پژوهش در آموزش علوم تجربی، دوره ۱۲، شماره ۴۲، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۴۳-۲۷

"ویژه‌نامه ششمین همایش ملی آموزش فیزیک"

پژوهش در آموزش علوم تجربی

شاپا الکترونیکی: ۸۸۸۹-۳۱۱۵

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

شناسایی و تحلیل کج‌فهمی‌های بنیادین در یادگیری مفاهیم فیزیک

فهیمه کرمی قره قشلاقی[1*]، آیناز عاطف خضرلو[2]

۱. استادیار گروه آموزش فیزیک. دانشگاه فرهنگیان، تهران. ایران.

۲. دانشجو گروه آموزش علوم تجربی. دانشگاه فرهنگیان، تهران. ایران.

* نویسنده مسئول: (fa.karami@cfu.ac.ir)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی،

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

کلیدواژه‌ها:
یادگیری فیزیک ،
کج‌فهمی،
فیزیک کلاسیک،
فیزیک نوین ،
پیشینه نادرست.

چکیده

چکیده

علوم تجربی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین، بنیادی‌ترین و تأثیرگذارترین دروس در نظام آموزشی مدارس شناخته می‌شود؛ درسی که نقشی اساسی در شکل‌گیری دانش، نگرش و مهارت‌های علمی دانش‌آموزان ایفا می‌کند و آنان را برای درک بهتر جهان پیرامون آماده می‌سازد. این حوزه آموزشی، افزون بر انتقال مفاهیم علمی، زمینه‌ساز پرورش تفکر منطقی، حل مسئله، مشاهده دقیق و تحلیل پدیده‌های طبیعی نیز هست. در میان شاخه‌های مختلف علوم تجربی، درس فیزیک به دلیل ماهیت مفهومی، انتزاعی و گاه پیچیده مباحث خود، همواره از چالش‌برانگیزترین دروس برای بسیاری از دانش‌آموزان به شمار آمده است. پیشینه پژوهشی نشان می‌دهد که دانش‌آموزان غالباً بر اساس مشاهدات روزمره، برداشت‌های شهودی، آموزش‌های غیررسمی و گاه توضیحات نادقیق، پیش‌فرض‌های ذهنی ناسازگار با اصول علمی شکل می‌دهند. این پیش‌فرض‌ها در بسیاری از موارد به ایجاد کج‌فهمی‌های پایدار و بنیادین در یادگیری مفاهیم فیزیکی منجر می‌شود و درک صحیح آنان از موضوعات پایه را با مانع مواجه می‌کند. از همین رو، شناسایی این کج‌فهمی‌ها و تحلیل علل شکل‌گیری آن‌ها، از مسائل مهم در حوزه آموزش علوم به شمار می‌رود. این پژوهش با هدف شناسایی، دسته‌بندی و تحلیل کج‌فهمی‌های شایع دانش‌آموزان در درس فیزیک و نیز ارائه راهکارهای کاربردی برای معلمان و مدرسان این حوزه انجام شده است. روش تحقیق در این مطالعه، کیفی و با رویکرد توصیفی ـ تحلیلی بوده و داده‌ها از طریق بررسی نظام‌مند منابع کتابخانه‌ای، مقالات علمی و نشریات معتبر گردآوری شده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد که ریشه این کج‌فهمی‌ها عمدتاً در محدودیت تجربه‌های حسی، تفسیرهای غیرعلمی از پدیده‌ها، ضعف در آموزش مفاهیم پایه و شیوه‌های تدریس ناکافی نهفته است. در نهایت، این مقاله با ارائه تحلیلی ساختاریافته، چارچوبی مفهومی برای درک بهتر موانع یادگیری فراهم کرده و راهبردهایی برای بهبود فرآیند آموزش فیزیک، چه در سطح تدریس معلمان و چه در سطح یادگیری دانش‌آموزان، پیشنهاد می‌کند.

استناد: کرمی قره قشلاقی، فهیمه؛ عاطف خضرلو، آیناز، (۱۴۰۵). شناسایی و تحلیل کج‌فهمی‌های بنیادین در یادگیری مفاهیم فیزیک. پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱۲ (۴۲)، ۴۳-۲۷.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.22936.1593

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

۱. مقدمه

یادگیری فیزیک همواره به‌عنوان یکی از چالش‌برانگیزترین حوزه‌های علمی برای دانش‌آموزان شناخته شده است (هالون[1] و همکاران ، ۱۹۸۵). دانش‌آموزان پیش از ورود به کلاس درس، فرصت‌های متعددی دارند تا درباره دنیای پیرامون خود و پدیده‌های علمی مختلف، تصورات و الگوهای ذهنی گوناگونی شکل دهند. با این حال، این تصورات غالباً در تقابل با مفاهیم علمی پذیرفته‌شده قرار می‌گیرند (آلن[2]، ۲۰۱۰). درک نادرست دانش‌آموزان از پدیده‌های علمی، نه تنها قادر به تبیین درست این پدیده‌ها نیست، بلکه در نهایت به انحراف از مفاهیم علمی منجر می‌شود. این شکاف میان دیدگاه‌های دانش‌آموزان و نظریه‌های علمی پذیرفته‌شده، که مانعی جدی در برابر یادگیری معنادار و پایدار ایجاد می‌کند، کج‌فهمی نامیده می‌شود. در ادبیات پژوهش، این پدیده با عناوینی همچون تصورات جایگزین، استدلال عامیانه و پندارهای پیشین نیز شناخته می‌شود (میرزایی و قلخانی، ۱۳۹۵). ویژگی اصلی کج‌فهمی‌ها آن است که دانش‌آموزان تعاریف و تبیین‌های جایگزینی برای مفاهیم علمی ارائه می‌دهند و بسیاری از آنان به این باورهای نادرست به‌عنوان واقعیت‌های علمی پایبندند. تغییری که به دلیل عمق این باورها، امری بسیار دشوار است و مانع جدی برای تفهیم واقهیت‌های علمی هستند (باشیر[3]و همکاران، ۲۰۱۸).

کج‌فهمی هنگامی رخ می‌دهد که درک فرد از یک پدیده با مفهوم علمی پذیرفته‌شده آن در تضاد باشد. شیوع کج‌فهمی‌های مشابه در فرهنگ‌ها و جوامع گوناگون حاکی از آن است که عوامل بیرونی همچون روش‌های ناکارآمد آموزشی، محتوای کتاب‌های درسی نامناسب و کاربرد غیردقیق زبان روزمره در تدریس مفاهیم علمی، از جمله منابع بالقوه شکل‌گیری این سوءتفاهم‌ها هستند (انارکی و همکاران، ۱۳۹۴). از جمله عوامل مؤثر در پیدایش کج‌فهمی‌ها در کودکان می‌توان به تجربیات پیشین نادرست، اشتراک واژگانی بین زبان علمی و روزمره، بی‌توجهی به دقت اصطلاحات علمی در فرآیند تدریس، نقایص موجود در متن و تصاویر کتاب‌های درسی و روش‌های نادرست تدریس اشاره کرد که هر یک سهمی در تقویت این تصورات نادرست ایفا می‌کنند (بدریان و همکاران، ۱۳۹۲). فیزیک به عنوان علمی که به بررسی پدیده‌های طبیعی و کشف قوانین بنیادین حاکم بر جهان می‌پردازد، مستلزم درکی عمیق از مفاهیم غالباً انتزاعی و توانایی تحلیل مسائل پیچیده است (مک درموت[4]، ۱۹۹۱). با این حال، شمار قابل توجهی از دانش‌آموزان در فرآیند یادگیری این مفاهیم، با کج‌فهمی‌های ریشه‌دار و تصورات نادرستی مواجه می‌شوند که نه تنها مانع دستیابی به درکی صحیح می‌گردد، بلکه سبب تثبیت این اشتباهات در طول دوران تحصیل و حتی در مواجهه با موقعیت‌های روزمره زندگی می‌شود (وسنیادو[5] ، ۱۹۹۴).

کج‌فهمی‌ها در یادگیری فیزیک عمدتاً ریشه در تجربیات روزمره، تفسیرهای نادرست از پدیده‌های علمی و یا روش‌های ناکارآمد تدریس دارند (هامر[6]، ۱۹۹۶). برای نمونه، باور رایج بسیاری از دانش‌آموزان مبنی بر سقوط سریع‌تر اجسام سنگین‌تر در مقایسه با اجسام سبک‌تر، در تعارض مستقیم با قوانین سقوط آزاد نیوتن قرار دارد (هالون[7] و همکاران ، ۱۹۸۵). چنین کج‌فهمی‌هایی محدود به سطوح تحصیلی پایین نیستند و حتی در مراحل پیشرفته‌تر آموزشی نیز تداوم می‌یابند. امری که آن‌ها را به موانعی جدی در مسیر تحقق یادگیری عمیق و معنادار فیزیک تبدیل می‌کند (مک درموت، ۱۹۹۱).

