



پژوهش در آموزش علوم تجربی

شاپا الکترونیکی: ۳۶۴۹-۲۶۴۵

Home Page: <https://basicscience.cfu.ac.ir>



تحلیل میزان پاسخ‌دهی کتاب علوم پایه پنجم به کج‌فهمی‌های علمی دانش‌آموزان با بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون

مبینا علایی بخش^۱

۱. دانشجوی کارشناسی آموزش ابتدایی، دانشگاه فرهنگیان مازندران، مرکز آمل، ایران
* نویسنده مسئول: (mobinaalaei577@gmail.com)

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

متن چکیده

پژوهش حاضر با هدف تحلیل محتوای کتاب درسی علوم پایه پنجم ابتدایی براساس میزان پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌های علمی انجام گرفته است. اهمیت این مطالعه از آن جهت است که بسیاری از کج‌فهمی‌ها، حتی پس از آموزش، در ذهن دانش‌آموزان باقی می‌مانند و می‌توانند یادگیری عمیق مفاهیم علمی را مختل کنند، همچنین باعث شکل‌گیری برداشت‌های سطحی و نادرست می‌شوند. باتوجه به نقش محوری کتاب‌های درسی در انتقال دانش و شکل‌دهی به مدل‌های ذهنی دانش‌آموزان، بررسی دقیق محتوای کتاب و شناسایی میزان توجه به کج‌فهمی‌ها ضروری است. این پژوهش توصیفی و از نوع تحلیل محتوا با به‌کارگیری روش آنتروپی شانون برای سنجش اهمیت و تأثیر هر مولفه استفاده شد. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی دروس کتاب علوم پنجم ابتدایی می‌باشد. ابزار پژوهش شامل چک‌لیستی براساس چهارحوزه شامل متن درس، تصاویر، پرسش‌ها و فعالیت‌های علمی گردآوری شده است. برای هر شاخص، مقیاسی پنج درجه‌ای (۰ تا ۱) در نظر گرفته شد تا بتوان به دقت میزان پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌ها را ارزیابی کرد. نتایج این پژوهش نشان داده است که پرسش‌ها با ضریب اهمیت ۰/۲۵۱۴ دارای بیشترین میزان پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌های علمی هستند، در حالی که تصاویر با ضریب اهمیت ۰/۲۴۶۱ کمترین نقش را در این زمینه ایفا کرده‌اند. به طور کلی میان چهار حوزه مورد بررسی، توازن کافی در پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌ها مشاهده نشد و سطح کلی پاسخ‌دهی نیز در حد مطلوب ارزیابی نگردید. این یافته‌ها بیانگر این است که امکان باقی ماندن کج‌فهمی‌های علمی در ذهن دانش‌آموزان وجود دارد. بر این اساس، بازنگری در چهار حوزه متن درس، تصاویر، پرسش‌ها و فعالیت‌ها ضروری است تا امکان پاسخ‌گویی متوازن به کج‌فهمی‌های علمی فراهم گردد و در نهایت به دستیابی به یادگیری مؤثرتر کمک شود.

کلیدواژه‌ها:

تحلیل محتوا،

کتاب درسی علوم،

کج‌فهمی‌های علمی،

آنتروپی شانون.

استناد: علایی بخش، مبینا، (۱۴۰۴). تحلیل میزان پاسخ‌دهی کتاب علوم پایه پنجم به کج‌فهمی‌های علمی دانش‌آموزان با بهره‌گیری از روش آنتروپی شانون. پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱۱ (۴۱)، ۴۶-۳۱.

doi <http://doi.org/10.48310/basic.2026.21464.1568>



© مبینا علایی بخش

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

۱. مقدمه

معلم با تجربه می‌داند که دانش‌آموزان در مورد پدیده‌های گوناگون، پیش‌انگاره‌ها و تصورات خاص خود را دارند، هرچند این تصورات همیشه منطقی یا با شواهد علمی سازگار نیستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که چنین دیدگاه‌هایی حتی زمانی که با توضیحات معلم یا نتایج آزمایش‌های علمی در تضاد باشند، همچنان در ذهن دانش‌آموزان باقی می‌مانند. درواقع، کودکان از همان سال‌های آغازین زندگی، برداشت‌هایی ابتدایی از پدیده‌های طبیعی دارند و همین برداشت‌ها بر نحوه یادگیری و تفسیر آن‌ها از تجربه‌های جدید اثر می‌گذارد. نظریه‌پردازانی چون اوزوبل^۱، پیازه^۲ و والون^۳ نیز بر این باورند که یادگیری کودک به میزان زیادی به دانش پیشین، بافت آموزشی، شیوه‌های تدریس و ابزارهای مورد استفاده بستگی دارد (دراپور^۴، گسنه^۵، تیبیرژیان^۶، ۱۹۸۵).

بر اساس گزارش آکادمی‌های ملی علوم، مهندسی و پزشکی ایالات متحده (۱۹۹۷)، «کج‌فهمی‌ها»^۷ می‌توانند مانعی جدی در مسیر درک عمیق مفاهیم علمی باشند. حتی دانش‌آموزان موفق نیز ممکن است پاسخ‌هایی درست ارائه دهند، اما این پاسخ‌ها صرفاً تکرار آموخته‌های حافظه‌محوراند، نه حاصل درک درست از مفاهیم علمی. یافته‌های پژوهشگرانی مانند مازوره^۸، (۱۹۹۶): نخله و میچل^۹، (۱۹۹۳) نیز نشان داده است که بسیاری از دانشجویان، با وجود توانایی در حل مسائل عددی، در پاسخ به پرسش‌های مفهومی دچار مشکل می‌شوند. ذهن دانش‌آموزان همچون لوحی خالی نیستند، بلکه باورها و تفسیرهای پیشین آنان در چندین سطح بر یادگیری آن‌ها اثر می‌گذارد. این سطوح عبارت است از:

۱. مشاهدات رویدادها.

۲. تفسیرها و توضیحاتی که برای مشاهدات ارائه می‌شود.

۳. راهبردها یا استراتژی‌هایی که برای کسب دانش جدید، مانند خواندن متون درسی یا انجام آزمایش‌ها به کار گرفته می‌شود (دراپور و همکاران^{۱۰}، ۱۹۸۵).

اصلاح کج‌فهمی‌های علمی مستلزم فرایندی عمیق‌تر از صرفاً تصحیح زبانی یا اعلام اشتباه بودن یک پاسخ است. براساس دیدگاه دراپور و همکاران (۱۹۸۵)، مدل‌های ذهنی پیشین باید فعالانه به چالش کشیده شوند و تا زمانی که مدل‌های جایگزین علمی‌تر و منسجم‌تر ساخته نشوند، یادگیری عمیق رخ نخواهد داد. در واقع، کج‌فهمی‌ها تنها زمانی اصلاح می‌شوند که فراگیر در موقعیت‌هایی قرار گیرد که ناکارآمدی مدل ذهنی خود را در توضیح پدیده‌ها تجربه کند.

