

بررسی محتوای کتاب‌های درسی علوم تجربی در مبحث اصطکاک با کمک مدل ارزشیابی SOLO

زهرا زینلی^۱ و فاطمه احمدی^۲

پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۲۸

دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

چکیده

کتاب درسی به عنوان ماده آموزشی واحد در نظام آموزشی کشورمان حائز اهمیت است. یکی از مدل‌های کارآمد برای ارزیابی سطح سوالات مطرح شده در مواد آموزشی و تحلیل محتوای آن، مدل ارزشیابی SOLO است. هدف از این پژوهش بررسی محتوای کلیه کتاب‌های درسی علوم تجربی و فیزیک در مبحث اصطکاک با کمک مدل ارزشیابی SOLO است. روش این پژوهش توصیفی و مبتنی بر تحلیل محتوا با رویکرد کمی-کیفی است. از آنجا که مبحث اصطکاک تنها در کتاب‌های علوم تجربی پایه اول دبستان، ششم دبستان و نهم متوسطه اول و فیزیک پایه دوازدهم مطرح شده است، جامعه آماری این پژوهش شامل این کتاب‌ها است و نمونه آماری پژوهش با جامعه آماری برابر است. تحلیل داده‌ها نشان داد که اغلب سوالات مطرح شده در مبحث اصطکاک، در کتاب‌های درسی علوم تجربی، در سطح رابطه‌ای و انتزاع تعمیم‌یافته و در کتاب‌های درسی فیزیک، در سطح چندساختاری و رابطه‌ای قرار گرفته‌اند. بررسی محتوای این کتاب‌ها از نظر میزان انطباق با اصول انتخاب و سازماندهی محتوای کتاب نشان می‌دهد از میان سه اصل سازماندهی محتوا (توالی، تداوم و وحدت محتوا) اصل تداوم و وحدت تاحدود زیادی رعایت شده اما اصل توالی در چینش سوالات مبحث اصطکاک در متن کتاب فیزیک دوازدهم بخوبی رعایت نشده است.

واژگان کلیدی: تحلیل محتوا، کتاب‌های درسی علوم تجربی، اصطکاک، مدل ارزشیابی SOLO.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آموزش فیزیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.

^۲ گروه آموزش فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران، نویسنده مسئول، Fahmadi@sru.ac.ir

مقدمه

یادگیری ریشه رفتار و تغییرات ما انسان هاست. انسان بیشتر توانایی‌های خود را از طریق یادگیری به دست می‌آورد، از طریق یادگیری، رشد فکری پیدا می‌کند و توانایی‌های ذهنی‌اش فعلیت می‌یابد بنابراین چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که همه پیشرفت‌های بشر در نتیجه یادگیری به دست می‌آید (بیابانگرد، ۱۳۸۷). اگر یادگیری را هدف قرار دهیم، مهم‌ترین ابزار برای رسیدن به این هدف آموزش است. امروزه در اکثر جوامع توسعه‌یافته و در حال توسعه، آموزش، علی‌الخصوص آموزش علوم، یکی از مولفه‌های اصلی در ارتقا جامعه و از مهم‌ترین اهداف زیربنایی در توسعه پایدار به حساب می‌آید (تقی‌پور، ۱۳۹۹). در میان دروس علوم پایه، فیزیک از جمله دروس با اهمیت بالا در برنامه درسی متوسطه است چراکه فیزیک، علم شناخت طبیعت و در پی کشف قوانین آن است و یکی از اهداف اصلی آموزش علوم، علاقه‌مند کردن شاگردان به شناخت محیط زندگی خود و پژوهش در آن است (محبوبی، ۱۳۸۸).

از آنجا که نظام آموزشی فعلی کشور، یک نظام متمرکز و برنامه درسی آن منحصر به کتاب درسی است که در کل کشور استفاده می‌شود (مشایخ، ۱۳۷۵) و کتاب‌های درسی رسانه‌ای هستند که همه روزه معلمان و فراگیران از آن استفاده می‌کنند (آلتبچ، ۱۹۹۱، به نقل از نوریان، ۱۳۸۷). بنابراین ضروری است محتوای کتاب درسی به دقت بررسی شود چراکه اگر محتوا، روش و وسایل متناسب با اهداف آموزشی انتخاب و تنظیم نشوند، حتی اگر هدف‌های آموزشی، دقیق و خوب تنظیم شده باشند، فعالیت‌های آموزشی هرگز دانش‌آموزان را به آنچه که باید برسند، هدایت نخواهد کرد (نیک‌نفس و همکاران، ۱۳۹۲). تحلیل و مطالعه محتوای کتاب درسی علاوه بر اینکه به تصمیم‌سازان، دست‌اندرکاران و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا در هنگام تدوین کتاب درسی تصمیمات درستی بگیرند طوری که تا جای ممکن نواقص و کاستی‌ها به کمترین میزان برسد (مرادی ۱۳۸۸) همچنین می‌تواند به روشن شدن نقاط قوت و ضعف احتمالی کتاب‌های درسی کمک کند و برای اصلاح و تغییر احتمالی محتوا، متناسب با اهداف تعیین شده و اصول علمی پیشنهاداتی ارائه کند و از ایجاد بدفهمی‌های جدید جلوگیری کند.

محتوای برنامه درسی به هر شکل که ارایه گردد باید در سازماندهی آن اصولی به کار گرفته شوند تا برنامه ای هماهنگ فراهم آید (موسی‌پور، ۱۳۸۲) این اصول کلی عبارتند از: الف) توالی محتوا: عبارت است از نظم زمانی که طی آن تجربیات آموزشی ارایه می‌شود و به این پرسش مربوط می‌شود که در تجربیات یادگیری تدوین شده و مشخص، کدام محتوای یادگیری باید در پی کدام محتوا بیاید (میرزاییگی، ۱۳۸۰). ب) تداوم محتوا: تداوم به توالی کاملاً ارتباط دارد و چگونگی ارائه فعالیت‌های یادگیری را در طول دوره تحصیل تعیین می‌کند، منظور از مداومت تکرار عناصر اصلی برنامه درسی از لحاظ عمودی است (موسی‌پور، ۱۳۸۲). ج) وحدت محتوا: معیار وحدت یا یگانگی به ارتباط افقی فعالیت‌های برنامه درسی اطلاق می‌شود. سازماندهی این فعالیت‌ها و تجارب باید چنان باشد که به دانش‌آموز کمک کند تا نظری متشکل و هماهنگ پیدا کند (تقی‌پورظهیر، ۱۳۸۱). بنابراین برای مطالعه محتوای یک درس بصورت کلی، می‌توان سه اصل فوق را در آن بررسی و تحلیل کرد. با وجود اهمیت درس فیزیک، متأسفانه دانش‌آموزان آن را درسی خسته‌کننده، بی‌ربط، دشوار و غیرقابل استفاده در جهان واقعی می‌دانند و این موضوع آموزش فیزیک را به چالشی بزرگ برای دبیران فیزیک تبدیل کرده است (محبوبی، ۱۳۸۸). بنابراین لازم است به این درس بیش از پیش پرداخته شود و روی مباحث چالش برانگیز آن تحلیل و بررسی‌های بیشتری انجام شود. یکی از مواردی که دانش‌آموزان را در درس فیزیک با چالش روبرو میکند، نامتناسب بودن سطح سوالات مطرح شده در کتاب و محتوای ارائه شده در آن است بنابراین می‌توان با بررسی و تحلیل محتوای کتاب‌های درسی همچنین با کمک گرفتن از شیوه‌های ارزشیابی، سطوح سوالات کتاب در مبحث مورد نظر را سنجید و تناسب آن را با مطالب ارائه شده در آن مبحث خاص مورد بررسی قرار داد.

