیم‌یافته)</p> <p>دانش‌آموز: دوست داشتم بفهمم چگونه دو مایع مختلف در دو فاز مختلف قرار می‌گیرند و باهم مخلوط نمی‌شوند. نمی‌دانستم که نیروهای بین‌مولکولی آنها باهم فرق دارند و این باعث جدایی آنها می‌شود؛ بنابراین فکر کردم که واقعاً خوب است. (سطح ۵: انتزاع تعمیم‌یافته)</p>

دانش‌آموزان براساس اینکه تا کدام سطوح از پرسش‌های مصاحبه‌کننده را پاسخ دادند، در آن سطح در آمارگیری در نظر گرفته شدند. نتایج در نمودار شماره ۱ جمع‌بندی شده است.



نمودار شماره ۱: نتایج تعیین سطح دانش‌آموزان پایه دهم براساس طبقه‌بندی سولو



داده‌ها نشان می‌دهد که به‌طور میانگین، ۴۳ درصد دانش‌آموزان پایهٔ دهم، ۴۰ درصد دانش‌آموزان علوم تجربی و ۴۷ درصد دانش‌آموزان ریاضی فیزیک دبیرستان معرفت، در سطح تک‌ساختاری قرار دارند و ۵۷ درصد از دانش‌آموزان به سطوح بالای سولو، یعنی سطوح چندساختاری، رابطه‌ای و انتزاع تعمیم‌یافته، دست‌یافته‌اند؛ البته دانش‌آموزان رشتهٔ علوم تجربی نسبت به دانش‌آموزان ریاضی فیزیک عملکرد بهتری داشتند و بیشتر به سطوح بالای سولو رسیده‌اند.

### بحث و نتیجه‌گیری

درگیر کردن دانش‌آموزان در فرایند آموزش باعث ایجاد انگیزه و تمرکز بر موضوع و موجب افزایش میزان یادگیری می‌شود. در روش آموزش مبتنی بر کاوشگری، با ایجاد فرصت در کاوش که شامل بحث و گفتگوهای مشترک با همسالان، طرح ایده‌های نو، اشتراک‌گذاری مباحث و... است، دانش‌آموزان همچون دانشمندان در معرض تجربه‌های دست‌اول قرار می‌گیرند تا به درک جدیدی برسند. شکی نیست که معلمان خوب از طریق نوآوری، دانش‌آموزان را با دقت در این مسیر راهنمایی می‌کنند تا به درک مسائل نائل آیند. در این مسیر، دانش‌آموزان مهارت‌ها و راهبردهای لازم را فراهم می‌آورد.

ارائهٔ بازخوردی که به دانش‌آموزان کمک کند تا بفهمند چه چیزی به‌دست آورده‌اند و نیاز به انجام دادن چه کارهایی دارند، مستلزم تحلیلی علمی متناسب با شرایط آموزش است. فرایندهای یادگیری پیچیده‌اند و بسیار به دانش قبلی، مرحلهٔ رشد و حافظهٔ فعال دانش‌آموز و همچنین راهبردهایی بستگی دارد که معلم برای آموزش مفاهیم مختلف استفاده می‌کند؛ یعنی راهبرد مناسب با تحلیل علمی که دانش‌آموزان از طریق آن احساس حمایت کنند؛ در این صورت درگیر یادگیری‌هایی می‌شوند که درک آنها را به چالش می‌کشد و انگیزه‌ای برای یادگیری می‌گردد.

طبقه‌بندی سولو می‌تواند به‌عنوان معیار مهم برای پیچیدگی ساختاری مرتبط با یادگیری استفاده شود و همچنین برای تحلیل اطلاعات در ارزشیابی تکوینی و پایانی درمورد پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در موضوعات مختلف مورد استفاده قرار گیرد. یافته‌های پژوهش براساس طبقه‌بندی سولو حاکی از آن است که پس از آموزش شیمی به‌روش

کاووشگری نتایج جالبی نسبت به پژوهش‌های قبلی به دست آمده است. همان‌طور که از نمودار شماره ۱ مشاهده می‌شود ۴۳ درصد از دانش‌آموزان در سطح تک‌ساختاری قرار دارند که این امر نشان‌دهنده این است که این دانش‌آموزان پاسخ‌های منطقی اما ساده و سطحی به سؤال‌های مصاحبه دادند و در درک عمیق و تحلیل مسائل ضعیف هستند. این نتیجه با نتایج پژوهش تقی‌پور، احمدی و ریحانی (۱۴۰۲) و حقجو و ریحانی (۱۳۹۸) همسو است. نتایج تحقیق آنها نشان داده بود که بیشتر دانش‌آموزان در سطح تک‌ساختاری قرار دارند.