از سوی دیگر، تا هنگامی که یک کج‌فهمی بتواند پاسخ‌های ظاهراً درست تولید کند یا موجب شکست در عملکرد یادگیرنده نشود، در ذهن او پایدار می‌ماند. این امر به اصل «تقویت مثبت و منفی» در یادگیری مرتبط است؛ بدین معنا که هر برداشت نادرستی که با موفقیت یا پذیرش مواجه شود، تقویت شده و باقی می‌ماند. متأسفانه بسیاری از پرسش‌های امتحانی به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهند که با تکیه بر همین برداشت‌های نادرست به پاسخ درست برسند. به نظر می‌رسد برخی از طراحان آزمون نیز یا خود گرفتار همان کج‌فهمی‌ها هستند یا نسبت به وجود آن‌ها بی‌توجه‌اند. بخش قابل توجهی از کج‌فهمی‌ها از توضیحات سطحی و شعارگونه ناشی می‌شوند که به بررسی دقیق مفاهیم علمی نمی‌پردازند. عباراتی مانند «هرکنشی، واکنشی دارد» و «هر اثری علتی دارد»، گرچه به ظاهر درست می‌نمایند، اما اغلب باعث تقویت تفکر سطحی و نادرست علمی می‌شوند. در

¹. Ausubel

². Piaget

³. Wallon

⁴. Driver, Rosalind

⁵. Guesne, Edith

⁶. Tiberghien, Andrée

⁷. misconceptions

⁸. mazure

⁹. Nakhleh & Mitchell

¹⁰. Driver et al.

مجموع، می‌توان این وضعیت را بازتابی از ضعف نظام آموزشی دانست؛ نظامی که در آن دانش‌آموزان به جای درک مفهومی، به حفظ طوطی‌وار گزاره‌ها و تعمیم‌های نادرست سوق داده می‌شوند و در نتیجه به باورهای دست‌می‌یابند که با دانش علمی معتبر سازگار نیستند (دونالد ای. سیمانک^۱، ۲۰۰۸).

کج‌فهمی‌ها به عنوان برداشت‌ها یا تفسیرهای نادرستی تعریف می‌شوند که در آن‌ها مفاهیم علمی به صورت ناقص یا اشتباه درک می‌شوند و در نتیجه با نظریه‌ها و دیدگاه‌های پذیرفته شده توسط جامعه علمی در تضاد قرار می‌گیرند. یکی از منابع مهم شکل‌گیری این برداشت‌های نادرست، منابع آموزشی رسمی همچون معلمان و کتاب‌های درسی است. این دسته از تصورات با عنوان «تصورات نادرست دیداکتیکوژنیک^۲» شناخته می‌شوند. این نوع کج‌فهمی‌ها به ویژه در حوزه علوم بسیار رایج هستند، زیرا یادگیری علوم صرفاً متکی بر گردآوری داده‌ها نیست و نیازمند فرآیندهای تحلیلی و استنتاجی پیچیده‌تری است (چاتوپادھی^۳، ۲۰۱۶).

براساس سند برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مبانی برنامه‌های آموزشی از فلسفه تربیت و اسناد بالادستی نظام تعلیم و تربیت نشأت می‌گیرد و تأکید دارد که یادگیری باید فراتر از حفظ اطلاعات صرف باشد و دانش‌آموز را در مسیر تحلیل، تجربه و فهم علمی پدیده‌ها قرار دهد. به‌ویژه در حوزه علوم تجربی، رویکرد برنامه درسی بر شناخت جهان طبیعی از طریق تجربه حسی و به‌کارگیری عقل تأکید دارد، که نشان‌دهنده توجه به ماهیت علم به‌عنوان فعالیتی مبتنی بر تجربه و تحلیل است. در مدل برنامه‌ریزی درسی سیلور^۴ و الکساندر^۵ (۱۹۷۴)، انتخاب محتوا بخشی اساسی از طراحی برنامه محسوب می‌شود که باید شامل حقایق، مشاهدات، داده‌ها و استنتاج‌های علمی باشد. این محتوا باید به گونه‌ای سازماندهی شود که نمایانگر مفاهیم بنیادین رشته باشد، دانش‌آموز را به تحلیل و تفکر فعال ترغیب کند و فراتر از انتقال صرف اطلاعات حفظی، فهم عمیق او را ارتقا دهد.

محتوا مجموعه‌ای از اصول، مفاهیم و تجارب یادگیری سازمان‌یافته است که به فراگیران ارائه می‌شود تا امکان مشارکت مؤثر آن‌ها در فعالیتهای آموزشی و دستیابی به اهداف آموزشی و اجرایی فراهم شود (شریعتمداری، ۱۳۷۵).

با توجه به نقش کلیدی کتاب‌های درسی علوم در شکل‌گیری فهم علمی دانش‌آموزان، بررسی نحوه بازنمایی ماهیت علم در منابع آموزشی، به‌ویژه در دوره ابتدایی، اهمیت ویژه‌ای دارد. این بررسی می‌تواند نشان دهد که آیا این منابع دانش‌آموزان را قادر می‌سازند تا ماهیت پویا، تجربی و استدلالی علم را درک کنند و از این طریق تفکر علمی، مهارت حل مسئله و توانایی تحلیل پدیده‌های طبیعی در آن‌ها تقویت شود (مک کومس^۶، ۱۹۹۸).

پژوهش گاتفرید و کایل^۷ (۱۹۹۲) نشان می‌دهد که کتاب درسی نقش محوری در آموزش علوم ایفا می‌کند و محتوای برنامه درسی علوم عملاً حول ساختار کتاب درسی شکل می‌گیرد. از همین رو، وجود هرگونه خطا و برداشت سطحی در کتاب درسی می‌تواند به طور مستقیم بر یادگیری دانش‌آموزان تأثیرگذار باشد.

براساس نتایج پژوهش دادستان (۱۳۷۶)، شمار قابل توجهی از معلمان، مفاهیم و موضوعات ارائه‌شده در کتاب‌های علوم تجربی دوره‌ی ابتدایی را چالش‌برانگیز و دشوار ارزیابی کرده‌اند. از دید آنان، عدم تناسب میان اهداف آموزشی و سطح توانایی‌های شناختی دانش‌آموزان موجب می‌شود درک عمیقی از مفاهیم علمی شکل نگیرد. افزون بر این، دادستان تأکید کرد که نبود فعالیت‌ها و پرسش‌هایی که دانش‌آموزان را در موقعیت‌های خلاقانه و چالش‌برانگیز قرار دهد، از نقاط ضعف محتوای کتاب‌های علوم به شمار می‌رود.