برای تعیین سطوح یادگیری و ارزشیابی، شیوه های مختلفی وجود دارد که از میان آنها می توان به طبقه بندی BLOOM، مدل APOS و مدل SOLO اشاره کرد (تقی پور، ۱۳۹۹). از آنجا که ارتقای کیفیت آموزشی در گرو استفاده از دانش جدید میسر می شود و متخصصان معتقدند اصلاحات آموزشی باید با دید وسیع و بینش عمیق و مبتنی بر آخرین روش های آموزشی و فنی و پیشرفت های تحقیقاتی انجام گیرد (یوسفی نژاد، ۱۳۹۷)، بنابراین در این پژوهش برای تعیین سطح سوالات مطرح شده در کتاب از مدل SOLO استفاده می کنیم.

از میان موضوعات مختلف درس فیزیک، اصطکاک، مبحثی است که دانش آموزان در آن دچار بدفهمی زیادی می شوند (زمانی، ۱۳۹۴) بنابراین در این پژوهش قصد داریم در ابتدا تمامی مطالب و سوالات موجود در کتاب های درسی علوم تجربی پایه اول تا نهم و همچنین فیزیک پایه دهم تا دوازدهم را به کمک روش SOLO که یکی از روش های نوین و کاربردی ارزشیابی است تحلیل و بررسی کنیم و سطح سوالات موجود در کتاب های در مبحث اصطکاک را سنجیده و تناسب آن با مطالب ارائه شده در کتاب ها را مورد بررسی قرار دهیم سپس محتوای مطالب بیان شده در کتاب های مورد مطالعه را در مبحث اصطکاک از منظر سه اصول سازماندهی محتوا (توالی، تداوم و وحدت محتوا) سنجیده و برای بهبود تدریس مبحث اصطکاک پیشنهادهای ارائه می دهیم. در این مطالعه به دنبال پاسخ به این سؤالات هستیم:

چگونه با استفاده از رهیافت SOLO، سوالات مطرح شده در کتاب های درسی علوم تجربی (و فیزیک) در مبحث اصطکاک، طبقه بندی، تحلیل و تفسیر می شوند؟

طبق طبقه بندی رهیافت SOLO، سوالات مطرح شده مبحث اصطکاک در کتاب های علوم تجربی (و فیزیک)، در چه سطوحی قرار می گیرند؟

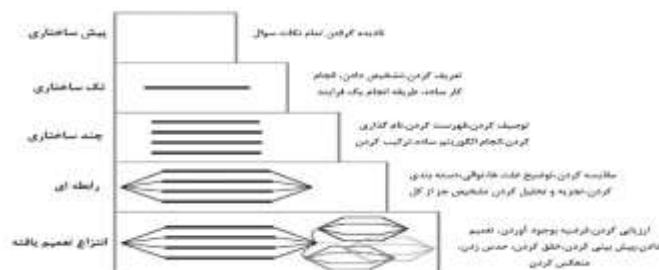
تا چه میزان محتوای ارائه شده مبحث اصطکاک در کتاب های علوم تجربی (و فیزیک)، متناسب با سطح سوالات مطرح شده در این کتاب ها است؟

در جریان سازماندهی محتوای علوم تجربی (و فیزیک) در مبحث اصطکاک، تا چه میزان اصول کلی تنظیم محتوا (ملاک های توالی، تداوم، وحدت) رعایت شده است؟

معرفی رهیافت SOLO

کلمه SOLO مخفف عبارت Structure of Observed Learning Outcome است که ما آن را نتایج یادگیری قابل مشاهده یا ساختار نتایج مشهود تعریف می کنیم. طبقه بندی SOLO یکی از کاربردی ترین نظریه ها است که در زمره چارچوب های عمومی و موضعی رشد شناختی قرار می گیرد (ریحانی، حق جو ۱۳۹۸). اهمیت این نظریه در این است که می تواند در همه مقاطع و سنین، درک و فهم دانش آموزان از یک موضوع را مورد ارزیابی قرار دهد اما برتری مهم آن اینست که برخلاف روش های سنتی پیشین که "چه مقدار آموختن" را مورد توجه قرار می دهد این تجزیه و تحلیل بر این تمرکز دارد که مطالب "تا چه حد خوب" آموخته شده اند (پگگ^۱، ۱۹۹۲).

چارچوب پیشنهادی مدل SOLO را در شکل زیر مشاهده می کنید:



شکل ۱. طرحواره سطوح رهیافت SOLO به همراه ویژگی های کلیدی هر سطح (براون^۲ و همکاران، ۲۰۱۰)

^۱ Pegg

^۲ Brown

همانطور که در شکل فوق مشاهده شد، ۵ سطح مختلف برای مدل SOLO تعریف می‌شود که هر یک از این سطوح را به اختصار در ذیل شرح می‌دهیم:

سطح پیش ساختاری (Prestructural)

در این سطح فراگیر درکی از سوال ندارد با این وجود ممکن است از اطلاعات مسئله یا اطلاعات بی‌ربط برای پنهان کردن ناتوانی خود در پاسخ دادن استفاده کند (پاتری^۱ و همکاران، ۲۰۱۷).

سطح تک ساختاری (Unistructural)

در این سطح فراگیر می‌تواند تنها یک جنبه از سوال را درک کند و روی آن جنبه تمرکز کرده و برای ساخت پاسخ (با تمرکز بر همان جنبه) تلاش کند (همان). از ویژگی‌های کلیدی این سطح که برای شناسایی مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از؛ تعریف کردن، تشخیص دادن، انجام کار ساده، طریقه انجام یک فرایند (بیگز^۲ و کولیس^۳، ۱۹۹۱).

سطح چند ساختاری (Multistructural)

در این سطح فراگیر می‌تواند چندین جنبه‌ی مختلف سوال را در نظر بگیرد اما این ابعاد از هم مستقل هستند و فراگیر نمی‌تواند بین آنها ارتباطی برقرار کند. (پاتری و همکاران، ۲۰۱۷). از ویژگی‌های کلیدی این سطح که برای شناسایی مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از؛ توصیف کردن، فهرست کردن، انجام الگوریتم ساده، ترکیب کردن (بیگز و کولیس، ۱۹۹۱).

سطح رابطه ای (Relational)

در این سطح فراگیر علاوه بر درک جنبه‌های مختلف یک مسئله، می‌تواند بین آنها ارتباط برقرار کند و یک جواب معتبر بسازد (پاتری و همکاران، ۲۰۱۷). ویژگی‌های کلیدی این سطح عبارتند از؛ مقایسه کردن، توضیح دادن علت‌ها، توالی، دسته‌بندی کردن، تجزیه و تحلیل کردن، تشخیص جز از کل، گزارش دادن، یافتن تناسب و هماهنگی، به کار بردن (اعمال کردن)، فرمول-بندی سوالات (بیگز و کولیس، ۱۹۹۱).