باورهای نادرست در فیزیک به باورهایی اطلاق می‌شود که با واقعیت‌های علمی ثابت‌شده در تضاد هستند (اریلماز[8]،۲۰۰۲). این باورها چالش‌های مشخصی در دروس علوم تجربی از قبیل فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و حتی ریاضیات ایجاد می‌کنند (استین[9] و همکاران ، ۲۰۰۸). اگرچه اکثر معلمان در طول فرآیند تدریس با این تصورات نادرست دانش‌آموزان مواجه می‌شوند، اما

[1] Halloun & Hestenes
[2] Allen
[3] Basheer
[4] McDermott
[5] Vosniadou
[6] Hammer
[7] Halloun
[8] Eryilmaz
[9] M. Stein

هیچ تضمینی وجود ندارد که همه آن‌ها اقدامات آگاهانه و نظام‌مندی را برای اصلاح این باورها به کار گیرند. منبع شکل‌گیری بسیاری از این تصورات نادرست، تجربیات عملی محدود و غیردقیق دانش‌آموزان است (بایراکتار[1]،۲۰۰۹). نقش تجربیات اولیه کودکان در مراحل آغازین یادگیری فیزیک بسیار برجسته و تأثیرگذار است (هستنس ،۱۹۹۲). تصورات نادرستی که در مقاطع تحصیلی بالاتر مشاهده می‌شوند، ممکن است از استدلال‌های غیرمنطقی نشأت بگیرند یا بخشی از یک سیستم فکری پیچیده و چندوجهی را تشکیل دهند که تغییر آن به مداخلات آموزشی هدفمند نیاز دارد.

کج‌فهمی‌ها در فیزیک به‌ویژه در مفاهیم بنیادینی مانند نیرو، حرکت و الکتریسیته با فراوانی بیشتری در میان دانش‌آموزان مشاهده می‌شود که عمدتاً ریشه در تجربیات روزمره و مشاهدات غیردقیق آنان دارد. اصلاح این‌گونه کج‌فهمی‌ها مستلزم به‌کارگیری رویکردهای آموزشی متفاوت و نوین از سوی معلمان است (ملتزر[2]،۲۰۰۶). به‌عنوان نمونه، در حیطه مکانیک، یکی از رایج‌ترین کج‌فهمی‌ها مربوط به مفهوم نیرو و حرکت است. بسیاری از دانش‌آموزان به‌طور نادرست معتقدند که برای تداوم حرکت یک جسم، همواره باید نیرویی در جهت حرکت به آن وارد شود. این تصور که در تضاد آشکار با قانون اول نیوتن (قانون لَختی) قرار دارد، ناشی از نادیده گرفتن مفهوم اینرسی است. به‌گونه‌ای که دانش‌آموزان حرکت را نه به عنوان حالت طبیعی اجسام، بلکه به عنوان پدیده‌ای نیازمند اعمال نیروی دائمی می‌پندارند (هالون و هستنس[3]،۱۹۸۵). کج‌فهمی‌ها می‌توانند به کاهش انگیزه دانش‌آموزان بیانجامند و به یادگیری نادرست و فقدان درک عمیق علمی، به‌ویژه در مواجهه با موضوعات پیچیده فیزیکی، منجر شوند (هستنس[4] و همکاران ، ۱۹۹۲). از این رو، شناسایی و اصلاح این کج‌فهمی‌ها از اهمیتی راهبردی برخوردار است. چرا که درک صحیح از مفاهیم فیزیکی نه تنها سنگ بنای موفقیت تحصیلی است، بلکه برای کاربرد عملی این دانش در موقعیت‌های واقعی زندگی نیز ضروری محسوب می‌شود.

هدف اصلی این پژوهش، شناسایی عمیق و تحلیل ساختاریافته کج‌فهمی‌های رایج در فیزیک با بهره‌گیری از یک رویکرد کیفی-توصیفی است. در گام نخست، این تحقیق در پی طراحی و اعتبارسنجی یک ابزار تشخیصی است که توانایی شناسایی طیف وسیعی از کج‌فهمی‌ها را داشته باشد. این ابزار به معلمان امکان می‌دهد تا درکی کل‌نگرانه‌تر از فرآیند یادگیری دانش‌آموزان کسب کرده و موانع شناختی آنان را به طور دقیق‌تری رصد کنند. در بعد نظری، پژوهش حاضر با ارائه یک مدل جامع که عوامل مؤثر بر شکل‌گیری کج‌فهمی‌ها و روابط متقابل آن‌ها را ترسیم می‌کند، در نهایت به طراحی و پیشنهاد راهبردهای آموزشی هدفمند و اثربخش برای اصلاح این کج‌فهمی‌ها و ارتقای کیفیت تدریس فیزیک می‌پردازد.

بر این اساس و طبق مطالعات انجام شده در ادبیات پژوهشی، سؤالات اصلی این پژوهش به شرح زیر تدوین شده‌اند:

۱. کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مفاهیم پایه فیزیک کدام‌اند؟
۲. چه عواملی بر شکل‌گیری و تداوم کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در این حوزه‌ها تأثیر می‌گذارند؟
۳. آیا بین کج‌فهمی‌های معلمان و دانش‌آموزان در این موضوع رابطه معناداری وجود دارد؟
۴. کدام روش‌های آموزشی در اصلاح کج‌فهمی‌های شناسایی شده مؤثرتر هستند؟

۲. ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش

پژوهش احمدآبادی (۱۳۹۹) که با هدف سنجش توانایی دانش‌آموزان پایه دوازدهم در به‌کارگیری الگوی تفکر چندسطحی جانستون و همچنین شناسایی کج‌فهمی‌های آنان در مبحث پیوندهای شیمیایی انجام شد، نشان داد اگرچه اکثر دانش‌آموزان قادر به ارائه تعاریف صحیحی از پیوندهای یونی و کووالانسی بوده و حتی می‌توانند ساختارهای لوویس را ترسیم یا مدل‌های فیزیکی بسازند، اما در مرحله تحلیل و استنتاج از این مدل‌ها دارای کج‌فهمی‌های عمیق هستند. به عبارت دیگر، دانش آنان اگرچه وسیع است، اما عمیق نیست. همانگونه که موسوی و همکاران (۱۴۰۱) اشاره کرده‌اند، از مهم‌ترین دلایل این یادگیری ناپایدار و سطحی

[1] S. Bayraktar
[2] Meltzer
[3] Halloun & Hestenes
[4] Hestenes

می‌توان به حجم انبوه مطالب درسی، غلبه روش‌های تدریس غیرفعال مانند سخنرانی محض آموزشگر و عدم ایجاد انگیزه و کشف علمی در محیط‌های آموزشی اشاره نمود. سوءتفاهم‌های دانش‌آموزان در حوزه فیزیک، مدت‌هاست که به‌عنوان چالشی بنیادین در برابر دستیابی به درکی عمیق از مفاهیم علمی مطرح بوده است. کوتسیس[1] (۲۰۲۳) بر این باور است که ریشه این سوءتفاهم‌ها را می‌توان در موانع زبانی مانند اشتراک واژگان در زبان علمی و روزمره، تأثیرات فرهنگی و ساختارهای دانش قبلی نادرست با آموزش‌های غیررسمی جستجو کرد. این باورهای نادرست، به‌دلیل آنکه اغلب در ذهن یادگیرندگان ریشه‌دار هستند، می‌توانند به‌صورت پایدار در طول زمان باقی بمانند و به دنبال آن، منجر به تفسیرهای نادرست از موضوعات پیچیده فیزیکی شوند (وسنیادو[2]، ۲۰۲۰). در این میان، نقش معلمان به‌عنوان عاملان تغییر، نقشی کلیدی است. همانطور که اسم[3] (۲۰۲۳) نیز تأکید کرده، معلمان می‌توانند با شناسایی و اصلاح فعالانه این کج‌فهمی‌ها، به دانش‌آموزان کمک کنند تا الگوهای ذهنی دقیق‌تر و علمی‌تری از جهان اطراف خود ساخته و درکی عمیق‌تر از مفاهیم پایه فیزیک کسب نمایند. سوهارتو[4] و همکاران (۲۰۱۹) در یک مطالعه مروری نظام‌مند، به بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانشجویان در دروس علوم و ابزارهای مورد استفاده برای ارزیابی این کج‌فهمی‌ها پرداختند. این پژوهش با مقایسه نقاط قوت و ضعف ابزارهای تشخیصی به‌کار رفته در مطالعات پیشین، نشان داد که مفاهیم انتزاعی در حوزه‌هایی مانند فیزیک، شیمی آلی و زیست‌شناسی مولکولی، بیشترین زمینه را برای شکل‌گیری کج‌فهمی در میان دانشجویان فراهم می‌کنند. پژوهش‌ها به‌طور قاطعانه نشان می‌دهند که کج‌فهمی‌های مفهومی، به‌ویژه هنگامی که در ساختار شناختی یادگیرنده تثبیت شوند، به سادگی قابل اصلاح نیستند. لامیچان[5] (۲۰۱۸) با تأکید بر این چالش، استدلال می‌نماید که در صورت وجود کج‌فهمی در بنیان دانش فرد، وی تمایل دارد دانش جدید را بر اساس همان چارچوب نادرست قبلی تفسیر و ساماندهی کند. این فرآیند نه تنها به تثبیت بیشتر باور نادرست پیشین می‌انجامد، بلکه سبب می‌شود ساختار دانش جدید نیز از همان ابتدا آلوده به کج‌فهمی شده و به صورت تصاعدی گسترش یابد. در این راستا هارمالا براسکن[6] و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی جالب‌توجه، به بررسی کج‌فهمی‌های دانشجومعلمان در فنلاند درباره ساختارهای اتمی پرداختند. داده‌های این مطالعه در بازه زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶ جمع‌آوری شد. یافته‌ها حاکی از آن بود که در هر سال، بین ۴۰ تا ۸۰ درصد از این دانشجومعلمان، بسته به مفاهیم مورد بررسی، همان کج‌فهمی‌هایی را از خود نشان می‌دادند که معمولاً در دانش‌آموزان ۵ تا ۱۷ ساله مشاهده می‌شود. ریشه بسیاری از کج‌فهمی‌ها را می‌توان در ماهیت انتزاعی و غیرشهودی مفاهیم پیچیده علمی و همچنین تبیین‌های ناکافی از این پدیده‌ها جستجو کرد (زولر[7]، ۱۹۹۶). شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که نه تنها همبستگی مستقیمی بین کج‌فهمی‌های معلمان و دانش‌آموزان وجود دارد، بلکه در مواردی تا ۹۰ درصد از کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان مستقیماً به باورهای نادرست معلمان‌شان مربوط می‌شود (لما[8]، ۲۰۱۳). در چنین شرایطی، ایجاد تغییر مفهومی در دانش‌آموزان، مستلزم وقوع تغییر مفهومی در معلمان آنان است. این یافته بر اهمیت حیاتی پژوهش بر روی نظام باورهای دانشجومعلمان تأکید می‌ورزد. اگرچه نمی‌توان مسئولیت تمام کج‌فهمی‌ها را یک‌سره به معلمان نسبت داد، اما شیوع الگوهای مشابه کج‌فهمی در فرهنگ‌ها و جوامع مختلف نشان می‌دهد که عوامل ساختاری و بیرونی از قبیل روش‌های منسوخ آموزشی، محتوای کتاب‌های درسی ناقص و استفاده غیرانتقادی از زبان روزمره در آموزش مفاهیم علمی، از جمله عوامل کلیدی تغذیه‌کننده این چالش هستند (ترقوت[9]، ۲۰۱۱). یکی از عوامل تعیین‌کننده در شکل‌گیری کج‌فهمی‌ها، ساختار دانش قبلی یادگیرنده است. دانش پیشین، متغیری کلیدی در موفقیت فرآیند یادگیری علوم به شمار می‌رود. زمانی که یادگیرنده بتواند بین دانش جدید و شبکه مفهومی موجود در ذهن خود ارتباط معناداری برقرار کند، یادگیری به صورت عمیق و پایدار صورت می‌پذیرد. در مقابل، عدم یکپارچگی دانش جدید با ساختارهای شناختی پیشین، نه تنها به یادگیری مؤثر منجر