¹. Donald E. Simanek

². Didaktikogen misconceptions

³. Chattopadhyay

⁴. Saylor

⁵. Alexander

⁶. McComas

⁴. Gottfried, S., & Kyle, W. C., Jr

از مشکلات رایج در کتاب‌های درسی علوم می‌توان به عدم تطابق محتوای آموزشی با برنامه درسی و نیز وجود کج‌فهمی‌ها اشاره کرد. انتقال نادرست اطلاعات علمی از طریق متون درسی می‌تواند سبب شکل‌گیری برداشت‌های نادرست و تثبیت آن‌ها در ذهن دانش‌آموزان شود (سپوتری و ویدیانینگروم^۵، ۲۰۱۶). بنابراین، مفاهیم علمی مطرح‌شده در کتاب‌های درسی نه تنها باید از نظر علمی دقیق باشند، بلکه لازم است با بیانی روشن و قابل فهم ارائه شوند (سورانتی و هنوحیلی^۶، ۲۰۱۷). دانش‌آموزان برای پیشگیری از شکل‌گیری کج‌فهمی‌های علمی، نیازمند درک عمیقی از مفاهیم هستند (آفیفاه^۳، ۲۰۲۰). به باور عزیزه و همکاران^۴، (۲۰۲۳)، کج‌فهمی ممکن است در نتیجه‌ی دریافت اطلاعات نادرست از طریق مشاهده یا شنیدن ایجاد شود. سوپارنو^۵ (۲۰۰۵) عوامل مؤثر بر پیدایش کج‌فهمی‌ها را در چهار دسته طبقه‌بندی کرده است: معلمان، کتاب‌های درسی، زمینه‌ی یادگیری و روش‌های تدریس.

تحلیل و شناسایی کج‌فهمی‌ها در محتوای کتاب‌های درسی همچنان اهمیت ویژه‌ای دارد، حتی در عصری که فراگیران به حجم گسترده‌ای از منابع دیجیتال دسترسی دارند (حلیم و همکاران^۶، ۲۰۲۲؛ ۲۰۲۳). با وجود توسعه‌ی فناوری‌های آموزشی، کتاب‌های درسی همچنان منبع محوری در شکل‌دهی به درک و برداشت دانش‌آموزان از مفاهیم به شمار می‌روند. از این رو، بررسی و اصلاح کج‌فهمی‌ها در کتاب درسی برای اطمینان از صحت علمی مطالب، تقویت تفکر انتقادی و جلوگیری از انتقال نادرست دانش به نسل‌های آینده، امر ضروری است. در صورتی که دانش‌آموزان نخستین مواجهه‌ی خود با یک مفهوم علمی را از طریق منابع نادرست مانند کتاب‌های درسی دارای خطا تجربه کنند، حتی دسترسی به منابع صحیح‌تر در محیط‌های دیجیتال نیز به سادگی قادر به اصلاح آن برداشت‌های نادرست نخواهد بود (حالم و همکاران^۷، ۲۰۱۸).

۲. ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

با وجود پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه تحلیل محتوای کتاب‌های علوم و بررسی کج‌فهمی‌های علمی دانش‌آموزان، بیشتر این مطالعات به بررسی جنبه‌های محدودی از محتوای کتاب‌های درسی پرداخته‌اند و کمتر به میزان پاسخ‌گویی کتاب‌های علوم به کج‌فهمی‌های علمی توجه شده است. همچنین در برخی پژوهش‌ها تنها به تحلیل متن کتاب درسی توجه شده و نقش سایر عناصر آموزشی مانند تصاویر، پرسش‌ها و فعالیت‌های علمی مورد بررسی جامع قرار نگرفته است. از سوی دیگر، مطالعات اندکی به تحلیل محتوای کتاب علوم دوره ابتدایی از منظر پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌های علمی پرداخته‌اند. بنابراین، انجام پژوهشی که به بررسی محتوای کتاب علوم پایه پنجم ابتدایی در چهار حوزه متن، تصاویر، پرسش‌ها و فعالیت‌های علمی با تمرکز بر میزان پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌های علمی بپردازد، ضروری به نظر می‌رسد.

در سال‌های اخیر، تحلیل محتوای کتاب‌های درسی علوم تجربی به عنوان یکی از روش‌های مهم برای بررسی کیفیت آموزش علوم مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. هدف از این نوع پژوهش‌ها بررسی میزان توجه کتاب‌های درسی به مؤلفه‌هایی مانند مفاهیم علمی، فعالیت‌های آموزشی، تصاویر و فرصت‌های یادگیری فعال برای دانش‌آموزان است. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که در بسیاری از کتاب‌های علوم، توازن مناسبی میان متن، تصاویر و فعالیت‌ها وجود ندارد و همین مسئله می‌تواند بر میزان درگیری ذهنی دانش‌آموزان با مفاهیم علمی تأثیر بگذارد. برای نمونه، پژوهش دارایسه^۸ و ابوخرما^۹ (۲۰۲۰) در تحلیل محتوای کتاب علوم نشان داد که اگرچه متن کتاب تا حدی در محدوده قابل قبول قرار دارد، اما تصاویر و

۵. Saputri & Widyaningrum

۶. Suranti & Henuhili

۳. Afifah

۴. Azizah et al.

۵. Suparno

۶. Haleem et al.

۷. Halim et al.

۸. Darayseh

۹. Abu Khurma

فعالیت‌های آموزشی نقش کمتری در درگیر کردن دانش‌آموزان دارند. از این رو پژوهشگران بر ضرورت بازنگری در محتوای علمی، تقویت تصاویر آموزشی و افزایش فعالیت‌های تعاملی در کتاب‌های علوم تأکید کرده‌اند.

پژوهش‌های حوزه آموزش علوم نشان می‌دهد دانش‌آموزان پیش از آموزش رسمی دارای تصورات اولیه‌ای درباره پدیده‌های علمی هستند که گاه با مفاهیم علمی سازگار نیست و به صورت کج‌فهمی ظاهر می‌شود. این برداشت‌های نادرست می‌تواند فرایند یادگیری مفاهیم علمی را با دشواری مواجه کند و در صورت اصلاح نشدن، در طول زمان پایدار بماند. پژوهشگران آموزش علوم بر این باورند که شناسایی این کج‌فهمی‌ها یکی از مراحل مهم در طراحی آموزش مؤثر و تولید منابع آموزشی مناسب است.

مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. برای مثال، پژوهش پاین^۱، مسر^۲ و سنت جان^۳ (۲۰۰۱) با بررسی دیدگاه معلمان علوم ابتدایی نشان داد که دانش‌آموزان در مفاهیمی مانند ماده، نور، نیرو و بدن انسان دارای کج‌فهمی‌های متعددی هستند. همچنین پژوهش لائلی^۴ و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد دانش‌آموزان دبستانی در موضوعاتی مانند نیرو و حرکت، نور و انرژی با برداشت‌های نادرست مواجه‌اند. علاوه بر این، بررسی‌های انجام‌شده در مجموعه پژوهش‌های دویت^۵ (۲۰۰۹) نشان می‌دهد کج‌فهمی‌های علمی در میان دانش‌آموزان پدیده‌ای رایج است و در حوزه‌های مختلف علوم تجربی مشاهده می‌شود. در همین راستا، مطالعات درایور^۶ و همکاران (۱۹۸۵) نیز نشان داده است که دانش‌آموزان اغلب دارای مدل‌های ذهنی خاصی درباره پدیده‌های طبیعی هستند که با مفاهیم علمی تفاوت دارد.

با توجه به مفاهیم مطرح در کتاب علوم تجربی پایه پنجم ابتدایی و بر اساس یافته‌های پژوهش‌های پیشین، فهرستی از کج‌فهمی‌های رایج استخراج شد و به عنوان مبنای تحلیل محتوای کتاب درسی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه نمونه‌ای از این کج‌فهمی‌ها ارائه شده است.

- اجسام سنگین سریع‌تر از اجسام سبک سقوط می‌کنند.
- نور سفید تنها یک رنگ است و از چند رنگ تشکیل نشده است.
- دانش‌آموزان تصور می‌کنند هنگام حل شدن مواد در آب، ماده کاملاً از بین می‌رود.
- برخی دانش‌آموزان تصور می‌کنند چشم انسان نور تولید می‌کند.
- برای ادامه حرکت جسم باید دائماً نیرویی به آن وارد شود.
- صدا از طریق هوا مستقیم به مغز می‌رود و گوش نقشی در انتقال صدا ندارد.
- باور اینکه همه حرکات بدن توسط عضلات انجام می‌شود و استخوان‌ها هیچ نقشی ندارند.

۳. روش شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر از روش تحلیل محتوای کمی استفاده گردید. جامعه آماری شامل کتاب علوم تجربی پایه پنجم ابتدایی است. چهار حوزه اصلی برای تحلیل شامل متن درس، تصاویر، پرسش‌ها و فعالیت‌های علمی است. ماتریس ارزیابی شامل چهار ستون (حوزه‌ها) و ۱۲ ردیف (درس‌ها) است که در ارزیابی محتوای کتاب علوم در زمینه میزان توجه به کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان، از یک مقیاس پنج‌درجه‌ای استفاده شد. این مقیاس براساس اصول طراحی روبریک‌های تحلیلی و مبتنی بر شواهد علمی در آموزش

^۱ . Pine

^۲ . Messer

^۳ . St. John

^۴ . Laeli

^۵ . Driver

^۶ . Duit

علوم (بروک هارت^۱، ۲۰۱۳؛ جانسون^۲ و سینگبی^۳، ۲۰۰۷) تدوین شده است. نمرات از ۰ (عدم توجه کامل به کج‌فهمی‌ها) تا ۱ (توجه کامل و هدفمند به رفع کج‌فهمی‌ها) در نظر گرفته شد.

استفاده از چنین مقیاس‌های تربیتی برای افزایش روایی محتوایی و پایایی گزارش شده است (ماسکال و لیدنز^۴، ۲۰۰۰). بر این اساس، برای هر یک از چهار حوزه‌ی مورد بررسی (متن درس، تصاویر، پرسش‌ها، فعالیت‌ها) سطوح پنج‌گانه تعریف شد تا امکان مقایسه و تحلیل کمی فراهم گردد.

مراحل آنتروپی شانون:

مرحله اول: ماتریس‌های بهنجار شده از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$P_{ij} = \frac{F_{ij}}{\sum_{i=1}^m F_{ij}} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

شماره پاسخگو i = هنجار شده ماتریس فراوانی P = فراوانی مولفه F

شماره مولفه j = تعداد پاسخگو m = تعداد مولفه n

مرحله دوم: محاسبه بار اطلاعاتی هر مقوله و قرار دادن در ستون‌های مربوطه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_j = k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}] \quad (i=1, 2, 3, \dots, m, j=1, 2, \dots, n) \quad k = \frac{1}{\ln m} \quad (2)$$

شماره پاسخگو i = هنجار شده ماتریس فراوانی p = بار اطلاعاتی E_j

تعداد n = لگاریتم $\ln$ = شماره مولفه j = تعداد پاسخگو m

مرحله سوم: محاسبه‌ی ضریب اهمیت هر یک از مقوله‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_{j=1}^n E_j} \quad (3)$$

تعداد مولفه n = شماره مولفه j = درجه اهمیت w_j = بار اطلاعاتی E_j

۴. یافته‌های پژوهش

برای تحلیل محتوای کتاب درسی علوم تجربی پایه پنجم برای بررسی اشاره به کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان کلیه محتوای کتاب در چهار حوزه (متن درس، تصاویر، پرسش‌ها، فعالیت‌های علمی) بررسی می‌شود که از مقیاس پنج‌عددی (۰، ۰/۲، ۰/۵، ۰/۸، ۱) استفاده شد.

جدول ۱. معیار درجه‌بندی متن درس

نمره	معیار
۰	بدون هیچ اشاره یا مفهوم جهت‌دار
۰/۲	ذکر پدیده یا مثال سطحی بدون توضیح
۰/۵	بیان مفاهیم با زبان ساده، بدون جهت‌دهی علمی
۰/۸	مفاهیم علمی نیمه‌شفاف با مثال غیرمستقیم اما مفید
۱	توضیح روشن با مثال علمی و اصلاح‌کننده کج‌فهمی

1. brookhart

2. jonsson

3. svingby

4. moskal&leydens

جدول شماره ۱ معیار درجه‌بندی متن‌های موجود در کتاب را مشخص کرده است که از عدم اشاره به مفهوم تا ارائه توضیحات علمی روشن با مثال‌های اصلاح‌کننده کج‌فهمی را در بر می‌گیرد.

هنگامی که نور خورشید به ذره‌بین می‌تابد، ذره‌بین نور خورشید را در یک نقطه جمع می‌کند. به همین دلیل، در این نقطه گرمای زیادی به وجود می‌آید. اگر این نقطه‌ی نورانی را برای مدتی روی کاغذ ثابت نگه دارید، کاغذ می‌سوزد. این نقطه را کانون عدسی می‌نامند. فاصله‌ی کانون تا عدسی در ذره‌بین‌ها تفاوت دارد.