سطح انتزاع تعمیم یافته (Extended Abstract)

این سطح بالاترین سطح در این طبقه‌بندی است. در این سطح فراگیر قادر به روبرو شدن با اطلاعات فرضی مسئله است همچنین فراگیر در این سطح می‌تواند با ترکیب جنبه‌های مختلف مسئله، پاسخی واحد در موقعیتی جدید بسازد (پاتری و همکاران، ۲۰۱۷). ویژگی‌های کلیدی این سطح عبارتند از؛ ارزیابی کردن، فرضیه بوجود آوردن، تعمیم دادن، پیش‌بینی کردن، خلق کردن، حدس زدن، منعکس کردن (بیگز و کولیس، ۱۹۹۱).

روش تحقیق

این پژوهش به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ روش، توصیفی است. در این پژوهش کلیه کتاب‌های علوم تجربی پایه‌های اول دبستان تا نهم متوسطه اول و فیزیک پایه دهم تا دوازدهم دوره دوم متوسطه بطور کامل بررسی شد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که در کتاب‌های علوم تجربی پایه اول دبستان، ششم دبستان، نهم متوسطه اول و فیزیک دوازدهم متوسطه دوم به مبحث اصطکاک پرداخته شده است بنابراین جامعه آماری این پژوهش شامل همین چهار کتاب می‌باشد و نمونه آماری نیز با جامعه آماری برابر است. پرسش‌های مطرح شده در این کتاب‌ها بطور کامل بررسی شده و با مطالعه کتاب راهنمای معلم، پاسخ‌های احتمالی درست هر سوال نوشته شد سپس اعتبار سنجی پاسخ‌های احتمالی و تناسب راه‌حل‌های نوشته شده با سطح علمی دانش-آموزان، بوسیله چند معلم با تجربه مورد بررسی، اصلاح و تایید قرار گرفت. برای این اساس، سوالات مبحث اصطکاک در کتاب‌های مورد مطالعه، در ۵ سطح مختلف رهیافت SOLO دسته‌بندی شده‌اند که خلاصه آن‌را می‌توان در سه جدول در ادامه پژوهش مشاهده کرد در ادامه با بررسی مطالب ذکر شده در مبحث اصطکاک در این کتاب‌ها و سطوح سوالات مطرح شده تناسب میان

^۱ Putri

^۲ Biggs

^۳ Collis

مطالب و سوالات سنجیده شد همچنین محتوای مبحث اصطکاک کتاب های علوم تجربی و فیزیک از منظر سه اصل اساسی سازماندهی محتوا (توالی، تداوم و وحدت)، به کمک اساتید آموزش فیزیک و معلمان مجرب مورد بررسی قرار گرفت.

یافته های پژوهش

سوالات مورد مطالعه در دو بخش: ۱- سوالات مبحث اصطکاک در کتاب های علوم تجربی پایه اول تا نهم و ۲- سوالات مبحث اصطکاک در کتاب های فیزیک پایه دهم تا دوازدهم بررسی می شود، اما بعلاوه زیاد بودن تعداد سوالات، تنها به نگارش تحلیل اختصاصی یک سوال از هر سطح SOLO کفایت شده است و نهایتاً در انتهای هر بخش در یک جدول، تمامی سوالات مورد بررسی از منظر رهیافت SOLO طبقه بندی و ارائه می شود. براین اساس در هر بخش ابتدا تحلیل سوالات نمونه را در ۴ بخش: ۱-۱ سطح تک ساختاری، ۲-۱ سطح چند ساختاری، ۳-۱ سطح رابطه ای، ۴-۱ سطح انتزاع تعمیم یافته بررسی می کنیم سپس شمای کلی سطوح سوالات را در جداول ارائه شده مشاهده خواهیم کرد.

۱- سوالات مبحث اصطکاک در کتاب های علوم تجربی پایه اول تا نهم

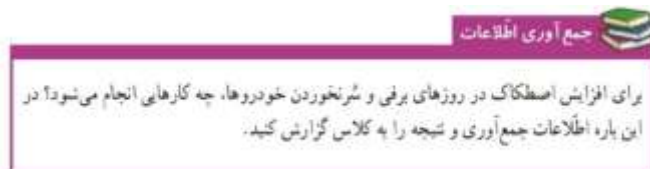
۱-۱ سطح تک ساختاری



شکل ۲. پایه اول دبستان، درس دوازدهم: از خانه تا مدرسه، علم وزندگی، صفحه ۸۴

با مراجعه به کتاب راهنمای معلم و مصاحبه با دبیران مجرب پایه اول دبستان، برای پاسخ به این سوال از فراگیران انتظار می رود که تشخیص دهند حرکت روی برخی از سطوح مشکل تر و روی برخی از آن ها ساده تر است همچنین تجارب خود را از حرکت روی زمین برفی یا یخ توصیف کنند و برای ایمنی بیشتر راهکار ارائه دهند بنابراین با توجه به اینکه این سوال برای دانش آموزان پایه اول دبستان و تنها برای مرور تجربیات ایشان در این زمینه و تشخیص سختی یا آسانی حرکت روی سطوح مختلف طراحی شده است، می توان نتیجه گرفت که سوال در سطح تک ساختاری قرار دارد.

۲-۱ سطح چند ساختاری



شکل ۳. پایه ششم دبستان، درس هفتم: ورزش و نیرو، ۲، جمع آوری اطلاعات، صفحه ۵۳

این سوال شباهت زیادی به سوال سطح تک ساختاری دارد با این تفاوت که در پایه ششم مطرح شده و در اینجا اصطکاک به عنوان علت سر نخوردن خودرو مطرح شده است و با توجه به کتاب راهنمای معلم و مصاحبه با دبیران مجرب پایه ششم دبستان، برای پاسخ به این سوال از فراگیران انتظار می رود که توضیح دهند که حرکت خودروها در روزهای برفی مشکل تر است و برای جلوگیری از سر خوردن آنها باید اصطکاک به نحوی افزایش داده شود سپس دانش آموزان باید به مسائل مختلفی که روی اصطکاک تاثیر گذار است بیندیشند و ابعاد مختلفی را در نظر بگیرند و نهایتاً راهکارهای مختلف که باعث افزایش اصطکاک می شود را فهرست کنند بنابراین می توان نتیجه گرفت که این سوال در سطح چند ساختاری قرار دارد.

۳-۱ سطح رابطه ای



شکل ۳. پایه ششم دبستان، درس هفتم: ورزش و نیرو، ۲، آزمایش کنید، صفحه ۵۴

در این سوال دانش آموزان باید دو حالت مختلف حرکت کتاب روی سطح میز و حرکت کتاب روی چند مداد را مشاهده و به دقت تجزیه و تحلیل کنند سپس عوامل مختلف تاثیر گذار در کشیدگی کش و یا عوامل تاثیر گذار در حرکت کتاب روی سطح میز را در نظر گرفته و بین این عوامل و مشاهدات خود و دانش قبلی خود در خصوص اصطکاک ارتباط برقرار کنند و ارتباط استفاده از مدادها با میزان کشیدگی کش را متوجه شوند و در نهایت با گزارشی از این موارد، علت این اتفاق (کم شدن اصطکاک بخاطر استفاده از مدادها و کم تر شدن کشیدگی کش) را توضیح دهند بنابراین می توان گفت این سوال در سطح رابطه ای قرار دارد.