[1] kotsis
[2] Vosniadou
[3] Assem
[4] Soeharto
[5] Lamichhane, R
[6] Harmalaa-Brasken
[7] Zoller, U
[8] Lemma, A
[9] Turgut, Ü

نمی‌شود، بلکه بر حجم و عمق کج‌فهمی‌های فرد می‌افزاید (نکیب اوغلو[1]،۲۰۰۳). با این حال، باید توجه داشت که منشأ کج‌فهمی‌ها چندبعدی است. همانگونه که پژوهشگرانی همچون چی[2] (۱۹۹۲) نیز تأکید کرده‌اند، این پدیده تنها متأثر از دانش قبلی نیست، بلکه می‌توان آن را حاصل تعامل سه‌گانه‌ای از عوامل شامل ویژگی‌های شناختی خود یادگیرنده، روش‌ها و باورهای معلم و همچنین نواقص موجود در محتوای کتاب‌های درسی دانست.

۳. روش شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف تحقیق نظام‌مند و ارائه چارچوبی یکپارچه از کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در درس فیزیک، با بهره‌گیری از روش سنتزپژوهی و با رویکرد کیفی–توصیفی انجام شده است. در این راستا، با بررسی انتقادی و یکپارچه‌سازی یافته‌های موجود، به ارائه‌ی تحلیل‌های مفهومی و مدل‌سازی عوامل مؤثر اقدام شده است.تا جایی که پژوهشگران بررسی کردند. مستندات مورد بررسی، شامل کلیه مقالات پژوهشی منتشرشده به زبان‌های فارسی و انگلیسی و منابع معتبر الکترونیکی از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۴ خورشیدی (و معادل میلادی: ۱۹۹۰–۲۰۲۵) بوده است. جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی از جمله پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)، مگیران و پایگاه‌های خارجی از جمله Google Scholar، ERIC، ScienceDirect، و SpringerLink و با کلیدواژه‌هایی همچون کج‌فهمی، تصورات نادرست، آموزش فیزیک، یادگیری فیزیک، مفاهیم پایه فیزیک و معادل انگلیسی آنها انجام پذیرفت. برای گردآوری داده‌ها از روش مطالعه کتابخانه‌ای نظام‌مند و از ابزار فیش‌برداری ساختاریافته استفاده شد. در این فیش‌ها، اطلاعاتی شامل نویسنده، سال انتشار، جامعه مورد مطالعه، روش تحقیق، مفاهیم فیزیکی بررسی‌شده، فهرست کج‌فهمی‌های شناسایی‌شده، عوامل شکل‌دهنده و راهکارهای اصلاحی پیشنهادی، ثبت گردید. در فرآیند گزینش و غربالگری مطالعات معیارهای ورودی و خروج از منابع پژوهش اعمال شد. از جمله ورودی‌ها می‌توان به این موضوع اشاره کرد که مطالعه مستقیماً به شناسایی یا تحلیل کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مفاهیم فیزیک مانند مکانیک، الکتریسیته، مغناطیس، ترمودینامیک و... مربوط باشد. یا مطالعه در مجلات علمی–پژوهی معتبر داخلی یا بین‌المللی، منتشر شده باشد. از طرفی دیگر منابعی مورد قبول بودند که متن کامل مطالعه در دسترس باشد و به راهکارهای آموزشی برای اصلاح کج‌فهمی‌ها اشاره کند. در طرف مقابل مطالعاتی که به صورت متن کنفرانس یا چکیده بوده و تحلیل کامل ارائه نکرده‌اند و به حوزه‌های دیگر علوم (مانند شیمی یا زیست‌شناسی) پرداخته‌اند و یا فاقد استدلال علمی مستند و روش تحقیق واضح بودند، از چرخه بررسی بیرون گذاشته شدند. تحلیل داده‌های گردآوری‌شده در سه گام توصیف، تحلیل و تبیین انجام شده و بازگو می‌شود. با این روش، تلاش شده است تا امکان ارائه تصویری جامع و عمیق از مسئله کج‌فهمی در فیزیک و راهکارهای مقابله با آن را فراهم بسازیم.

۴. یافته‌های پژوهش

با توجه به بررسی و واکاوی نظام‌مند منابع و مطالعات پیشین، موارد متعددی از کج‌فهمی‌های ساختاریافته و مشترک در بین یادگیرندگان علم فیزیک شناسایی شد. در ادامه، به‌منظور ارائه تصویری شفاف‌تر از این یافته‌ها، شش مورد از بارزترین و پرتکرارترین این کج‌فهمی‌ها همراه با تبیین ریشه‌ها و پیامدهای هریک، به‌تفصیل مورد بحث و تحلیل قرار می‌گیرد.

مفهوم گرما و دما

مطالعات متعددی به بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مورد مفاهیم دما و گرما پرداخته‌اند. به عنوان مثال، ناصری آذر (۱۳۹۱) در پژوهش خود دریافت که دانش‌آموزان دوره ابتدایی، درک مفهومی صحیحی از این دو مفهوم و تمایز میان آن‌ها ندارند. این مسئله تنها به دوره ابتدایی محدود نبوده و یافته‌های احمدی (۱۳۹۱) حاکی از آن است که حتی دانش‌آموزان دوره راهنمایی نیز قادر به کاربست صحیح این مفاهیم در موقعیت‌های یادگیری جدید نبوده‌اند. در سطحی بین‌المللی، اریکسون (۱۹۸۵) نیز به کج‌فهمی‌های

[1] Nakiboglu
[2] Chi, M.

مشابهی اشاره کرده است. اگرچه بیشتر دانش‌آموزان انتقال گرما از جسم گرم به جسم سرد را درک می‌کنند، اما همچنان بر این باور نادرست پای می‌فشرند که دمای یک جسم به اندازه آن بستگی دارد. به این معنی که هرچه جسم بزرگ‌تر باشد، دمای آن نیز بالاتر خواهد بود. این باور، نشان‌دهنده عدم درک صحیح از مفهوم دمای تعادلی و عوامل مؤثر بر دما است. تایبرغین (۱۹۸۵) نیز در مطالعه‌ای بر روی دانش‌آموزان ۱۲ ساله به کج‌فهمی‌های مشابهی دست یافت. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که دانش‌آموزان اغلب گرما را صرفاً معادل احساس داغی می‌پندارند، در حالی که دما را مفهومی مستقل و مرتبط با هر دو کیفیت سردی و گرمی تفسیر می‌کنند. شکل افراطی‌تر این کج‌فهمی در بین گروهی دیگر از دانش‌آموزان مشاهده شد که به کلی هیچ تمایزی بین این دو مفهوم قائل نبوده و آن‌ها را کاملاً یکسان در نظر می‌گرفتند. این نتایج حاکی از آن است که درک نادرست از ماهیت ذاتی گرما به عنوان یک شکل از انرژی و دما به عنوان مقیاسی از متوسط انرژی جنبشی ذرات، حتی در پایه‌های سنی پایین نیز به وضوح ریشه دوانده است.