شکل ۱. نمونه متن درس: صفحه ۲۲، درس ۳

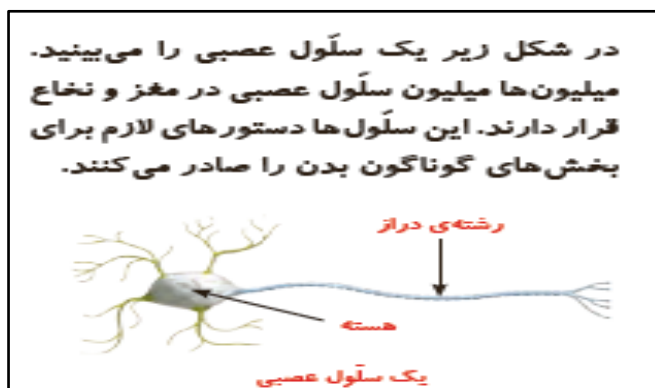
یا توجه به شکل (۱) دانش‌آموزان ممکن است به غلط تصور کنند که عدسی‌ها یا ذره‌بین‌ها به خودی خود "گرما تولید می‌کنند" یا اینکه ویژگی ذاتی آنها سوزاندن است. این یک برداشت نادرست از چگونگی کارکرد عدسی‌ها است. توضیح متن تنها به بیان یک پدیده جالب ("ذکر پدیده یا مثال سطحی" که نمره ۰/۲ می‌گرفت) بسنده نکرده است. بلکه با ارائه یک زنجیره‌ی علمی صحیح، علت واقعی پدیده (تبدیل انرژی تابشی متمرکز شده به انرژی گرمایی) را روشن می‌سازد و به طور ضمنی این باور غلط را که "عدسی گرما ایجاد می‌کند" از بین می‌برد. بنابراین، به طور کامل معیار "توضیح روشن با مثال علمی و اصلاح‌کننده کج‌فهمی" را محقق می‌سازد.

نمره اختصاص یافته به این متن ۱ می‌باشد.

جدول ۲. معیار درجه‌بندی تصاویر درس

نمره	معیار
۰	تصویر تزئینی بدون پیوند مفهومی
۰/۲	تصویر بدون پیام علمی
۰/۵	تصویر ملموس ولی بدون راهنمای فکری
۰/۸	تصویر مرتبط با پیام علمی ولی بدون توضیح نوشتاری
۱	تصویر جهت‌دار و تحریک‌کننده ذهن با پیام مفهومی

جدول شماره ۲ معیار درجه بندی تصاویر در کتاب را مشخص کرده است که از تصویر تزئینی بدون پیوند مفهومی تا تصویر جهت‌دار با پیام مفهومی را در بر می‌گیرد.



شکل ۲. نمونه تصویر درس: صفحه ۴۴، درس ۵

تصویر (۲) به وضوح با پیام علمی (ساختار و عملکرد سلول عصبی) مرتبط است و اجزای اصلی یک نورون را نشان می‌دهد. با این حال، تصویر به تنهایی فاقد توضیح نوشتاری کامل درباره‌ی چگونگی کارکرد هر بخش یا فرآیند انتقال پیام عصبی است. نمره اختصاص یافته به این متن ۰/۸ می‌باشد.

جدول ۳. معیار درجه‌بندی سوالات متن (گفت وگو، جمع آوری اطلاعات، فکر کنید)

نمره	معیار
۰	سؤال سطحی و دانشی صرف (حفظی)
۰/۲	سؤال مبتنی بر مشاهده بدون تحلیل
۰/۵	سؤال با هدف کشف پدیده ولی بدون اصلاح مفهومی
۰/۸	سؤال نسبتاً هدایت‌شده، با ارتباط تلویحی به کج‌فهمی
۱	سؤال هدایت‌شده برای تفکر و رفع کج‌فهمی

جدول شماره ۳ معیار درجه‌بندی سوالات متن در کتاب را مشخص کرده است که از سؤال سطحی تا سؤال هدایت شده برای تفکر و رفع کج‌فهمی را در بر می‌گیرد.



شکل ۳. نمونه سوال درس : صفحه ۴۱، درس ۵

سوال شکل (۳) کاملاً در چارچوب معیار "سؤال مبتنی بر مشاهده بدون تحلیل" قرار می‌گیرد. این سوال هیچ الزامی برای تفسیر، استنباط، یا ارتباط دادن این مشاهده به یک مفهوم علمی ایجاد نمی‌کند. این سوال، دانش‌آموز را در مرحله "کشف یک پدیده" متوقف می‌کند و او را به مرحله بعدی که "فهمیدن چرایی یا چگونگی آن پدیده" است، هدایت نمی‌کند. نمره اختصاص یافته به این سوال ۰/۲ می‌باشد.

جدول ۴. معیار درجه‌بندی فعالیت‌های علمی (فعالیت، کاوشگری، آزمایش کنید)

نمره	معیار
۰	فعالیت صرفاً سرگرم‌کننده
۰/۲	آزمایش بدون تحلیل یا نتیجه‌گیری
۰/۵	فعالیتی که پدیده را نشان می‌دهد ولی تفسیر ندارد.
۰/۸	فعالیتی که مشاهده را به نتیجه‌گیری نسبی می‌رساند.
۱	آزمایشی که نتیجه را به فهم علمی ربط می‌دهد.



فصلیت

۱ در یک روز آفتابی، در حیاط مدرسه یا در خانه، پشت به آفتاب بایستید.

۲ با یک آب فشان، مانند شکل، در هوا آب پاشید.

۳ رنگین کمانی را که تشکیل می‌شود، نقاشی کنید و رنگ‌های آن را با رنگین کمان صفحه‌ی پیش مقایسه کنید.

فعالیت شکل (۴) به دانش‌آموزان امکان می‌دهد تا پدیده‌ی طبیعی رنگین‌کمان را به صورت عینی و ملموس مشاهده و ایجاد کنند. فعالیت فاقد هرگونه پرسش، راهنمایی یا درخواستی برای تفسیر علمی پدیده است. این فعالیت در سطح "فعالیتی که پدیده را نشان می‌دهد ولی تفسیر ندارد" قرار می‌گیرد.