۴_۱ سطح انتزاع تعمیم یافته

فعالیت
 آزمایش طراحی کنید که با آن بتوانید:
 الف) نیروی اصطکاک وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب مکعبی در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید. ب) نشان دهید که نیروی اصطکاک جنبشی به طور محسوس به مساحت سطح تماس دو جسم بستگی ندارد. ب) نشان دهید که هر چه جسم سنگین تر شود (با قرار دادن اجسام دیگر روی مکعب) نیروی اصطکاک جنبشی نیز افزایش می یابد.

شکل ۴. پایه نهم متوسطه اول، فصل پنجم: نیرو، فعالیت، صفحه ۶۲

در این سوال ابتدا دانش آموزان باید ارزیابی کنند که در چه موقعیتی و با چه وسایلی می توانند این آزمایشها را خلق کنند و آنچه مدنظر سوال است را اندازه گیری کنند بنابراین دانش آموزان برای این سوال باید حدس بزنند و در موقعیتی که اطلاعات زیادی وجود ندارد خودشان به خلق داده و اطلاعات پردازند و فرضیه ها را بیازمایند و دانش پیشین خود را در موقعیتی جدید بکار ببرند بنابراین می توان نتیجه گرفت این سوال در سطح انتزاع تعمیم یافته قرار دارد.

نتایج تحلیل ۱۶ سوال مطرح شده در مبحث اصطکاک در پایه های اول، ششم و نهم در جدول ذیل قابل مشاهده است:

جدول ۱. طبقه بندی سوالات مبحث اصطکاک در کتاب های علوم تجربی به کمک مدل SOLO

سطوح مدل SOLO					سوالات		
انتزاع تعمیم یافته	رابطه ای	چند ساختاری	تک ساختاری	پیش ساختاری	مشخصات سوال	تعداد	پایه تحصیلی
			☒		علم وزندگی صفحه ۸۴	۳	اول دبستان
	☒				آزمایش کنید صفحه ۸۵		
☒					آزمایش کنید صفحه ۸۶		
	☒				آزمایش کنید صفحه ۵۲	۸	ششم دبستان
	☒				فکر کنید صفحه ۵۳		
☒					فکر کنید صفحه ۵۳		
☒					شگفتی های آفرینش صفحه ۵۳		
	☒				گفت و گو کنید صفحه ۵۳		
		☒			جمع آوری اطلاعات صفحه ۵۳		
	☒				آزمایش کنید صفحه ۵۴		
☒					فکر کنید صفحه ۵۴		
☒					فعالیت (الف) صفحه ۶۲	۵	نهم متوسطه اول
☒					فعالیت (ب) صفحه ۶۲		
☒					فعالیت (ج) صفحه ۶۲		

					جمع آوری اطلاعات (الف) صفحه		
	⊗				۶۲		
					جمع آوری اطلاعات (ب) صفحه		
⊗					۶۲		

۲- سوالات مبحث اصطکاک در کتاب های فیزیک پایه دهم تا دوازدهم

با بررسی تمامی کتاب های فیزیک پایه دهم تا دوازدهم متوسطه دوم، مبحث اصطکاک تنها در پایه دوازدهم مشاهده شد که بطور مفصل در فصل دوم کتاب به آن پرداخته شده است. در این پژوهش تمامی سوالات مطرح شده در این فصل مورد بررسی می گیرد و برای سهولت کار، این سوالات در دو بخش ۱-۲ سوالات مبحث اصطکاک در متن کتاب فیزیک دوازدهم و ۲-۲ سوالات مبحث اصطکاک در تمرینات پایان فصل فیزیک دوازدهم تقسیم شده است.

۲-۱ سوالات مبحث اصطکاک در متن کتاب فیزیک دوازدهم

۲-۱-۱ سطح تک ساختاری

تمرین ۲-۴

اگر در شکل ۱۲-۲، جرم جسم $4/0 \text{ kg}$ و بزرگی نیروها $F_1 = 4/0 \text{ N}$ و $F_2 = 16/0 \text{ N}$ باشد، (الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟ (ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.

شکل ۵. فیزیک دوازدهم، فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره ای، تمرین ۲-۴ قسمت الف، صفحه ۴۱

در این سوال ابتدا دانش آموزان باید شکل ۱۲-۲ صفحه ۴۰ کتاب را بررسی کنند در این تصویر جسمی 4 کیلوگرمی سه مرتبه با سه نیروی متفاوت (4 نیوتونی، 8 نیوتونی و 12 نیوتونی) بصورت افقی کشیده می شود و جسم همچنان ساکن می ماند اما در مرتبه سوم با وجود اینکه جسم ساکن است، در آستانه حرکت قرار می گیرد حال به تمرین ۲-۴ برمیگردیم؛ در قسمت الف سوال از دانش آموزان می خواهد اندازه نیروی اصطکاک ایستایی را در هر سه مرتبه تعیین کنند. برای حل این سوال کافی است دانش آموزان تنها این نکته که "برای یک جسم ساکن نیروی اصطکاک ایستایی برابر است با نیروی وارد شده بر آن" استفاده کنند و تشخیص دهند که اصطکاک ایستایی در حالت اول 4 نیوتون، در حالت دوم 8 نیوتون و در حالت سوم 12 نیوتون و بیشینه مقدار خود است چون جسم در آستانه لغزش قرار گرفته است، بنابراین می توان نتیجه گرفت این سوال در سطح تک ساختاری قرار دارد.

۲-۱-۲ سطح چند ساختاری

تمرین ۲-۴

اگر در شکل ۱۲-۲، جرم جسم $4/0 \text{ kg}$ و بزرگی نیروها $F_1 = 4/0 \text{ N}$ و $F_2 = 16/0 \text{ N}$ باشد، (الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟ (ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.

شکل ۶. فیزیک دوازدهم، فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره ای، تمرین ۲-۴ قسمت ب، صفحه ۴۱

برای حل این سوال دانش آموزان باید چند نکته را در نظر بگیرند:

هنگامی که جسم ساکن باشد، نیروی اصطکاک ایستایی برابر است با نیروی وارد شده بر آن.

هنگامی که جسم در آستانه حرکت قرار می گیرد، اصطکاک ایستایی بیشینه مقدار خود را دارد.

اصطکاک ایستایی بیشینه از رابطه $F_s \max = \mu_s N$ بدست می آید که μ_s ضریب اصطکاک ایستایی و N نیروی عمودی تکیه گاه است.

در راستای عمودی دو نیروی وزن و نیروی عمودی تکیه گاه بر جسم وارد می شوند و در راستای افقی هم دو نیروی دست و نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه.

چون در راستای عمودی و افقی حرکت نداریم بنابراین نیروها در این راستا متوازن اند و نیوتون $12 = F_s \max$ و N

$$mg = 40$$

با در نظر گرفتن نکات فوق و جایگزاری مقادیر $F_s \max$ و N میتوانیم μ_s را بدست آوریم. از آنجایی که حل این سوال نیازمند در نظر گرفتن نکات و ابعاد مختلف سوال است و بعد از این کار با انجام یک الگوریتم ساده به جواب مسئله می‌رسیم بنابراین این سوال در سطح چندساختاری قرار دارد.