همچنین در یک مطاله جامع‌تر بدریان و همکاران (۱۳۹۲) پژوهشی با هدف بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه پنجم ابتدایی در حوزه مفاهیم گرما و دما انجام دادند. جامعه آماری این پژوهش را همهٔ دانش‌آموزان پایه پنجم مدارس ابتدایی شهر تهران در سال تحصیلی ۱۳۹۰—۹۱ تشکیل می‌دادند و نمونه‌ای به حجم ۱۳۶ نفر از دانش‌آموزان پسر از چهار آموزشگاه دولتی پسرانه در منطقهٔ ۶ تهران، با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای انتخاب شد. در این مطالعه، از ابزارهای ترکیبی شامل آزمون تشخیصی انشایی و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته استفاده شد. پرسشنامه پژوهش شامل ۵ سؤال تشخیصی در قالب چندگزینه‌ای و بازپاسخ بود که دانش‌آموزان می‌بایست با انتخاب گزینه و ارائه توضیح کافی به آن‌ها پاسخ می‌دادند. بررسی پاسخ‌های دانش‌آموزان منجر به شناسایی الگوهای متعددی از کج‌فهمی شد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ماده‌ای که داغ‌تر است گرمای بیشتری دارد.
- دمای ماده با گرمای آن ارتباط مستقیم دارد.
- ماده گرم همیشه گرما می‌گیرد.
- انتقال گرما از لیوان دارای آب سرد به لیوان دارای آب گرم است.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دانش‌آموزان پایه پنجم ابتدایی با چالش‌های جدی در درک مفاهیم بنیادی گرما و دما روبه‌رو هستند و قادر به کاربست صحیح این مفاهیم در موقعیت‌های مختلف نیستند.

مفاهیم سینماتیک و دینامیک

کوزمان[1] (۲۰۱۷) در پژوهشی با هدف سنجش درک مفاهیم بنیادین مکانیک، از نسخه‌ای استانداردشده از آزمون نیرو هالون و هستنس متشکل از ۲۹ پرسش در حوزه‌های سرعت و شتاب، مفهوم نیرو، قانون دوم نیوتن، حرکت پرتابی و نیروی مقاومت هوا بهره گرفت. نمونه آماری این پژوهش را ۱۱۴ شرکت‌کننده شامل دانش‌آموزان سه دبیرستان و ۲۲ دانشجوی ۱۹ ساله سال اول تشکیل می‌دادند. یکی از پرسش‌های کلیدی این آزمون به شرح زیر بود:

«پسری یک توپ فولادی را به‌صورت مستقیم به سمت بالا پرتاب می‌کند. با صرف‌نظر از اثر مقاومت هوا، نیروی وارد بر توپ از لحظه پرتاب تا بازگشت به زمین کدام است؟»

گزینه‌هایی که شرکت‌کنندگان پژوهش می‌توانستند انتخاب کنند، به شرح زیر بود:

الف) وزن آن به‌صورت عمودی به سمت پایین به همراه نیروی رو به بالای به‌طور پیوسته کاهنده.

ب) نیروی رو به بالای به‌طور پیوسته کاهنده از لحظه‌ای که توپ از دست خارج می‌شود تا زمانی که به بالاترین نقطه خود برسد، که پس از آن نیروی رو به پایین گرانش به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد، در حالی که جسم به زمین نزدیک‌تر می‌شود.

پ) نیروی رو به پایین گرانش به‌طور ثابت به همراه نیرویی رو به بالا که به‌طور پیوسته کاهش می‌یابد تا توپ به بالاترین نقطه خود برسد، که پس از آن فقط نیروی رو به پایین گرانش به‌طور ثابت وجود دارد.

ت) فقط نیروی رو به پایین گرانش به‌طور ثابت.

[1] kuzcmann

ث) هیچ‌یک از موارد فوق، توپ به سادگی به زمین می‌افتد زیرا این عمل طبیعی آن است.

این پرسش به‌طور مشخص بر آزمون درک شرکت‌کنندگان از قانون اول و دوم نیوتن و تجزیه‌وتحلیل نیروهای وارد بر جسم در حال حرکت قائم متمرکز بود. گزینه صحیح در این سناریو گزینه ت است، چرا که پس از رها شدن توپ، تنها نیروی وارد بر آن (در نبود مقاومت هوا) نیروی گرانش ثابت است. انتخاب گزینه‌های دیگر نشان‌دهنده کج‌فهمی رایج در باور به وجود نیروی پرتابه یا نیروی ذاتی حرکت در جسم است. نتایج حاصل این‌گونه بوده است که: ۸۵٪ از دانش‌آموزان کلاس نهم، ۸۰٪ از دانش‌آموزان کلاس یازدهم و ۸۲٪ از دانشجویان دانشگاه، حرکت یک توپ پرتاب‌شده به‌صورت عمودی را با نیروی رو به بالای کاهنده‌ای که بر توپ وارد می‌شود، توضیح دادند و نوعی از کج‌فهمی را به همراه داشتند.

پرسش دوم مورد مطالعه حرکت پرتابه‌ای توپ گلف بود که درباره نیروهای وارده بر توپ حین حرکت بحث می‌کرد. در بررسی پاسخ به این سؤال نیز نتایج مشابهی حاصل شد. به طور مثال ۸۲٪ دانش‌آموزان کلاس نهم و ۷۳٪ از دانش‌آموزان کلاس یازدهم معتقد بودند که نیروی ضربه در تمام مدت پرواز توپ گلف بر آن وارد می‌شود. پاسخ درست تنها توسط ۲۰٪ از دانش‌آموزان کلاس یازدهم و ۸٪ از دانش‌آموزان کلاس نهم پیدا شد. موارد بسیار مشابه در گروه دانشجویان دانشگاه اتفاق افتاد، جایی که ۱۸٪ از پاسخ‌دهندگان پاسخ درست و ۷۷٪ پاسخ نادرست دادند.

بر اساس تحلیل پاسخ‌های دانش‌آموزان به پرسش‌های مربوط به توپ گلف و توپ پرتاب شده به سمت بالا، می‌توان دریافت که این پاسخ‌ها تصادفی نیستند، بلکه از یک الگوی فکری نظام‌مند و ریشه‌دار سرچشمه می‌گیرند. به نظر می‌رسد دانش‌آموزان به‌طور ناخودآگاه امکان تداوم حرکت را به وجود یک نیروی دائمی و فعال گره زده‌اند. این باور نادرست، از نظر تاریخی نیز سابقه‌ای طولانی دارد و در واقع، هسته مرکزی فیزیک ارسطویی را تشکیل می‌داده است. در آن چارچوب فکری، حرکت هر جسم با نیرویی که همواره به آن وارد می‌شود و عامل محرک آن است، توضیح داده می‌شد. این دیدگاه در تضاد بنیادین با قانون لَختی (اینرسی) نیوتن قرار دارد که مطابق آن، جسم در حال حرکت، برای حفظ حالت حرکت خود به هیچ نیروی خالصی نیاز ندارد. بنابراین، کج‌فهمی شناسایی‌شده تنها یک اشتباه ساده نیست، بلکه بازتابی از یک گذار ناتمام از تفکر ارسطویی به تفکر نیوتنی در ذهن یادگیرنده است. این موضوع لزوم تأکید آموزشی بیشتر بر شکستن این الگوهای ذهنی و تبیین صحیح قانون اول نیوتن را آشکار می‌سازد.

شکل دیگری از کج‌فهمی رایج در میان دانش‌آموزان، عدم تمایز بین مفهوم مکان و سرعت است. این چالش زمانی آشکار می‌شود که آنان قادر به تشخیص مرز بین موقعیت یک جسم و نرخ تغییر موقعیت آن نیستند. برای نمونه، بسیاری از دانش‌آموزان به‌طور نادرست تصور می‌کنند که:

- اگر جسمی در مکان بالاتری قرار دارد، سرعت بیشتری دارد.
- در نمودارهای مکان–زمان، نقاط بالاتر را با سرعت بیشتر تفسیر می‌کنند.
- اشتباه در درک اینکه سرعت برابر شیب نمودار مکان–زمان است، نه ارتفاع نقاط روی نمودار.

علت ریشه‌ای این کج‌فهمی‌ها به تجربیات روزمره آنان باز می‌گردد که اجسام در ارتفاع بالاتر معمولاً سرعت بیشتری دارند (مثل ریختن آب از بالا) یا اینکه دانش‌آموزان درک درستی از مفهوم مشتق و رابطه آن با شیب ندارند (بیشنر[1]، ۱۹۹۴). این نوع کج‌فهمی نشان می‌دهد که درک شهودی دانش‌آموزان از حرکت، اغلب با تعاریف دقیق علمی همخوانی ندارد و منجر به تفسیرهای نادرست از نمودارهای مکان—زمان و سرعت—زمان می‌گردد.

به طور خلاصه می‌توان بیان داشت، باور به لزوم وجود یک نیروی محرکه دائمی برای حفظ حرکت، یکی از رایج‌ترین و پایدارترین کج‌فهمی‌ها در میان دانش‌آموزان در حیطه دینامیک محسوب می‌شود. بر اساس این باور نادرست، دانش‌آموزان معتقدند هر جسم متحرکی برای تداوم حرکت خود به یک نیروی فعال و مداوم در جهت حرکت نیاز دارد. برای نمونه، آنان تصور می‌کنند که برای نگهداری یک کتاب روی میز، میز باید همواره نیرویی به سمت بالا اعمال کند، یا در مثال حرکت افقی، باوری قوی به ضرورت وجود یک نیروی پیش‌برنده ثابت دارند. این نگرش در نهایت به عدم درک صحیح از قانون اول نیوتن (قانون لختی)

[1] Beichner

می‌انجامد، که مطابق آن، جسم در حال حرکت یکنواخت، در صورت عدم وجود نیروی خالص، به حرکت خود ادامه می‌دهد. مطالعات، از جمله پژوهش هستنس[1] (۱۹۹۲)، نشان می‌دهند که این کج‌فهمی حتی پس از گذراندن دوره‌های آموزش رسمی فیزیک نیز در ذهن شمار قابل‌توجهی از دانش‌آموزان پایدار می‌ماند. این پایداری، لزوم به‌کارگیری روش‌های تدریس هدفمند و راهبردهای آموزشی ویژه را برای ایجاد «تغییر مفهومی» و جایگزینی این الگوی فکری نادرست با درک علمی ضروری می‌سازد.