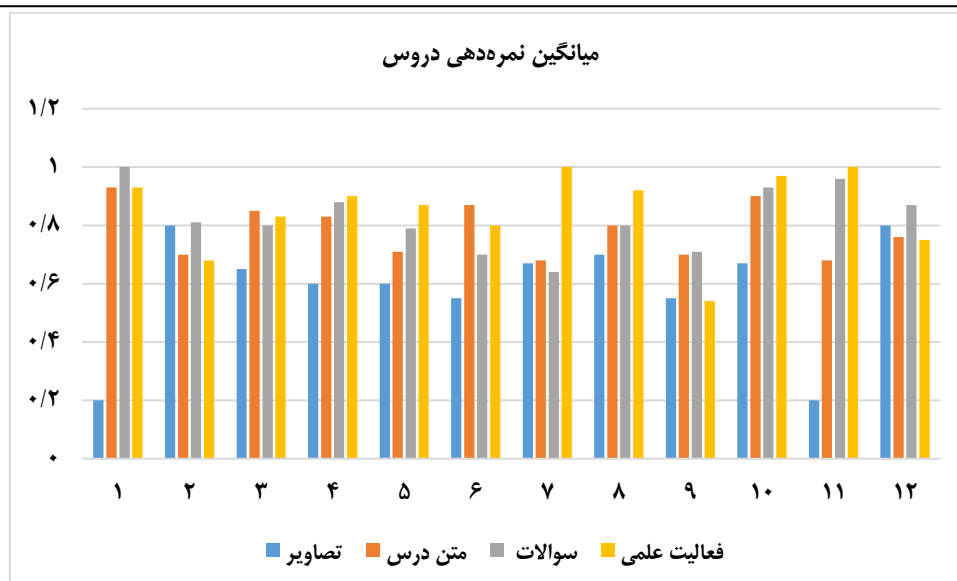
نمره اختصاص یافته به این فعالیت ۰/۵ می‌باشد.

جدول ۵. نمره دهی محتوای درس

[illegible]

-/۵	-/۲	۱	-/۵						
				-/۲	-/۵	-/۲	-/۸	۱	
						-/۸	۱	-/۲	
			-/۵	۱	۱	۱	۱	-/۸	۱
۱	-/۸	۱	۱	-/۸	۱	۱	۱	-/۸	
				۱	-/۸	۱	۱	۱	
								-/۲	
				-/۸	-/۵	-/۸	۱	-/۲	-/۸
					۱	۱	۱	-/۸	۱
						۱	۱	۱	۱
							-/۸	-/۸	-/۸
				۱	-/۸	۱	-/۸	-/۲	
		۱	۱	-/۸	۱	۱	-/۵	-/۸	
					-/۲	-/۸	۱	۱	

جدول ۵ نمره‌دهی محتوای درس را براساس معیارهای درجه‌بندی ارائه‌شده در جداول شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ مشخص می‌کند.



نمودار ۱. میانگین نمره‌دهی چهار حوزه (تصاویر، سوالات، متن درس، فعالیت‌های علمی)

جدول ۶. جدول نرمال سازی شده

نام درس	تصاویر	متن درس	سوالات	فعالیت علمی
۱	۰/۰۲۹	۰/۰۹۹	۰/۱۰۱	۰/۰۹۱
۲	۰/۱۱۴	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۶۷
۳	۰/۰۹۳	۰/۰۰۹	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱
۴	۰/۰۸۶	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۰۸۸
۵	۰/۰۸۶	۰/۰۷۵	۰/۰۰۸	۰/۰۸۵
۶	۰/۰۷۹	۰/۰۹۲	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹
۷	۰/۰۹۶	۰/۰۷۲	۰/۰۶۵	۰/۰۹۸
۸	۰/۱	۰/۰۸۵	۰/۰۸۱	۰/۰۰۹
۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۴	۰/۰۷۲	۰/۰۵۳
۱۰	۰/۰۹۶	۰/۰۹۶	۰/۰۹۴	۰/۰۹۵
۱۱	۰/۰۲۹	۰/۰۷۲	۰/۰۹۷	۰/۰۹۸
۱۲	۰/۱۱۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۷۴

جدول شماره ۶ داده‌های به‌نجارشده (P_{ij}) حاصل از تحلیل محتوای علوم تجربی پایه پنجم ابتدایی را نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه (۱) روش آنتروپی شانون داده‌ها را به‌نجار می‌کنیم:

$$p_{ij} = \frac{F_{ij}}{\sum_{i=1}^m F_{ij}} \quad (i = 1.2.3. m. j = 1.2. n)$$

جدول ۷. میزان عدم اطمینان Ej حاصل از هر یک از مقوله‌ها

مقوله‌ها	تصاویر	متن درس	سوالات	فعالیت علمی
بار اطلاعاتی	۰/۹۷۵۸	۰/۹۹۶۷	۰/۹۹۷۵	۰/۹۹۵۱

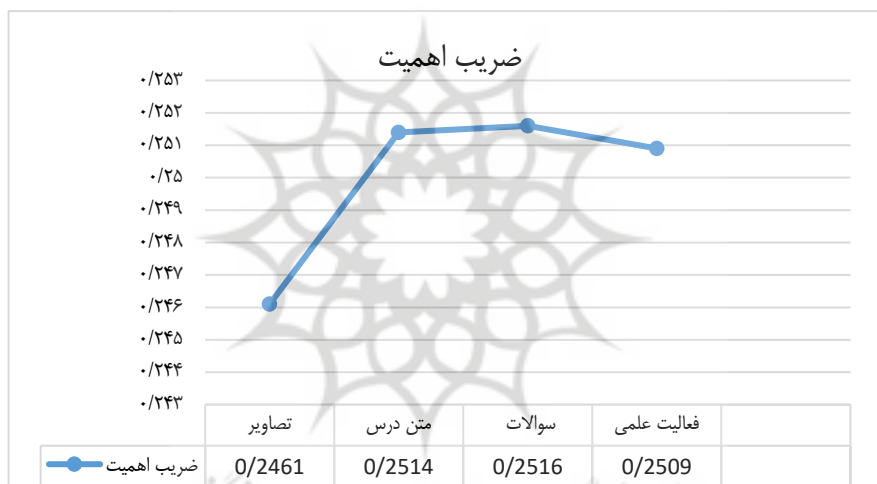
جدول شماره ۷ مقدار بار اطلاعاتی چهار حوزه (تصاویر، متن درس، سوالات و فعالیت علمی) را نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه (۲) روش آنتروپی شانون بار اطلاعاتی معقوله z را بدست می‌آوریم.

K از رابطه $k = \frac{1}{\ln M}$ بدست می‌آوریم:

$$k = \frac{1}{\ln M} = \frac{1}{\ln 12} = 0/402$$

$$Ej = k \sum_{i=1}^m [Pij \ln Pij] \quad (i=1,2,3,\dots,m, j=1,2,\dots,n) \quad k = \frac{1}{\ln M}$$

مجموع داده های بهنجار شده در هر حوزه را در رابطه (۲) جایگذاری کرده و بدست می‌آوریم.