داده‌های این پژوهش نشان می‌دهد که به دلیل استفاده از روش آموزش کاوشگری، دانش‌آموزان عملکرد بهتری داشته‌اند؛ زیرا ۵۷ درصد از دانش‌آموزان به سطوح بالاتر طبقه‌بندی یعنی سطح چندساختاری، رابطه‌ای و انتزاع تعمیم‌یافته، رسیده‌اند؛ در واقع، ۵۷ درصد از پاسخ‌ها نشان می‌دهد که آنها روابط بین نیروهای بین‌مولکولی را به خوبی درک کرده‌اند و یا قادر به درک و ارائه دیدگاه‌های مختلف در مورد پدیده‌ها هستند و می‌توانند درک خودشان را به سایر موضوعات تعمیم دهند؛ البته دانش‌آموزان رشته علوم تجربی با آمار ۶۰ درصد نسبت به دانش‌آموزان رشته ریاضی فیزیک با آمار ۵۳ درصد عملکرد بهتری نشان داده‌اند؛ ولی در سطح پنجم انتزاع تعمیم‌یافته هر دو رشته در یک رتبه قرار دارند.

تمرکز این پژوهش بر چگونگی استفاده از طبقه‌بندی نتایج یادگیری مشاهده شده، برای سنجش درک مفهومی دانش‌آموزان در استدلال، حل مسئله و یادگیری از فعالیت‌های درس شیمی بود که این مهم بیانگر این واقعیت است که آموزش کاوشگری اثر معناداری بر افزایش ادراک حل مسئله و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان داشته است. در تبیین اثربخشی بر درک مفهومی می‌توان گفت که دانش‌آموزانی که در این شیوه آموزشی مشارکت داشتند نسبت به دانش‌آموزانی که به شیوه سنتی آموزش دیده‌اند، یادگیری عمیق‌تری کسب کرده‌اند که این موضوع بر عملکرد تحصیلی حال و آینده آنها تأثیرگذار بوده است. این نتایج با نتایج پژوهش‌های محمودی و دیگران (۱۳۹۴) و همچنین (Abdisa & Getinet, 2012) همسو بوده و به عبارتی توانسته مؤلفه‌های ادراک و استدلال را در دانش‌آموزان تقویت کند. این پژوهش نشان می‌دهد که چگونه می‌توان از ساختار طبقه‌بندی نتایج یادگیری



مشاهده شده برای ارزیابی استدلال، حل مسئله و یادگیری دانش‌آموزان استفاده کرد. طبقه‌بندی نتایج یادگیری مشاهده شده پیچیدگی مراحل مربوط به یادگیری را توصیف و در پنج سطح دسته‌بندی می‌کند و به‌طورخاص، نظرات را به این نکته جلب می‌کند که چگونه می‌توان از طبقه‌بندی نتایج یادگیری مشاهده‌شده برای شناسایی پیچیدگی روزافزون در درک دانش‌آموزان، هنگام بحث در مورد تجربه‌های علوم کاوشگری استفاده کرد.

امید است این نتایج، دیدگاه جدیدی را برای متولیان آموزش به‌ویژه معلمان ارائه نماید که بتوانند با توجه به راهبردی آموزشی، جهت تعمق آموزش و تقویت یادگیری، زمینه‌ای را برای ترویج آموزش به‌روش کاوشگری در فضای آموزشی فراهم نمایند که در فرایندهای تعلیم و تربیت مؤثر گردد.

مشارکت نویسندگان

نویسنده به‌طور کامل در نگارش و وظایف مکلف در مقاله دخالت داشته است.

تشکر و قدردانی

لازم می‌دانیم از مدیریت محترم دبیرستان معرفت منطقه ۱۶ تهران درخصوص همراهی در انجام مراحل تحقیق تشکر و قدردانی نماییم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسنده بیان نشده است»