حرکت آسانسور

درک رفتار نیروها در یک سیستم شتاب‌دار نظیر آسانسور، از جمله مفاهیم چالش‌برانگیز در آموزش دینامیک است. مطابق اصول فیزیک نیوتنی، هنگامی که آسانسور با شتاب به سمت بالا حرکت می‌کند، نیروی عمودی تکیه‌گاه کف آسانسور بر فرد، از نیروی وزن (گرانش) او بیشتر می‌شود. این حالت زمانی رخ می‌دهد که آسانسور در حال حرکت به بالا و در حال افزایش سرعت (شتاب مثبت) باشد، یا در حال حرکت به پایین و کاهش سرعت (شتاب منفی) باشد. در هر دو حالت، شتاب خالص به سمت بالا است و فرد احساس سنگینی می‌کند. برعکس، اگر آسانسور با شتاب به سمت پایین حرکت کند (چه در حال افزایش سرعت هنگام پایین آمدن و چه در حال کاهش سرعت هنگام بالا رفتن)، نیروی عمودی تکیه‌گاه از نیروی وزن کمتر خواهد بود و فرد احساس سبکی می‌نماید. تنها در حالتی که آسانسور ساکن باشد یا با سرعت ثابت حرکت کند، نیروی نرمال و نیروی وزن با یکدیگر برابرند.

بر اساس یافته‌های پژوهش کوزمان[2] (۲۰۱۷)، در پرسش مربوط به تحلیل نیروهای وارد بر آسانسور در حال حرکت، الگوی نادرستی از درک دانش‌آموزان آشکار شد. نتایج نشان داد که بخش قابل‌توجهی از دانش‌آموزان، وجود یک نیروی اضافی را با صِرف حرکت مرتبط می‌دانند؛ به‌طوری که ۷۹٪ از دانش‌آموزان پایه نهم و ۵۷٪ از دانش‌آموزان پایه یازدهم باور داشتند که وقتی آسانسور با سرعت ثابت (حرکت یکنواخت و بدون اصطکاک) به سمت بالا حرکت می‌کند، طناب متصل به آن نیروی بیشتری نسبت به حالت سکون وارد می‌کند. این پاسخ، نشان‌دهنده تداوم همان کج‌فهمی بنیادین در درک قانون اول نیوتن است. دانش‌آموزان علی‌رغم آموزش‌های رسمی، به اشتباه فکر می‌کنند که حفظ حرکت یکنواخت، به نیروی خالص و دائمی نیاز دارد. این در حالی است که در حرکت یکنواخت، شتاب صفر بوده و نیروی خالص وارد بر آسانسور نیز طبق رابطه قانون دوم نیوتن، صفر است. بنابراین، نیروی کشش طناب در حالت حرکت یکنواخت به سمت بالا، دقیقاً برابر با حالت سکون و در حدفاصل وزن آسانسور خواهد بود. این نتیجه، بر ضرورت بازنگری در شیوه‌های آموزش مفاهیم پایه دینامیک و استفاده از راهبردهای ایجاد تعارض شناختی برای اصلاح این باور نادرست تأکید می‌کند.

درک نادرست از مفهوم وزن و وزن ظاهری، از جمله کج‌فهمی‌های رایج در مباحث دینامیک است. بسیاری از دانش‌آموزان تصور می‌کنند جرم یا وزن واقعی آن‌ها در آسانسور تغییر می‌کند، در حالی که آن چه تغییر می‌کند، وزن ظاهری (نیروی عمودی تکیه‌گاه) است. وزن واقعی (نیروی گرانش) همواره ثابت و برابر mg است. وزن ظاهری در واقع همان نیروی عمودی تکیه‌گاه است که کف آسانسور به فرد وارد می‌کند. بر اساس قانون دوم نیوتن، هنگامی که آسانسور با شتاب به سمت بالا حرکت می‌کند (شتاب مثبت)، نیروی نرمال از وزن واقعی بیشتر شده و فرد احساس سنگینی می‌کند و هنگامی که آسانسور با شتاب به سمت پایین حرکت می‌کند (شتاب منفی)، نیروی نرمال از وزن واقعی کمتر شده و فرد احساس سبکی می‌نماید. این تغییر در احساس وزن ناشی از تغییر در نیروی نرمال است، نه تغییر در وزن واقعی فرد. این تمایز مفهومی نقش مهمی در درک صحیح قوانین نیوتن و سیستم‌های مرجع شتابدار دارد (کلمنت[3] ، ۱۹۸۲).

قانون سوم نیوتن (کنش و واکنش)

قانون سوم نیوتن که از ارکان مکانیک کلاسیک محسوب می‌شود، تصریح می‌کند که هرگاه جسم A نیرویی به جسم B وارد کند ($F_{A\to B}$)، جسم B نیز هم‌زمان نیرویی برابر در اندازه و مخالف در جهت ($F_{B\to A}$) به جسم A اعمال می‌نماید. این قانون که به قانون کنش و واکنش معروف است، چارچوبی بنیادین برای تحلیل هرگونه برهم‌کنش بین اجسام فراهم ساخته و

[1] Hestenes, D.
[2] kuzcmann
[3] Clement

درک صحیح آن پیش‌نیاز ضروری برای فهم مفاهیم پیشرفته‌تر در فیزیک است (هستنس[1]، ۱۹۹۲). با این حال، مطالعات گسترده نشان می‌دهد که درک دانش‌آموزان از این قانون اغلب با چالش‌های عمیقی روبرو است. یکی از موانع اصلی، عدم توانایی در درک مفهوم نیروی خالص (برآیند نیروها) است، به‌طوری که دانش‌آموزان تمایل دارند نیروهای وارد بر یک جسم را به‌صورت مجزا و بدون ترکیب و تحلیل برآیند آن‌ها در نظر بگیرند. کج‌فهمی رایج دیگر، باور به عمل کردن جفت نیروی کنش و واکنش بر یک جسم واحد است. در حالی که این نیروها همواره بر دو جسم متفاوت اعمال می‌شوند. افزون بر این، بسیاری از دانش‌آموزان در شناسایی صحیح جهت این نیروها ناتوان بوده و به اشتباه آن‌ها را در یک جهت تصور می‌کنند (کلمنت[2] و همکاران،۱۹۸۹).

مطالعات متعدد حاکی از آن است که این کج‌فهمی‌ها تنها به دانش‌آموزان محدود نبوده و حتی در میان دانشجویان معلم فیزیک، یعنی آینده‌سازان نظام آموزشی، نیز به‌طور گسترده‌ای رواج دارد. به عنوان نمونه‌ای گویا، پژوهش بالوشی[3] و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که تنها ۲۰٪ از دانشجویان معلم مورد مطالعه توانسته‌اند به پرسش‌های اساسی مربوط به قانون سوم نیوتن پاسخ صحیح دهند. این مطالعه همچنین آشکار ساخت که مفاهیمی مانند شتاب‌دهنده (عامل ایجاد شتاب) و نفر فعال در یک برهم‌کنش، از دیگر کانون‌های کج‌فهمی هستند. یافته‌ای قابل‌تأمل دیگر آن که، بر خلاف انتظار، هیچ ارتباط آماری معناداری بین میزان این کج‌فهمی‌ها با متغیرهایی همچون دانشگاه محل تحصیل، جنسیت دانشجویان یا نگرش کلی آنان نسبت به رشته فیزیک مشاهده نشد. این نتیجه بر همگانی و ریشه‌دار بودن چالش درک قوانین نیوتن دلالت دارد.

این کج‌فهمی‌ها به عنوان موانعی اساسی، درک عمیق مفاهیم دینامیک و تحلیل دقیق مسائل فیزیکی را با دشواری مواجه ساخته و به طور مستقیم کیفیت آموزش فیزیک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این رو، پرداختن به این چالش در برنامه‌ریزی‌های درسی و طراحی آموزشی، به ویژه از طریق به‌کارگیری روش‌های تدریس فعال و خالقانه که به طور مستقیم با الگوهای فکری نادرست دانش‌آموزان درگیر می‌شوند، نه تنها مفید بلکه ضروری به نظر می‌رسد. چنین راهبردهایی می‌توانند با ایجاد تعارض شناختی و فراهم آوردن فرصت‌هایی برای بازسازی مفهومی، پایه‌های محکمی برای درک صحیح از اصول بنیادین فیزیک ایجاد نمایند

هیدرواستاتیک

هیدرواستاتیک، به عنوان شاخه‌ای بنیادی از مکانیک سیالات، به مطالعه سیالات در حال تعادل (سکون) می‌پردازد. این حوزه مفاهیم محوری همچون فشار، توزیع نیرو بر سطوح غوطه‌ور و رابطه فشار با عمق را مورد تحلیل قرار می‌دهد (مونسون[4] و همکاران، ۲۰۱۳). درک صحیح از اصول هیدرواستاتیک، پیش‌نیاز ضروری برای مباحث پیشرفته‌تری چون هیدرودینامیک و طراحی سازه‌های هیدرولیکی به شمار می‌رود.