نمودار ۲. ضریب اهمیت چهار حوزه (تصاویر، سوالات، متن درس، فعالیت‌های علمی)

نمودار (۲) براساس رابطه (۳) آنتروپی شانون بدست آوردیم:

$$wj = \frac{Ej}{\sum_{j=1}^m Ej}$$

بار اطلاعاتی بدست آمده و مجموع بار اطلاعاتی چهار حوزه را در جدول (۷) را در رابطه (۳) جایگذاری کرده و ضریب اهمیت را بدست می‌آوریم.

بر اساس ضرایب اهمیت به‌دست آمده در نمودار ۲، مشخص شده است که ستون پرسش‌ها با ضریب اهمیت ۰/۲۵۱۴، بیشترین پاسخگویی به کج‌فهمی را دارد، در حالی که ستون تصاویر با ضریب اهمیت ۰/۲۴۶۱، کمترین پاسخگویی را نشان می‌دهد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، تحلیل محتوای کتاب علوم پایه پنجم براساس میزان پاسخ‌گویی غیرمستقیم به کج‌فهمی‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون است. این پژوهش چهارحوزه (متن درس، تصاویر، پرسش‌ها، فعالیت‌های علمی) را بررسی کرده است. با توجه به تحلیل داده‌های به دست آمده از بررسی میزان پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌ها، چنین به نظر می‌رسد که در کتاب علوم تجربی پایه پنجم، بخش پرسش‌ها بیشترین پاسخ‌گویی را به کج‌فهمی دانش‌آموزان دارد و بخش تصاویر کمترین میزان را به خودش اختصاص داده است که نتایج روش شانون گویای این موضوع است.

تصاویر کتاب در رتبه آخر قرار گرفته‌اند، درحالی که این بخش از اهمیت بالایی برخوردار است. لوین و کارنی^۱ (۲۰۰۲) در پژوهشی کلاسیک نشان دادند که تصاویر زمانی بیشترین تاثیر را دارند که با هدف آموزشی و به صورت هدفمند طراحی شوند. آنان برای تصاویر در فرایند یادگیری چهار نقش اصلی بر می‌شمارند: نقش سازمان‌دهنده، تفسیر پدیده‌های پیچیده، تبدیل محتوای انتزاعی به شکل بصری و نقش تزئینی که عمدتاً جنبه زیبایی دارد و تاثیر چندانی بر یادگیری نمی‌گذارد. نتایج پژوهش گوئو و همکاران^۲ (۲۰۲۰) نیز این دیدگاه را تایید کردند، به گونه‌ای که نشان داده شد تصاویر ساده و مرتبط به طور معناداری درک مطلب را بهبود می‌بخشند، درحالی که تصاویر پیچیده ممکن است بار شناختی اضافی ایجاد کنند. در مجموع، این مطالعات بیانگر آن است که تصاویر نه صرفاً ابزار مکمل متن، بلکه یکی از ارکان اصلی در انتقال مفاهیم علمی به دانش‌آموزان محسوب می‌شوند.

فعالیت‌های علمی در رتبه سوم پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌ها قرار گرفته‌اند. مایکل آلن^۳ (۲۰۱۴) اشاره می‌کند که آزمایشات به خودی خود یادگیری درست را تضمین نمی‌کنند و درغیاب هدایت مناسب و گفت و گوی بازتابی، کج‌فهمی‌ها ممکن است حفظ یا حتی تقویت شوند. از سوی دیگر، فعالیت‌های کاوشگرانه که در آن دانش‌آموز فرضیه‌ای می‌سازد، آزمایشی طراحی می‌کند و نتایج را تحلیل و بازتاب می‌دهد، بیشترین پتانسیل را برای اصلاح مفاهیم نادرست دارند. اصل دیگری که در این زمینه مطرح است، این است که افراد اغلب زمانی بهتر یاد می‌گیرند که درگیر انجام عملی یک کار باشند.

براساس بررسی‌های انجام شده، متون درسی رتبه دوم را در پاسخ‌گویی به کج‌فهمی‌ها دارند. از دلایل این امر می‌توان به ساده سازی بیش از حد مفاهیم، تعمیم بیش از حد یا ناکافی بودن تعمیم مطالب اشاره کرد؛ پدیده‌ای که دیکمنلی و همکاران^۴ (۲۰۰۹) آن را به عنوان انواع کج‌فهمی در کتاب‌های زیست‌شناسی با رویکرد محتوامحور شناسایی کرده‌اند. یکی از مطالعات در زمینه نقش متن درس در یادگیری علوم، پژوهش میکلا اردمن^۵ (۲۰۰۲) است. نتایج این پژوهش نشان داد که متن‌های مبتنی بر تغییر مفهومی^۶ به طور معناداری درک دانش‌آموزان را بهبود بخشیدند و نسبت به متون سنتی، اثربخشی بیشتری داشتند. این مطالعه تاکید می‌کند که متن درس در کتاب‌های علوم نباید صرفاً اطلاعات را منتقل کند، بلکه باید به صورت هدفمند طراحی شده و درجهت شناسایی و اصلاح کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان عمل کند.

آموزش علوم باید به کودکان هم علاقه‌مندی و هم مهارت لازم برای انجام آزمایش‌ها را بیاموزد. تجربه عملی آزمایش‌ها نه تنها به اصلاح باورهای نادرست آن‌ها کمک می‌کند، بلکه نشان می‌دهد در علوم تجربی نمی‌توان هر چیزی را حقیقت دانست، مگر آنکه صحت آن از طریق آزمایش و تجربه اثبات شود صفوی^۷ (۱۳۷۹). یکی از روش‌های موثر برای تشخیص و بازسازی کج‌فهمی‌ها، استفاده از تمرین‌های خودتکمیلی^۷ است. این نوع فعالیت‌ها می‌توانند شامل کاربرگ‌هایی با پرسش‌های کاوشگرانه درباره یک مفهوم علمی، آزمون‌های کتبی یا آزمون‌های رایانه‌ای باشد. توصیه می‌شود فعالیت‌ها به صورت فردی انجام شود زیرا

1. Levin & carney

2. Guo et al.

3. Michael allen

4. Dikmenli et al.

5. Mikkilä Erdmann

6. conceptual change text

7. self _completion exercises

در فعالیت‌های گروهی، اغلب تنها باورهای اعضای غالب گروه، آشکار می‌شود و امکان شناسایی دقیق کج‌فهمی‌های همه دانش‌آموزان کاهش می‌یابد (مایکل الن، ۲۰۱۴).