## منابع و مآخذ

- تقی‌پور، مینا؛ احمدی، فاطمه و ریحانی، ابراهیم. (۱۴۰۲). «بررسی ساختار نتایج یادگیری قابل مشاهده از مبحث فیزیک شناوری به کمک یک آزمون با استفاده از نظریه SOLO». *مطالعات آموزشی و آموزشگاهی*. ۱۲(۲): ۳۷۷-۴۰۸.
- حقجو، سعید و ریحانی، ابراهیم. (۱۳۹۸). «مطالعه عملکرد دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه در حل یک تکلیف توانایی فضایی با استفاده از نظریه SOLO». *فناوری آموزش*. ۱۳(۴): ۶۳۹-۶۵۳.
- خراسانی‌زاده، محمدحسین و سوکی، زهرا. (۱۴۰۳). «مقایسه تأثیر آموزش درسی پرستاری سلامت روان به روش مجازی ترکیبی بر فراگیری دانشجویان پرستاری: مطالعه‌ای نیمه‌تجربی». *افق توسعه آموزش پزشکی*. ۱۵(۲): ۴۹-۵۷.
- زارع جمال‌آبادی، محمود و افشانی، سیدعلیرضا. (۱۴۰۱). «الگوی ساختاری ارتباط بین سلامت معنوی و عزت نفس در دانشجویان دانشگاه فرهنگیان یزد و نقش میانجی سلامت عمومی». *تحقیقات سلامت جامعه*. ۱۱(۴): ۳۰۷-۳۱۷.
- ستاری‌فر، آرزو؛ قهرمانی، جعفر و طهماسب‌زاده شیخ‌لار، داود. (۱۴۰۳). «تبیین و شناسایی مؤلفه‌های برنامه درسی آموزش شیمی دوره دوم متوسطه براساس رویکرد کاوشگری (IBSE)». *راهبردهای آموزش در علوم پزشکی*. ۱۷(۲): ۱۵۹-۱۶۸.
- محمودی، مختار؛ عسگری، پروانه؛ بهرام‌نژاد، فاطمه؛ گلی طالب، محمد و رفیعی، فاطمه. (۱۳۹۴). «بررسی تأثیر آموزش به شیوه کاوشگری بر مهارت‌های عملکردی دانشجویان پرستاری در محیط‌های بالینی». *آموزش و اخلاق در پرستاری*. ۴(۳): ۲۷-۳۳.
- Abdisa, G. & Getinet, T. (2012). "The effect of guided discovery on students' Physics achievement". *Lat.Am. J. Phys.Educ.* 6(4): 530-537.
- Biggs, J. B. (2003). *Teaching for quality learning at university*. Maidenhead: Open University Press.
- Bybee, R. (2014). The BSCS 5 E instructional model: Personal reflections and contemporary implications *Science and Children*. 51(8): 10-13.
- Bybee, R. (2015). *The BSCS 5 E Instructional Model: Creating Teachable Moments*. Arlington: NSTA: National Science Teachers' Association Press.
- Forman, E. A. & Ford, M. (2013). "Authority and accountability in light of disciplinary practices in science". *I J of Education Research*. 64: 199-210.
- Getu, G.; T.; Mebrahitu, G. K. & Yohannes, G. (2024). "Effects of Context-Based Teaching Chemistry on Students' Achievement: A Systematic Review". *J Pijar MIPA*. 19(2): 190-197.





- Gillies, R. & Baffour, B. (2017). “The effects of teacher-introduced multimodal representations and discourse on students’ task engagement and scientific language during cooperative, inquiry-based science”. *Instructional Science*. 45(1): 493–513.
- Hooks, P. & Mills, J. (2011). *SOLO Taxonomy: A Guide for Schools Book 1*. Invercargill, NZ: Essential Resources Educational Publishers.
- Hooks, P. & Mills, J. (2012). *SOLO Taxonomy: Planning for Differentiation Book 2*. Invercargill, NZ: Essential Resources.
- Mercer, N. & Littleton, K. (2007). *Dialogue and the Development of Children’s Thinking: A Sociocultural Approach*. London: Routledge.
- Nadapdap, M. R.; Arini, N. W.; Putrini Mahadewi, L. P. (2023). “Two Stay Two Stray Model Providing Mind Mapping Influences on the Learning Outcomes of Grade V SD Students”. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 540: 324-331.
- Goff, L.; Potter, M. K.; Pierre, E.; Carey, T.; Gullage, A.; Kustra, E.; Lee, R.; Lopes, V.; Marshall, L.; Martin, L.; Raffoul, J.; Siddiqui, A. & Van Gaste, G. (2015). *Learning Outcomes Assessment A Practitioner’s Handbook*. Centre for Teaching and Learning Reports.
- Yaşar, M. D.; Erdoğan, M.; Batdı, V. & Cinkara, U. (2024). “Evaluation of cooperative learning in science education: A mixed-meta method study”. *Eur J Sci Math Ed*. 12(3): 411-427.