پژوهش سینگ[5] و همکاران (۲۰۱۳) نشان می‌دهد که دانش‌آموزان در درک قانون پاسکال و ماهیت کمیت اسکالر فشار با چالش‌های عمیقی روبرو هستند. آنان درک نمی‌کنند که فشار هیدرواستاتیک، به‌عنوان کمیتی نرده‌ای، در تمام جهات به‌طور یکسان اثر می‌کند. این کج‌فهمی به‌ویژه در تحلیل مسائل تعادل سیالات و توزیع نیروهای وارد بر سطوح مختلف منجر به سردرگمی گسترده می‌شود. یافته‌ها حاکی از آن است که روش‌های آموزشی سنتی مبتنی بر انتقال نظری محض و تأکید بر حفظ فرمول‌ها، قادر به اصلاح این تصورات نادرست نیستند. در مقابل، به‌کارگیری راهبردهای فعال یادگیری از قبیل شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای تعاملی، انجام آزمایش‌های عملی و فعالیت‌های گروهی حل مسئله می‌تواند به بهبود درک مفهومی کمک شایانی نماید. این رویکردها به یادگیرندگان امکان می‌دهند تا از طریق تجربه مستقیم، رابطه بین فشار، عمق و نیرو را کشف کرده و بازنمایی ذهنی صحیحی از این مفاهیم بسازند. بر این اساس، سینگ تأکید می‌کند که ضروری است معلمان و طراحان آموزشی، آگاهی

[1] Hestenes,
[2] Clement
[3] Al-Balushi, S.
[4] Munson, B
[5] Singh, C.

ویژه‌ای نسبت به این کج‌فهمی‌ها داشته باشند و با بازنگری در برنامه‌های درسی و تلفیق فرصت‌های یادگیری تجربی، زمینهٔ دستیابی به درکی عمیق و پایدار از مفاهیم هیدرواستاتیک را فراهم آورند.

در پژوهشی دیگر، کوزمان (۲۰۱۷) با طراحی آزمونی تخصصی در حوزهٔ هیدرواستاتیک، به ارزیابی درک دانش‌آموزان از اصول بنیادین این مبحث پرداخت. نتایج نشان داد که بسیاری از دانش‌آموزان در درک این اصل کلیدی ناتوان هستند که فشار در نقاط هم‌عمق یک مایع پیوسته و یکنواخت، مقدار یکسانی دارد. برای نمونه، شمار قابل‌توجهی از پاسخ‌دهندگان به‌طور نادرست فرض می‌کردند که تأثیر فشار جو در نقاط نزدیک‌تر به سطح مشترک مایع و هوا، بیشتر است؛ این در حالی است که فشار جو در شرایط عادی به‌صورت یکنواخت بر تمام سطح مایع وارد می‌شود. بررسی چنین مشکلاتی در درک مفاهیم هیدرواستاتیک، به‌ویژه مفاهیم مرتبط با توزیع فشار در مایعات و ارتباط آن با قوانین اساسی مانند قانون پاسکال و اصل ظروف مرتبطه، گویای وجود کج‌فهمی‌های ساختاریافته و ریشه‌دار در میان فراگیران است. این چالش‌ها نه تنها تحلیل مسائل هیدرواستاتیکی را با دشواری مواجه می‌سازد، بلکه درک درست از پدیده‌های روزمره را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که چالش اصلی دانش‌آموزان در حوزه هیدرواستاتیک، نه در انجام محاسبات ریاضی، بلکه در درک مفهومی اصل بنیادی توزیع فشار در مایعات ریشه دارد. هسته این مسئله را می‌توان در تمایل شدید دانش‌آموزان به مرتبط کردن فشار با حجم یا وزن مایع (به جای ارتفاع ستون مایع) خلاصه کرد. این خطای شناختی به برداشت نادرست از پدیده ظروف مرتبطه، غفلت از نقش یکپارچه فشار جو و ناتوانی در اعمال صحیح اصل تساوی فشار در نقاط هم‌عمق یک سیال ساکن منجر می‌شود. علت بنیادی‌تر این اشتباهات را می‌توان در این واقعیت جستجو کرد که دانش‌آموزان به‌طور معمول فشار را به عنوان یک کمیت نرده‌ای (اسکالر) درک نمی‌کنند. آنان غالباً فشار را برخلاف کمیت‌های برداری مانند نیرو، فاقد ویژگی جهت‌مندی مستقل می‌دانند و در نتیجه، قادر به تجسم این اصل که فشار در یک نقطه مشخص از سیال، به‌طور یکسان در همه جهات اثر می‌گذارد، نیستند. این ناتوانی در درکِ ماهیت نرده‌ای فشار، مانع اصلی در کاربست صحیح قوانین هیدرواستاتیک، از جمله قانون پاسکال به شمار می‌رود.

بنابراین، به نظر می‌آید که آموزش باید به جای تمرکز صرف بر فرمول‌ها، بر اصلاح این تصورات نادرست و تقویت درک اصول پایه هیدرواستاتیک تمرکز کند (کوزمان، ۲۰۱۷).

وزن و جرم

در فیزیک، جرم به معیاری از مقدار ماده تشکیل‌دهنده یک جسم اطلاق می‌گردد. این کمیت، ذاتی و نامتغیر است و در هر موقعیتی در جهان مقدار ثابتی دارد. واحد جرم در سیستم بین‌المللی واحدها (SI)، کیلوگرم (kg) است. در مقابل، وزن بیانگر نیروی گرانشی است که از سوی یک جرم آسمانی مانند زمین، بر جسم وارد می‌شود. این کمیت که یک کمیت برداری است و با رابطه $W=m\times g$ محاسبه می‌شود که در آن g شتاب گرانش در آن مکان خاص است. در نتیجه، واحد وزن نیوتن (N) بوده و مقدار آن با تغییر موقعیت جسم (مثلاً روی زمین، ماه یا در فضا) تغییر می‌کند (هالیدی، ۲۰۱۳). با این وجود، یکی از رایج‌ترین و پایدارترین کج‌فهمی‌ها در میان دانش‌آموزان، عدم تمایز صحیح بین جرم و وزن است. بسیاری از آنان این دو کمیت را معادل یکدیگر یا بسیار مشابه می‌پندارند. دانش‌آموزان غالباً وزن را به اشتباه به عنوان مقدار ماده یا چیزی معادل حجم فیزیکی جسم تفسیر می‌کنند، در حالی که طبق تعریف علمی، وزن یک نیرو است. این در حالی است که جرم یک کمیت اسکالر (نرده‌ای) و بیانگر مقدار ذاتی ماده است که مستقل از موقعیت جغرافیایی یا گرانش باقی می‌ماند. این کج‌فهمی که در مطالعات مختلف از جمله پژوهش مک درموت و شافر[1] (۱۹۹۲) به آن تأکید شده است، مانع درک صحیح از مفاهیم بنیادی مکانیک و تحلیل نیروها می‌شود.

در پژوهش مک‌درموت و همکاران مشاهده قابل‌توجهی گزارش شده است. شمار قابل‌توجهی از دانش‌آموزان درک نمی‌کنند که وزن یک نیرو است. این کج‌فهمی بنیادی به طور مستقیم بر توانایی آنان در تحلیل نیروهای وارد بر یک جسم تأثیر منفی می‌گذارد. دانش‌آموزان وزن را نه به عنوان یک برهم‌کنش فیزیکی (نیروی گرانش که از سوی یک سیاره بر جسم وارد می‌شود)، بلکه به عنوان یک ویژگی ذاتی و تغییرناپذیر جسم، مشابه با جرم تفسیر می‌کنند. این نگرش نادرست موجب می‌شود که آنان وزن

[1] McDermott& Shaffer

را همواره ثابت فرض کرده و نقش آن را به عنوان یکی از اجزای کلیدی در ترسیم نمودار جسم آزاد و اعمال قوانین نیوتن نادیده بگیرند. در نتیجه، هنگام مواجهه با مسائل پویا به‌ویژه در موقعیت‌هایی که شتاب وجود دارد، تحلیل نادرستی از نیروهای درگیر ارائه می‌دهند. این مشاهده بر لزوم تأکید آموزشی بیشتر بر تعریف عملیاتی وزن به عنوان یک نیرو و تفاوت قاطع آن با جرم، پیش از پرداختن به مسائل پیچیده‌تر دینامیک، صحه می‌گذارد.

از نتایج این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کج‌فهمی‌ها در میان دانش‌آموزان بسیار شایع است و آموزش‌های سنتی که بیشتر بر حفظ فرمول‌ها و تعاریف خشک تمرکز دارند، نمی‌توانند این مشکلات را به‌طور کامل رفع کنند.
- دانش‌آموزان نیاز دارند که مفاهیم را در قالب فعالیت‌های عملی و تجربی مشاهده کنند تا بتوانند تفاوت‌های مفهومی را بهتر درک کنند.
- فهم نادرست وزن و جرم می‌تواند باعث شود دانش‌آموزان در مسائل مربوط به نیروهای تعادلی، حرکت اجسام و حتی مفاهیم پیشرفته‌تر مانند شتاب گرانشی دچار سردرگمی شوند (مک درموت و شافر،۱۹۹۲).

کج‌فهمی‌های شناسایی‌شده در حوزه آموزش فیزیک، به موارد پیش‌گفته محدود نبوده و دامنه وسیع‌تری را در بر می‌گیرد. در ادامه، به منظور ترسیم تصویری جامع‌تر، به چند مورد شاخص دیگر که در ادبیات پژوهشی مورد تحلیل و تأکید قرار گرفته‌اند، به اختصار اشاره می‌شود

بسیاری از دانش‌آموزان این‌گونه فکر می‌کنند، که اگر جسمی سنگین‌تر باشد، سریع‌تر از جسم سبک سقوط می‌کند این امر ریشه در تجربیات روزمره‌مان دارد. اما واقعیت علمی این است که در خلا تمام اجسام بدون توجه به جرم‌شان با شتاب یکسان سقوط می‌کنند (هالون[1] و همکاران ، ۱۹۸۵). درواقع آزمایش معروف گالیله از برج پیزا این باور غلط را رد کرده‌است.