۳-۱-۲ سطح رابطه ای



شکل ۷. فیزیک دوازدهم، فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای، تمرین ۲-۱۰، صفحه ۵۳

با توجه به راه حل این تمرین در کتاب راهنمای معلم فیزیک دوازدهم که در شکل زیر مشاهده می‌کنیم:

پاسخ تمرین ۲-۱۰

هدف از این تمرین ارائه یک مثال کاربردی در دور زدن خودروها در بیج‌های مسطح و افقی یا میدان‌های درون شهری است. در این نوع مثال‌ها نیروی مرکزگرا را نیروی اصطکاک ایستایی بین لاستیک‌ها و جاده که عمود بر راستای حرکت است، تأمین می‌کند. اگر این نیرو که باعث شتاب مرکزگرا می‌شود به‌طور ناگهانی از بین برود، خودرو در امتداد خط مماس بر حرکت دایره‌ای به پیش می‌رود و از مرکز میدان دور می‌شود.
پاسخ: در حالت کلی:

$$F_{net} = ma \rightarrow f_s = m \frac{v^2}{r}$$

برای حالتی که f_s بیشینه است و خودرو با تندی حداکثر می‌تواند حرکت کند:

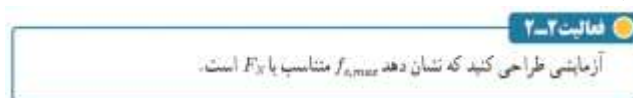
$$f_{s, \max} = m \frac{v_{\max}^2}{r}, f_{s, \max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

$$\mu_s mg = m \frac{v_{\max}^2}{r} \rightarrow v_{\max} = \sqrt{\mu_s rg} = \sqrt{(0.1)(50/0.7)(9.8 \text{ m/s}^2)} = 1 \sqrt{5} \text{ m/s} = 22 \text{ m/s} = 81 \text{ km/h}$$

شکل ۸. راهنمای معلم فیزیک دوازدهم، پاسخ تمرین ۲-۱۰، صفحه ۹۶

دانش‌آموزان برای حل این سوال باید راجع به چندین موضوع شامل، اصطکاک، حرکت دایره‌ای، نیروی مرکزگرا، رسم نیروها و ... اطلاعات کامل داشته باشند، علاوه بر در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف سوال و دانششان، باید بتوانند بخوبی آن‌ها باهم ترکیب کنند تا به یک جواب واحد که مدنظر سوال است برسند، بنابراین این سوال در سطح رابطه‌ای قرار می‌گیرد.

۴-۱-۲ سطح انتزاع تعمیم یافته



شکل ۹. فیزیک دوازدهم، فصل دوم: دینامیک و حرکت دایره‌ای، فعالیت ۲-۲، صفحه ۴۲

در این سوال ابتدا دانش‌آموزان باید ارزیابی کنند که در چه موقعیتی و با چه وسایلی می‌توانند این آزمایش‌ها را خلق کنند و آنچه مدنظر سوال را اندازه‌گیری کنند. بنابراین دانش‌آموزان برای این سوال باید حدس بزنند و در موقعیتی که اطلاعات زیادی وجود ندارد خودشان به خلق داده و اطلاعات بپردازند و فرضیه‌ها را بیازمایند و دانش پیشین خود را در موقعیتی جدید بکار ببرند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این سوال در سطح انتزاع تعمیم یافته قرار دارد.

در این بخش در مجموع ۱۶ سوال مطرح شده‌است که نتایج بررسی و تحلیل و طبقه‌بندی سوالات این قسمت در جدول زیر قابل مشاهده است:

جدول ۲. طبقه بندی سوالات اصطکاک در متن کتاب فیزیک پایه دوازدهم به کمک مدل SOLO

سطوح مدل SOLO					سوالات		
انتزاع تعمیم یافته	رابطه ای	چند ساختاری	تک ساختاری	پیش ساختاری	مشخصات سوال	تعداد	پایه تحصیلی
	⊗				پرسش ۷-۲ (الف) صفحه ۴۰	۱۶	تمرینات مرتبط با اصطکاک متن فصل دوم فیزیک دوازدهم
	⊗				پرسش ۷-۲ (ب) صفحه ۴۰		
			⊗		تمرین ۴-۲ (الف) صفحه ۴۱		
		⊗			تمرین ۴-۲ (ب) صفحه ۴۱		
⊗					فعالیت ۲-۲ صفحه ۴۲		
					فعالیت ۳-۲ (الف) صفحه ۴۲		
⊗					فعالیت ۳-۲ (ب) صفحه ۴۲		
⊗	⊗				مثال ۷-۲ (الف) صفحه ۴۲		
	⊗				مثال ۷-۲ (ب) صفحه ۴۲		
	⊗				تمرین ۵-۲ صفحه ۴۳		
	⊗				مثال ۹-۲ (الف) صفحه ۴۴		
	⊗				مثال ۹-۲ (ب) صفحه ۴۴		
	⊗				مثال ۹-۲ (پ) صفحه ۴۴		
	⊗				مثال ۱۰-۲ (الف) صفحه ۴۵		
		⊗			مثال ۱۰-۲ (ب) صفحه ۴۵		
	⊗				تمرین ۱۰-۲ صفحه ۵۳		

۲-۲ سوالات مبحث اصطکاک در تمرینات پایان فصل فیزیک دوازدهم

۲-۲-۱ سطح تک ساختاری

۱. سیبی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می شود.
الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جداسدن از درخت نشان دهید. ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می شود؟

شکل ۱۰. فیزیک دوازدهم، تمرینات پایان فصل دوم، سوال ۱ قسمت ب، صفحه ۵۷

برای حل قسمت ب سوال ۱، دانش آموزان تنها باید به این نکته توجه کنند که "وقتی از طرف جسم A به جسم B نیرو وارد میشود، واکنش این نیرو نیرویی است به همان اندازه و خلاف جهت نیروی اولیه که این بار از جسم B به جسم A وارد می شود" برای مثال یکی از نیروهایی که در قسمت الف وجود دارد نیروی جاذبه ای است که از طرف زمین به سیب وارد می شود و جهت آن هم رو به زمین است، با در نظر گرفتن نکته ذکر شده، واکنش این نیرو از طرف سیب به زمین وارد می شود و جهت آن به

طرف سیب است. به همین ترتیب با در نظر گرفتن همین نکته واکنش تمام نیروهای دیگر قسمت اول مشخص می‌شود بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این سوال در سطح تک ساختاری قرار دارد.

۲-۲-۲ سطح چند ساختاری

۱. سیبی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می‌شود.
الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جدا شدن از درخت نشان دهید. ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می‌شود؟

شکل ۱۱. فیزیک دوازدهم، تمرینات پایان فصل دوم، سوال ۱ قسمت الف، صفحه ۵۷

برای حل قسمت الف سوال ۱، دانش‌آموزان تنها باید بتوانند تمامی نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد جدا شدن از درخت نشان بدهند و برای کار باید با نیروهای مختلف مانند نیروی گرانشی، نیروی عمودی تکیه‌گاه، نیروی مقاومت هوا (نیروی مقاومت شاره) و ... آشنایی داشته باشند و بتوانند آن‌ها رسم کنند بدون اینکه نیاز باشد بین این نیروها ارتباط برقرار کنند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این سوال در سطح چندساختاری قرار دارد.