اگر معلمان از تنوع کج‌فهمی‌هایی که ممکن است درباره‌ی یک مفهوم علمی خاص وجود داشته باشد آگاه نباشند، ممکن است آن‌ها را نادیده بگیرند؛ به‌ویژه زمانی که این کج‌فهمی‌ها به ظاهر به مفهوم علمی نزدیک‌اند، اما در واقع تفاوت‌های اساسی با آن دارند. از دیدگاه روان‌شناسی سازنده‌گرا، یادگیری زمانی موثرتر است که فرد بتواند دانش جدید را با ساختارهای ذهنی پیشین خود تلفیق کند (مایکل الن، ۲۰۱۴). اهمیت آموزش علوم در دوره ابتدایی از دو جنبه قابل توجه است یک از جنبه اینکه دانش‌آموزان می‌آموزند که باورهای درست باید بر پایه استدلال و شواهد شکل بگیرند و دو اینکه پذیرش دیدگاه‌های نادرست یا غیرعلمی در آنان کاهش می‌یابد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد هرچه زمان تثبیت یک باور نادرست بیشتر شود، اصلاح آن دشوارتر خواهد بود. از همین رو، بزرگسالان معمولاً در برابر تغییر دیدگاه‌های اشتباه خود مقاومت نشان می‌دهند. بنابراین، اگر آموزش علوم از سال‌های ابتدایی به درستی و پیوسته انجام شود، از بروز چالش‌های مفهومی در دوره‌های بالاتر، به ویژه دبیرستان، پیشگیری می‌شود (ملکی، ۱۳۸۶).



۶. منابع

- دادستان، پریخ (۱۳۷۶)، بررسی توان ذهنی و درک مفاهیم دانش‌آموزان دوره‌ی ابتدایی به منظور تعیین استانداردهای آموزشی سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزش.
- صفوی، امان الله (۱۳۷۹)، کلیات روش تدریس، مرکز تربیت معلم.
- ملکی، حسن (۱۳۸۶)، مقدمات برنامه ریزی درسی، تهران، انتشارات سمت.
- شورای عالی آموزش و پرورش. (۱۳۹۰). سند تحول بنیادین آموزش و پرورش جمهوری اسلامی ایران.
- شریعتمداری، م. (۱۳۷۵). برنامه‌ریزی درسی: مبانی، مراحل و روش‌ها. تهران: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.
- Afifah, A. (2020). Pengembangan e-modul pada mata kuliah kompetensi pembelajaran di Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Negeri Jakarta [Development of teaching materials for electronic module of learning competency in bachelor degree of building engineering education program]. *Jurnal Pensil*, 9(2), 117–124.
<https://doi.org/10.21009/jpensil.v9i2.11950>
- Allen, M. (2014). *Misconceptions in Primary Science* (2nd ed.). Open University Press.
- Azizah, N., Nur Avifah, A., David Hidayat, O., & Kurniawati, W. (2023). Miskonsepsi materi fisika gaya sebagai penyebab kurangnya kemampuan berpikir kritis dan tingkat literasi sains. *Journal Innovation In Education*, 1(4), 247–259.
<https://doi.org/10.59841/inoved.v1i4.708>
- Brookhart, S.M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*
- Carney, R. N., & Levin, J. R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5–26.
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1023/A:1013176309260>
- Chattopadhyay, D., (2016). *Didaktikogenic Miscocneptions in Physics: An example*. India.
- Darayseh, A. S., & Abu Khurma, O. S. (2020). Assessing of UAE students' involvement in science textbook for the 8th grade. *European Journal of Education Studies*, 6(12). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3676478>
- Dikmenli, M. (2009). Misconceptions of Cell Division Held by Student Teachers in Biology: A Drawing Analysis. *Academic Journals: Scientific Research and Essay*, 5(2), 235-247.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
- Duit, R. (2009). *Students' and teachers' conceptions and science education*. Leibniz Institute for Science Education (IPN), Kiel, Germany.
Available at: <https://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- Gottfried, S., & Kyle, W. C., Jr. (1992). Textbook use and the biology education desired state. *Journal of Research in Science Education*, 29 (1), 35-49.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660290105>
- Gua, D., Zhang, S., Wright, K. L., & McTigue, E. M. (2020). Do You Get the Picture? A Meta-Analysis of the Effect of Graphics on Reading Comprehension.
<https://doi.org/10.1177/2332858420901696>
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285.
<https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Halim, A. S., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Olsen, L. J., Gere, A. R., & Shultz, G. V. (2018). Identifying and Remediating Student Misconceptions in Introductory Biology via Writing-to-Learn assignments and peer review. *CBE—Life Sciences Education*, 17(2), ar28.
<https://doi.org/10.1187/cbe.17-10-0212>
- Jonsson, A., & Svingby, G. (2007). The Use of Scoring Rubrics: Reliability, Validity and Educational Consequences. *Educational Research Review*, 2, 130-144.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.05.002>
- Laeli, C. M. H., Gunarhadi, & Muzzazinah, M. (2020). Misconception of science learning in primary school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569, 042062.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042062>
- Mazur, E. 1996. *Conceptests*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- McComas, W. F. (Ed.). (1998). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (Contemporary Trends and Issues in Science Education, Vol. 5). Springer. <https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5>

- Mikkilä-Erdmann, M. (2002). Science learning through text: the effect of text design and text comprehension skills on conceptual change In Limón, M., Mason, L. (Eds), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*.
https://doi.org/10.1007/0-306-47637-1_17
- Moskal, B. M., & Leydens, J. A. (2000). Scoring Rubric Development: Validity and Reliability. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7, Article 10.
<https://doi.org/10.7275/Q7RM-GG74>
- Nakhleh, M. B., and R. C. Mitchell. (1993). Concept learning versus problem solving: There is a difference. *Journal of chemical Education*, 70(3): 190-192.
<https://doi.org/10.1021/ed070p190>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 1997. *Science Teaching Reconsidered: A Handbook*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pine, K. J., Messer, D. J., & St. John, K. (2001). Children's misconceptions in primary science: A survey of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 23(2), 117-137.
<https://doi.org/10.1080/09500690010016405>
- Saputri, D. A. F., & Widyaningrum, T. (2016). Misconceptions analysis on the virus chapter in biology textbooks for high school students grade X. *International Journal of Active Learning*, 1(1), 31-37
- Shannon, c.e. (1948). a mathematical theory of communication. *bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
<https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Simanek, D. E. (2008). *Didaktikogenic Physics Misconceptions: Student misconceptions induced by teachers and textbooks*.
- Suparno, P. (2005). *Miskonsepsi dan perubahan konsep dalam pendidikan fisika*. PT Gramedia Widya Sarana Indonesia.
- Suranti, T., & Henuhili, V. (2017). Miskonsepsi materi genetika dalam buku biologi SMA Kelas XII yang ditulis berdasarkan kurikulum 2013 di Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Prodi Pendidikan Biologi*, 6(2), 47-64.
- Saylor, G., & Alexander, W. M. (1974). *Planning curriculum for schools* (3rd ed.). Holt, Rinehart and Winston.