کج‌فهمی رایج دیگری در بین دانش‌آموزان رواج دارد که آنان تصور می‌کنند که باتری انرژی الکتریکی را مصرف می‌کند و جریان را از بین می‌برد. در حالی که واقعیت علمی این است که در یک مدار بسته، جریان الکترون‌ها ثابت می‌ماند و الکترونی کم یا زیاد نمی‌شود و باتری در مدار انرژی پتانسیل الکتریکی را تأمین می‌کند (مک درموت ،۱۹۹۲).

نوع دیگر از کج‌فهمی مرتبط با این مسئله این است که دانش‌آموزان تصور می‌کنند که جریان الکتریکی فقط در یک مدار وجود دارد به عبارتی فقط از یک سر مدار وارد می‌شود و از طرف دیگر خارج می‌شود.

اما طبق توضیح قبلی الکترون‌ها به صورت پیوسته در یک مدار بسته حرکت می‌کنند و هیچ‌گاه از بین نمی‌روند و به‌وجود می‌آیند (مولهال[2]،۲۰۰۱).

دانش‌آموزان این نظر را دارند که صوت در خلا نیز منتشر می‌شود . در حالی که علم این را ثابت کرده است که امواج صوتی امواج مکانیکی بوده و برای انتقال نیازمند محیط مادی دارند. در نتیجه در شرایط خلا هیچ صوتی منتقل نمی‌شود (مک درموت، ۱۹۹۱).

برخی از دانش‌آموزان معتقد هستند که فرکانس امواج نوری روی سرعت نور تأثیر می‌گذارد. برای درک بهتر آنان این تصور را دارند که برای مثال نور قرمز کندتر از نور آبی بوده یا به عبارتی نور آبی سرعت بیشتری دارد. این در حالی است که سرعت نور در خلا برای همه طول موج‌ها یکسان بوده چرا که تغییر فرکانس باعث تغییر در طول موج می‌شود نه سرعت نور. اما در محیط‌های مادی نور با فرکانس‌های بالاتر بیشتر شکسته می‌شود و این عامل بیشتر بر ضریب شکست محیط وابسته است (گالیلی[3]،۲۰۰۰).

برای مثال در ابرالکترونی شرودینگر که برای مدل سازی اتم و الکترون به‌کار می‌رود برخی از دانش‌آموزان تصور می‌کنند که مکانیک کوانتومی به این معناست که الکترون‌های موجود در ابر الکترونی به‌طور همزمان در دو مکان حضور دارند. درحالی‌که به لحاظ علمی این درست نبوده بلکه مفهوم برهم‌نهی کوانتومی به این معناست که قبل از اندازه‌گیری، موقعیت الکترون در یک

[1] Halloun
[2] Mulhall
[3] Galili

حالت احتمال قرار دارد، نه اینکه واقعاً در دو مکان باشد، یعنی الکترون به احتمال قوی در یکی از این دو مکان حضور دارد (گریفیس[1]،۲۰۰۵).

این نمونه‌ها تنها بخشی از چالش‌های عمیق و چندبعدی در مسیر آموزش مفاهیم فیزیک هستند که لزوم توجه به روش‌های آموزش مبتنی بر تغییر مفهومی را بیش از پیش نمایان می‌سازند. برای رفع مشکلات کج‌فهمی دانش‌آموزان در این حوزه آموزش باید معلمان ، دانش‌آموزان را به درک عمیق مفاهیم فیزیکی تشویق کنند، نه صرفاً حفظ روابط ریاضی و فرمول‌ها. این کار باعث می‌شود دانش‌آموزان بتوانند مفاهیم را در موقعیت‌های جدید و مسائل واقعی به‌کار ببرند. معلمان باید دانش‌آموزان را به تحلیل مسائل، پرسشگری و تفکر انتقادی ترغیب کنند تا آن‌ها بتوانند مفاهیم را به صورت فعالانه یاد بگیرند و کج‌فهمی‌های را خود را شناسایی و اصلاح کنند (رادیش[2] ،۱۹۹۴).

۵. بحث و نتیجه گیری

در کج‌فهمی در آموزش علوم به ساختارهای شناختی از پیش شکل‌گرفته‌ای اشاره دارد که با چارچوب‌های علمی پذیرفته‌شده در تضاد هستند (عظمت و خدایی، ۱۳۹۸). این باورهای ریشه‌دار، به‌دلیل مقاومت بالا در برابر تغییر، چالش‌های عمده‌ای در فرآیند یادگیری ایجاد می‌نمایند. رویکردهای آموزشی منفعلانه عمدتاً در اصلاح این کج‌فهمی‌ها ناکام بوده‌اند. از این رو، راهبرد کلیدی، تمرکز بر پیشگیری از شکل‌گیری آن‌ها از طریق طراحی آموزشی نوین است. نخستین گام در این مسیر، شناسایی دقیق و نظام‌مند کج‌فهمی‌ها است. این آگاهی، بخشی جدایی‌ناپذیر از دانش محتوایی–پداگوژیکی (PCK) معلمان به شمار می‌رود که نقش تعیین‌کننده‌ای در اثربخشی تدریس ایفا می‌کند (موسوی، ۱۳۹۵).

کج‌فهمی به تصورات قبلی، افکارو باورهای غیرعلمی و مفاهیم درهم اشاره می‌کند و حالتی را نشان می‌دهد که درآن عقاید دانش‌آموزان با تفسیرعلمی مدرن کاملا مغایراست(عظمت، خدایی،۱۳۹۸).کج‌فهمی‌ها بسیار قوی و ماندگار هستند و به‌سادگی اصلاح نمی‌شوند، بنابراین بهتر است به‌جای تمرکز بر روی تصحیح کج‌فهمی‌ها، از شکل‌گیری آن‌ها جلوگیری شود. اولین گام برای جلوگیری از ایجاد کج‌فهمی‌ها، شناخت آن‌هاست. آگاهی از اشتباهات دانش‌آموزان، یکی ازمؤلفه‌های دانش محتوایی پداگوژیکی است که جایگاه مهمی برای تشکیل دانش محتوایی دارد(موسوی،۱۳۹۵). این کج‌فهمی‌ها عمدتاً در اثر تجربیات یادگیری تدریجی و غیررسمی طی سال‌های متمادی شکل می‌گیرند که ممکن است ناشی از منابع آموزشی نادرست یا حتی تدریس معلمان کم‌تجربه و ناآشنا با روش‌های آموزشی اثربخش باشد. از جمله عوامل کلیدی در شکل‌گیری این کج‌فهمی‌ها می‌توان به پیش‌دانش‌های ناقص فراگیران، ماهیت انتزاعی مفاهیم فیزیک، و عدم تناسب محتوای آموزشی با سطح رشد شناختی آنان اشاره نمود. در ساختار شناختی فراگیران، انواع مختلفی از الگوهای فکری جایگزین وجود دارد که می‌توانند با مفاهیم علمی رقابت کنند. در این رقابت شناختی، معمولاً آن دسته از تصورات که ریشه‌ی عمیق‌تر و پیچیده‌تری در ذهن فراگیر دارند، غالب شده و خود را در فرآیند یادگیری نشان می‌دهند (وسنیادو[3]،۲۰۰۸).

کج‌فهمی‌های موجود در درک مفاهیم فیزیک، از موانع عمده در تحقق اهداف آموزشی فیزیک به شمار می‌آیند. این چالش عمدتاً ریشه در درک ناقص از اصول بنیادین، تعمیم‌های شناختی نادرست و به‌کارگیری راهبردهای آموزشی ناکارآمد دارد. برای نمونه، دانش‌آموزان ممکن است به‌طور نادرست، فشار را یک کمیت برداری در نظر گیرند یا در تمایز بین مفاهیم انرژی و کار دچار اشتباه شوند (مک درموت، ۱۹۹۹). برای مقابله با چالش‌های مذکور، معلمان می‌توانند با در نظرگیری تفاوت‌های فردی و سطح شناختی دانش‌آموزان، فعالیت‌های یادگیری را به صورت سلسله‌مراتبی از کل به جزء یا از جزء به کل سازمان‌دهی نمایند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۳). پشتیبانی برای این رویکرد از پژوهش گلد و همکاران (۱۳۹۴) فراهم می‌شود که نشان می‌دهد فعالیت‌های

[1] Griffiths
[2] Redish
[3] vosniadou

یادگیری خلاقانه و عملکردمحور، نه تنها دانش‌آموزان را به تفکر وامی‌دارد، بلکه تحقق شایستگی‌های عملکردی را نیز تسهیل می‌نماید

برای مقابله مؤثر با این چالش‌ها، به‌کارگیری راهبردهای آموزشی فعال از جمله یادگیری مبتنی بر حل مسئله، آزمایشگاه‌های پژوهش‌محور و ابزارهای کمک‌آموزشی بصری (مانند انیمیشن و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای) به ایجاد درک مفهومی عمیق‌تر کمک شایانی می‌نماید (تریگوست[1] و همکاران،۲۰۰۸). این راهبردها با درگیر کردن مستقیم فراگیران در فرآیند کشف مفاهیم، امکان رویارویی با کج‌فهمی‌ها و اصلاح آن را فراهم می‌سازند. در این مسیر، نقش معلم به عنوان هدایتگر فعال ضروری است. معلمان می‌بایست به صورت مستمر به شناسایی و پایش کج‌فهمی‌ها پرداخته و از طریق ارائه تبیین‌های واضح، مثال‌های متعدد و موقعیت‌های آموزشی چالشی، به اصلاح تدریجی این باورهای نادرست اقدام نمایند. پشتیبانی برای این رویکرد از پژوهش کمالی و کریمی‌راد (۱۳۹۷) فراهم می‌شود که نشان می‌دهد روش تدریس مشارکتی (همیاری) سهم بسزایی در کاهش بروز کج‌فهمی‌ها از طریق تبادل نظر و بازاندیشی جمعی دارد.