۲-۲-۳ سطح رابطه‌ای

۴. راننده خودرویی که با سرعت ۷۲ km/h در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است، با دیدن مانعی اقدام به ترمز می‌کند و خودرو پس از طی مسافت ۲۰ m متوقف می‌شود.
الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدر است؟
ب) از لحظه ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می‌کشد؟
پ) نیروی اصطکاک بین لاستیک‌ها و سطح چقدر است؟
جرم خودرو را ۱۲۰۰ kg فرض کنید.

شکل ۱۲. فیزیک دوازدهم، تمرینات پایان فصل دوم، سوال ۶ قسمت پ، صفحه ۵۷

برای حل قسمت پ دانش‌آموزان در ابتدا باید با استفاده از فرمول‌های فصل اول فیزیک دوازدهم (حرکت شناسی) شتاب حرکت را بدست بیاورند.

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2\Delta x} = \frac{0 - (20 \text{ m/s})^2}{2(20 \text{ m})} = -10 \text{ m/s}^2$$

و در ادامه باید با استفاده دانش خود از فصل دوم در زمینه نیروها، نیروهای وارد بر جسم را رسم و با استفاده از قانون دوم نیوتون، و استفاده از شتاب، نیروی اصطکاک را بدست آورند.

$$-f_{\text{اصطکاک}} = ma \rightarrow -f_{\text{اصطکاک}} = (1200 \text{ kg})(-10 \text{ m/s}^2)$$

$$f_{\text{اصطکاک}} = 1/20 \times 10^4 \text{ N}$$

پس برای حل این سوال دانش‌آموزان علاوه بر در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف سوال و دانششان از فصل اول و دوم کتاب فیزیک، باید بتوانند بخوبی آن‌ها باهم ترکیب کنند تا به یک جواب واحد که مدنظر سوال است برسند، بنابراین این سوال در سطح رابطه‌ای قرار می‌گیرد.

۲-۲-۴ سطح انتزاع تعمیم یافته

در سوالات پایان فصل دوم هیچ سوالی در سطح انتزاع تعمیم یافته مشاهده نشد. در این بخش در مجموع ۲۴ سوال مطرح شده‌است که نتایج بررسی و تحلیل و طبقه‌بندی سوالات این قسمت در جدول زیر قابل مشاهده است:

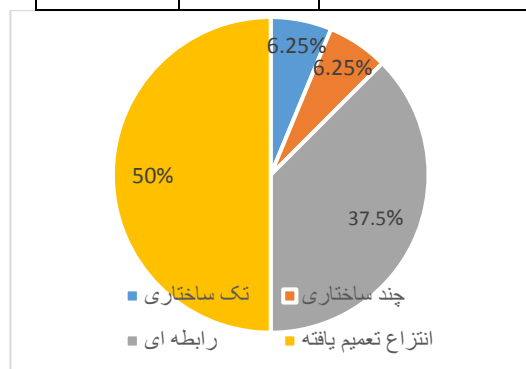
جدول ۳. طبقه بندی سوالات اصطکاک تمرینات پایان فصل فیزیک دوازدهم به کمک مدل SOLO

سطوح مدل SOLO					سوالات		
انتزاع تعمیم یافته	رابطه ای	چند ساختاری	تک ساختاری	پیش ساختاری	مشخصات سوال	تعداد	پایه تحصیلی
		⊗			سوال ۱ (الف) صفحه ۵۷	۲۴	تمرینات مرتبط با اصطکاک پایان فصل دوم فیزیک دوازدهم
			⊗		سوال ۱ (ب) صفحه ۵۷		
			⊗		سوال ۳ (الف) صفحه ۵۷		
		⊗			سوال ۳ (ب) صفحه ۵۷		
	⊗				سوال ۳ (پ) صفحه ۵۷		
		⊗			سوال ۵ صفحه ۵۷		
			⊗		سوال ۶ (الف) صفحه ۵۷		
			⊗		سوال ۶ (ب) صفحه ۵۷		
	⊗				سوال ۶ (پ) صفحه ۵۷		
	⊗				سوال ۸ (الف) صفحه ۵۸		
	⊗				سوال ۸ (ب) صفحه ۵۸		
	⊗				سوال ۸ (پ) صفحه ۵۸		
	⊗				سوال ۸ (ت) صفحه ۵۸		
		⊗			سوال ۹ (الف) صفحه ۵۸		
		⊗			سوال ۹ (ب) صفحه ۵۸		
		⊗			سوال ۹ (پ) صفحه ۵۸		
		⊗			سوال ۹ (ت) صفحه ۵۸		
	⊗				سوال ۱۰ (الف) صفحه ۵۸		
	⊗				سوال ۱۰ (ب) صفحه ۵۸		
		⊗			سوال ۱۳ (الف) صفحه ۵۸		
		⊗			سوال ۱۳ (ب) صفحه ۵۸		
		⊗			سوال ۱۴ (الف) صفحه ۵۹		
		⊗			سوال ۱۴ (ب) صفحه ۵۹		
	⊗				سوال ۱۴ (پ) صفحه ۵۹		

تا اینجا تمامی تمرین ها و سوالات کتاب درسی علوم تجربی و فیزیک از پایه اول دبستان تا دوازدهم متوسطه دوم در مبحث اصطکاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و توزیع سوالات مبحث اصطکاک در سطوح مختلف رهیافت SOLO را مشاهده کردیم، اکنون برای بررسی بهتر، سوالات هر سطح را بطور جداگانه در جدول توزیع فراوانی و نمودار دایره ای زیر مشاهده می کنیم:

جدول ۴. توزیع فراوانی سوالات کتاب‌های علوم تجربی در سطوح رهیافت SOLO

سطوح رهیافت SOLO	فراوانی	درصد فراوانی
پیش ساختاری ۱	۰	٪۰
تک ساختاری	۱	٪۶/۲۵
چند ساختاری	۱	٪۶/۲۵
رابطه ای	۶	٪۳۷/۵
انتزاع تعمیم یافته	۸	٪۵۰
مجموع سوالات	۱۶	٪۱۰۰



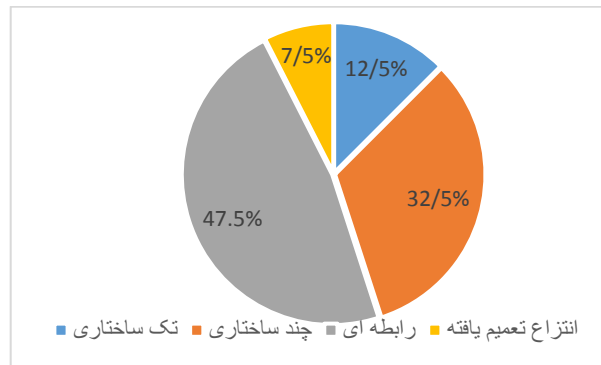
شکل ۱۳. نمودار توزیع درصد فراوانی سوالات کتاب‌های علوم تجربی در سطوح رهیافت SOLO

نمودار و جدول فوق نتایج حاصل از تحلیل کتاب‌های علوم تجربی را نشان می‌دهد، همچنین برای نتایج تحلیل کتاب‌های فیزیک می‌توان مشاهده کرد:

جدول ۵. توزیع فراوانی سوالات کتاب‌های فیزیک در سطوح رهیافت SOLO

سطوح رهیافت SOLO	فراوانی	درصد فراوانی
پیش ساختاری	۰	٪۰
تک ساختاری	۵	٪۱۲/۵
چند ساختاری	۱۳	٪۳۲/۵
رابطه ای	۱۹	٪۴۷/۵
انتزاع تعمیم یافته	۳	٪۷/۵
مجموع سوالات	۴۰	٪۱۰۰

^۱ سطح پیش ساختاری به معنای نداشتن هیچ درکی از سوال در پاسخ دانش آموزان است از آنجا که در این پژوهش با استفاده از رهیافت SOLO سوالات را طبقه بندی کرده‌ایم، برای تمامی سوالات حداقل پاسخ صحیح را در نظر گرفته‌ایم بنابراین هیچ سوالی شامل این سطح از سطوح SOLO نمی‌شود.



شکل ۱۴. نمودار توزیع درصد فراوانی سوالات کتاب های فیزیک در سطوح رهیافت SOLO

نمودارهای فوق نشان می دهند؛ در کتاب های علوم تجربی، تعداد سوالات اصطکاک کمتر است با این وجود اغلب سوالات در سطوح بالای رابطه ای و انتزاع تعمیم یافته قرار دارند، در کتاب های فیزیک تعداد سوال بیشتری را در مبحث اصطکاک مشاهده می کنیم اما این سوالات غالباً در سطوح چندساختاری و رابطه ای قرار می گیرند. با وجود اینکه تعداد سوالات مفهومی و سطح بالا در درس علوم تجربی قابل توجه است، نتایج حاصل از آزمون های بین المللی مانند تیمز ۱ و پرلز ۲، نشان دهنده عملکرد ضعیف دانش آموزان کشورمان در این درس می باشد. نتایج آزمون تیمز 2011 مشخص کرد که ایران در علوم پایه چهارم و علوم پایه هشتم نیز به ترتیب در رتبه های ۴۵۳ و ۴۱۵ قرار دارد که هر دو پایین تر از حد متوسط جهانی می باشند (آقایی و همکاران، ۱۳۹۹). این آمارهای تکان دهنده می توانند به عنوان یک هشدار جدی و تلنگری برای مولفین کتاب های درسی، معلمان و فعالان عرصه آموزش و پرورش باشند تا با بررسی و ریشه یابی مشکلات و علل این امر گامی در مسیر پیشرفت نظام آموزشی کشورمان برداشته شود.

در این پژوهش علاوه بر بررسی سوالات، با بررسی مطالب کتاب درسی که برای تدریس مبحث اصطکاک تدوین شده و با مصاحبه با دبیران مجرب علوم تجربی و فیزیک متوجه شدیم که توضیحات کتاب در زمینه اصطکاک بسیار محدود و دانش آموز را برای سوالاتی که در سطوح پایین رهیافت SOLO قرار دارند آماده می کند و دانش آموزان عموماً بعد از تدریس به تنهایی و بدون کمک معلم قادر به پاسخگویی سوالات سطح رابطه ای و انتزاع تعمیم یافته نیستند بنابراین بهتر است مطالب کتاب در این زمینه مفصل تر و تعداد سوالات سطوح پایین تر افزایش یابد چراکه با این کار این مطالب به خوبی توسط معلمان تدریس، تفهیم و ارزشیابی می شود و می تواند دانش آموزان را به سطوح عمیق یادگیری در این مبحث برساند.

یک تدریس خوب مستلزم یک محتوای مناسب است و همانطور که قبلاً اشاره شد برای سازماندهی مناسب یک محتوا باید اصول توالی، تداوم و وحدت محتوا را رعایت کرد. با بررسی کتاب های علوم تجربی و فیزیک متوجه شدیم که اصل توالی (که به این معناست که کدام محتوا بهتر است در پی کدام محتوا بیاید) در برخی موارد رعایت شده است برای مثال برای مبحث اصطکاک در ابتدا در پایه اول ابتدایی از تجارب دانش آموزان از حرکت روی سطوح برفی صحبت را آغاز می کند و با انجام آزمایش های ساده و قدم به قدم و افزودن اطلاعات دانش آموزان در سال های ششم و نهم نهایتاً در سال دوازدهم اطلاعات مبحث اصطکاک را کامل می کند و راجع به علت وجود اصطکاک و عوامل موثر بر آن و فرمول محاسبه آن سخن می گوید، با این حال اصل تداوم کاملاً رعایت نشده است. براساس این اصل برای تدریس یک موضوع و ذکر مثال و حل تمرین برای آن بهتر است که تمرین ها و مثال ها از آسان به سخت چیده شوند اما در برخی از قسمت های مورد بررسی دیدیم که سوالات سطوح بالاتر SOLO زودتر از سوالات سطوح پایین تر مطرح شده اند و این نکته می تواند برای مولفین کتاب حائز اهمیت باشد. برای مثال در تمرینات داخل متن کتاب فیزیک دوازدهم برای مبحث اصطکاک، در ابتدا دو سوال در سطح رابطه ای مطرح شده (پرسش ۲_۷

^۱ Timss

^۲ Pirls

قسمت الف و ب صفحه ۴۰) سپس شاهد ۱ سوال تک ساختاری، ۱ سوال چند ساختاری، ۳ سوال انتزاع تعمیم یافته و ۷ سوال رابطه ای هستیم که این نشان دهنده ضعف در توالی محتواست. در مورد اصل تداوم محتوا (به معنی تکرار عناصر اصلی برنامه درسی) بررسی ها نشان داد که این اصل به خوبی رعایت شده و تکرار برخی سوالات مهم در پایه های مختلف گواه این مطلب است. برای مثال؛ فعالیت صفحه ۶۲ پایه نهم عینا در فیزیک دوازدهم در فعالیت ۲-۳ صفحه ۴۲ تکرار شده است. در مورد اصل وحدت محتوا (هماهنگی و ارتباط فعالیت های درسی) هم می توان گفت که بخوبی رعایت شده است زیرا در بررسی های انجام شده مطالب ضد و نقیضی در خصوص اصطکاک در پایه های مختلف یافت نشد و مطالب دارای یگانگی و وحدت بود و در پایه های بالاتر مطالب تنها گسترده تر می شد.

نتیجه گیری

هدف از این پژوهش بررسی محتوای کتاب های درسی علوم تجربی و فیزیک در مبحث اصطکاک به کمک مدل ارزشیابی SOLO است. نتایج این پژوهش نشان می دهد بیشتر سوالات مطرح شده در مبحث اصطکاک در سطوح بالای طبقه بندی SOLO و سطوح بالای یادگیری قرار دارند همچنین در پژوهشی دیگر، تحلیل کتاب فیزیک پایه دهم چاپ سال تحصیلی ۹۷-۹۸ نشان داد که اکثر محتوا و سوالات مطرح شده در این کتاب، در مبحث شناوری، بر اساس مدل ارزشیابی SOLO، در سطح چندساختاری قرار دارند و مابقی در سطوح رابطه ای و انتزاع تعمیم یافته جای گرفتند (تقی پور، ۱۳۹۹)، با این وجود عملکرد دانش آموزان در آزمون های بین المللی درس علوم پایین تر از حد انتظار است (آقایی و همکاران، ۱۳۹۹) و این موضوع می تواند ریشه های مختلفی مانند: استفاده از شیوه های نامناسب تدریس و ارزشیابی، عدم آموزش مفهومی مطالب، عدم توانمندی لازم معلمان و... داشته باشد که نیاز است در پژوهش های دیگر بطور مفصل به آن پرداخته شود. از نتایج دیگر می توان به عدم تناسب سطح مطالب کتاب درسی با سوالات مطرح شده اشاره کرد و این عدم تناسب می تواند از انگیزه دانش آموزان برای یادگیری این مبحث بکاهد. همچنین اصول سازماندهی محتوا (توالی، تداوم و وحدت محتوا) اصل تداوم و وحدت محتوا تا حدود زیادی رعایت شده است اما اصل توالی در چینش سوالات مبحث اصطکاک در متن کتاب فیزیک دوازدهم بخوبی رعایت نشده است و بهتر است مولفین کتاب های درسی علوم تجربی و فیزیک توجه بیشتری نسبت به این اصول نشان دهند.

این پژوهش همانند سایر پژوهش ها با محدودیت هایی نیز روبرو بود، برای مثال تیم پژوهشی در تشخیص سطوح SOLO امکان خطا داشت اما با کمک گرفتن از چندین دبیر معرب و با تجربه در حوزه آموزش فیزیک برای اعتبارسنجی طبقه بندی سوالات، احتمال خطا بسیار کم شد. همچنین اختلاف نظرهای بوجود آمده در حین پژوهش، با کمک گرفتن از اساتید فیزیک برطرف شد. وجود اپیدمی کرونا، برگزاری جلسات هم اندیشی با معلمان و اساتید را دشوار می کرد، بهمین منظور برای جلوگیری از خطا، این جلسات بصورت آنلاین و بطور مستمر برگزار شدند جهت بهینه سازی محتوای کتاب درسی و عمیق تر شدن یادگیری دانش آموزان و کم کردن موانع بی علائگی دانش آموزان پیشنهادات زیر ارائه می شود:

مولفین محترم تلاش کنند سطح مطالب درسی را هم سطح با سوالات مطرح شده در متن کتاب درسی نگه دارند، در رعایت اصول تنظیم محتوا (توالی، تداوم و وحدت) بکوشند، تعداد سوالات سطوح پایین تر را برای افزایش انگیزه دانش آموزان بیشتر کنند. از آنجا که مطالب کتاب همواره دارای محدودیت هستند و قادر به توضیح مفصل یک مطلب نیستند بهتر است از دوره های ضمن خدمت برای انتقال مطالب مهم به دبیران مربوطه و افزایش آگاهی آنان نسبت به اهداف کتاب استفاده شود همچنین از دوره های ضمن خدمت برای آموزش روش های ارزشیابی نوین مانند رهیافت SOLO به معلمان استفاده شود تا توانمندی آنان برای ارزشیابی مطالب درسی و پاسخ های دانش آموزان افزایش یابد. همچنین معلمان فیزیک در نظر داشته باشند که حل اغلب سوالات فیزیک نیازمند استفاده از دانش پیشین و یافتن ارتباط بین ابعاد مختلف مسئله است، بنابراین شایسته است در برخی از سوالات دانش مورد نیاز پیشین مرور شود و دانش آموزان با این سبک رایج در سوالات فیزیک آشنا شوند.

منابع

- آقایی، عبدالله. مدنی، محمد مهدی و عبداللهی، شهرداد. (۱۳۹۹). بررسی ابعاد آزمون تیمز و عملکرد دانش آموزان ایران در این آزمون، سومین کنفرانس بین المللی روانشناسی، علوم تربیتی، علوم اجتماعی و علوم انسانی.
- بیابانگرد، اسماعیل. (۱۳۸۷). روش های افزایش عزت نفس در کودکان و نوجوانان. انتشارات انجمن اولیا و مربیان، چاپ نهم، تهران، صص ۵۰-۵۲.
- تقی پور کرده مهین، مینا و احمدی، فاطمه. (۱۳۹۹). بررسی سطح یادگیری فراگیران در درس فیزیک به کمک طبقه بندی BLOOM و مدل SOLO، ششمین کنفرانس بین المللی روانشناسی، علوم تربیتی و سبک زندگی، دانشکده بین المللی ابن سینا گرجستان.
- تقی پور، مینا. (۱۳۹۹). بررسی ساختار نتایج یادگیری قابل مشاهده فراگیران از فیزیک شناوری به کمک حل یک تکلیف. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
- حق جو، سعید و ریحانی، ابراهیم. (۱۳۹۸). مطالعه عملکرد دانش آموزان دوره دوم متوسطه در حل یک تکلیف توانایی فضایی با استفاده از نظریه SOLO، نشریه علمی-پژوهشی فناوری آموزش: جلد ۱۳ شماره ۴ صص ۶۵۳-۶۳۶.
- زمانی، زهرا. (۱۳۹۴). شناسایی مدل های ذهنی و کج فهمی های دبیران و دانش آموزان سال دوم دبیرستان در زمینه ی نیروی اصطکاک و طراحی چند فعالیت جهت تدریس این نیرو و رفع کج فهمی ها. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
- محبوبی، خدیجه. (۱۳۸۸). بررسی تاثیر آموزش تاریخ فیزیک بر دانش و نگرش شاگردان دختر پایه دوم دبیرستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.
- مرادی، حسن. (۱۳۸۸). تحلیل محتوای کتاب درسی، انتشارات آبیژ، تهران.
- مشایخ، فاطمه. (۱۳۷۵). فرآیند برنامه ریزی آموزشی، انتشارات مدرسه، تهران.
- نوریان، محمد. (۱۳۸۷). بررسی چگونگی به کارگیری اصل تاکید در طراحی تصاویر کتاب های درسی پایه دوم و پنجم دوره ابتدایی. مجله اندیشه های نوین تربیتی: دوره ۴ شماره ۳ صص ۱۴۴-۱۲۷.
- نیک نفس، سعید و علی آبادی، خدیجه. (۱۳۹۲). نقش تحلیل محتوا در فرآیند آموزش و طراحی کتاب های درسی. مجله جهانی رسانه (نسخه فارسی): دوره ۸ شماره ۲ شماره پیاپی ۱۶ صص ۱۲۴-۱۵۰.
- یوسفی نژاد، اکرم. (۱۳۹۷). شناسایی اثربخش ترین فنون تدریس در الگوی آموزش مستقیم بر اساس پیشرفت تحصیلی دانش آموزان در آموزش دروس محاسباتی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه کاشان.
- Pegg, J. (۱۹۹۲). *Assessing students' understanding at the primary and secondary level in the mathematical sciences*. Reshaping assessment practice: Assessment in the mathematical sciences under challenge. ۳۶۸-۳۸۵.
- Brown G, Bondemark L, Knutsson K & Lucander H. (۲۰۱۰). *European Journal Of Dental Education: The structure of observed learning outcome (SOLO) taxonomy: A model to promote dental students' learning*.
- Putri U H, Mardiyana M & Saputro D R S. (۲۰۱۷). International Conference on Mathematics and Science Education. *Journal of Physics: Conf. Series* ۸۹۵, How to Analyze the Students' Thinking Levels Based on SOLO Taxonomy?
- Biggs JB, Collis KF. (۱۹۹۱). *Multimodal learning and the quality of intelligent behavior*. Intelligence: Reconceptualization and measurement. ۵۷-۷۶