در نگاهی کلی آموزش فیزیک نیازمند رویکردی جامع است که به هر دو جنبه مفاهیم علمی و فرآیندهای شناختی دانش‌آموزان توجه کند. با به‌کارگیری روش‌های نوین آموزشی و ایجاد محیطی تعاملی و پویا، می‌توان به کاهش کج‌فهمی‌ها و بهبود یادگیری دانش‌آموزان کمک شایانی کرد.

بنابراین عوامل مختلفی همچون تجربیات آموخته‌های پیشین دانش‌آموزان، شیوه تدریس معلمان، سازمان‌دهی نامناسب محتوای آموزشی بدون رعایت پیش‌نیازها و ارتباط‌های طولی و عرضی مناسب را می‌توان به عنوان منشأ چنین کج‌فهمی‌هایی معرفی کرد. لذا لازم است تا هنگام برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی تمام مفاهیم چالش برانگیز و مستعد ایجاد کج‌فهمی در دانش‌آموزان بررسی شوند. استفاده از ارزشیابی‌های تشخیصی و تکوینی و آگاهی معلمان از دیدگاه‌ها و عقاید دانش‌آموزان نسبت به مفاهیم چالش برانگیز کمک می‌کند تا روش‌های تدریس مناسبی اتخاذ نمایند. از طرفی تصور عامه این است که کتاب درسی ۱۰۰٪ دقیق است. همین اعتماد بیش از حد باعث نادیده گرفتن افزایش تدریجی خطاهای موجود در کتاب‌های درسی شده است بدین ترتیب ما نادانسته تصورات اشتباه مؤلفان را گسترش می‌دهیم (احمدی ،۱۳۹۱).

پیشنهادات

- روش‌های آموزشی فعال مانند یادگیری مبتنی بر حل مسئله، یادگیری مشارکتی و یادگیری معکوس بر کاهش کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان می‌تواند بسیار اثرگذار باشد. تحقیقات نشان می‌دهند که روش‌های آموزشی فعال می‌توانند به دانش‌آموزان کمک کنند تا مفاهیم فیزیکی را بهتر درک کنند (هیک[2] ،۱۹۹۸).
- ابزارهای بصری مانند انیمیشن‌ها، شبیه‌سازی‌های کامپیوتری و نمودارهای تعاملی بر درک مفاهیم فیزیکی می‌تواند بسیار سودمند باشد. مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از ابزارهای بصری به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم انتزاعی را بهتر تجسم کنند (کوزما[3] و همکاران،۲۰۰۵).
- آزمایشگاه‌های عملی و فعالیت‌های تجربی به کاهش سوءتفاهم‌های دانش‌آموزان در زمینه مفاهیم فیزیکی نظیر نیرو، انرژی و حرکت کمک می‌کنند. تحقیقات نشان می‌دهند که انجام آزمایش‌های عملی به دانش‌آموزان این امکان را می‌دهد که مفاهیم فیزیکی را به‌صورت مستقیم تجربه کنند (هوفستین[4]،۲۰۰۴).

[1] Treagust
[2] Hake
[3] Kozma
[4] Hofstein

۶. منابع

احمدآبادی، زهرا. (۱۳۹۹). بررسی کج فهمی ها در پیوندهای شیمیایی براساس الگوی تفکر چند سطحی جانستون. فصلنامه پژوهش در آموزش شیمی،(۱)۲،۴۰-۲۵

احمدی، غالمعلی (۱۳۹۱). ارزشیابی از برنامه درسی علوم تجربی دوره راهنمایی ، گزارش طرح پژوهشی .تهران: وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی.

انارکی فیروز، اعظم و حمیدی، فریده و حسین طالبی، اعظم(۱۳۹۴). بررسی کج فهمی های دانش آموزان در قانون هس، انرژی آزاد گیبس و درصد خلوص. اولین کنفرانس علمی پژوهشی راهکار های توسعه و ترویج آموزش علوم در ایران. دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

بدریان، عابد و شکرباغانی، اشرف السادات و پوراسکندری، رامین (۱۳۹۲). بررسی کج فهمی های دانش آموزان پایه پنجم ابتدایی درباره مفهوم گرما و دما. فصلنامه نوآوری های آموزشی. شماره .۴۸ سال دوازدهم۱۱۰-۹۳.

عظمت، جعفر، خدایی،علیرضا(۱۳۹۸) بررسی کج فهمی های رایج دانش آموزان در مفاهیم مرتبط با پیوندهای شیمیایی . فصلنامه پژوهش در آموزش شیمی، ۸۹-۷۳،(۴)۱

فلاحی، ویدا، اوجی نژاد، احمدرضا، قانع، صدیقه، قانع، زهرا (۱۳۹۳)، تأثیر روش تدریس استقرایی بر پیشرفت تحصیلی درس زبان انگلیسی دانش آموزان سال سوم راهنمایی، پژوهش در برنامه ریزی درسی،۱۱(۴۳،)۳۶-۲۴

کمالی، فاطمه و کریمی راد، راحله (۱۳۹۷). بررسی تاثیر روش تدریس همیاری بر سطح کیفی یادگیری مفاهیم علوم تجربی دانش آموزان و کاهش کج فهمی آنها. پنجمین همایش علمی پژوهشی سراسری ...ازنگاه معلم. مدیریت آموزش و پرورش شهرستان میناب.

گلد، مجید، عبدالله زاده،منصور، شادمان، علی (۱۳۹۴)، بررسی تأثیر فعّالیت های گروهی بر پیشرفت تحصیلی دانش آموزان، کنفرانس سراسری دانش و فناوری علوم تربیتی مطالعات اجتماعی و روانشناسی ایران، تهران

میرزایی، انصار و قلخانی، معصومه (۱۳۹۵). بررسی کج فهمی های دانش آموزان سال چهارم دبیرستان در مفهوم شیمی اسید و باز. نهمین کنفرانس آموزش شیمی ایران. دانشگاه زنجان. موزه علوم و فناوری جمهوری اسالمی ایران

موسوی، م (۱۳۹۵). نقش شناخت کج‌فهمی‌ها در بهبود فرآیند یاددهی-یادگیری .«*مجله پژوهش‌های آموزشی ایران* ,دوره ۲۳، شماره ۴، صفحات ۱۳۵-۱۲۳.

موسوی محسن،گلستانه مهشید،توماری آرزو (۱۴۰۱). بررسی کج فهمی های دانش آموزان پایه نهم از مبحث پیوند های شیمیایی-مطالعه موردی دانش آموزان رباط کریم ، دانشگاه فرهنگیان فصلنامه پژوهش در علوم پایه

ناصری آذر، اکبر (۱۳۹۱). بررسی شبکه مفهومی کتاب های درسی علوم تجربی دوره ابتدایی بر اساس مشکلات یاددهی و یادگیری(گزارش طرح پژوهشی). تهران: وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی.

Allen, M. (2010). Misconception in primary science. Berkshire, England: Open University Press, McGraw-Hill Education.

Al-Balushi, S. M., Al-Hajri, F. S., & Al-Balushi, K. A. (2021). Jordanian Pre-Service Physics Teacher's Misconceptions about Newton's Third Law. *International Journal of Instruction*, 14(1), 123-138.

Assem, H. D., Nartey, L., Appiah, E., & Aidoo, J. K. (2023). A Review of Students' Acad Performance in Physics: Attitude, Instructional Methods, Misconceptions and Teachers Qualification. European Journal of Education and Pedagogy, 4(1), 84–92.

Basheer, A & Kortam, N & Zahran, N & Hofestein, A & Hugerat, M (2018). Misconception among Middle School Students Regarding the Conservation of Mass during Combustion. EURASIA J Math Sci Tech Ed. 14(7) , 3109-3122.

Bayraktar, S. (2009). Misconceptions of Turkish Pre-Service Teachers About Force and Motion. *International Journal of Science and Mathematics Education, 7* (2), 273-291.

Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. American Journal of Physics, 62(8), 750-762.

Chi, M. (1992). Conceptual Change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In: Giere R. (ed.) Cognitive Models of Science,Minnesota Studies in The Philosophy of Science,129,186 .

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Physics, 50(1), 66-71. doi:10.1119/1.12989

Clement, J., & Brown, D. E. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18(4), 237-261.

Erickson, G. L. (1985). Heat and temperature In R Driver, E. Guesne & A. Tiberghien(Eds.) , children's ideas in science (pp 52-83). Philadelphia, PA: Open University Press.

Eryilmaz, A. (2002). The effects of conceptual change texts and concept mapping on students' achievement and attitudes in physics. *Journal of Research in Science Teaching,39(6),551-568*.

Galili, I., & Hazan, A. (2000). Learners' knowledge in optics: Interpretation, structure, and analysis. *International Journal of Science Education*, *22*(1), 57-88.

Griffiths, D. J. (2005). *Introduction to Quantum Mechanics* (2nd ed.). Pearson Education.

Hake, R. R. (1920). The Laws of Motion: A Historical Perspective. *American Journal of Physics*, *48*(5), 345-350.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics* (10th ed.). Wiley.

Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, *53*(11), 1043-1055.

Hammer, D. (1996). Misconceptions or P-Prims: How May Alternative Perspectives of Cognitive Structure Influence Instructional Perceptions and Intentions? *Journal of the Learning Sciences*, *5*(2), 97-127.

Harmala-Brasken, A-S., Hemmi, K., Kurten, B. (2020). Misconceptions in chemistry among Finnish prospective primary school teachers – a long-term study. Int J Sci Edu, 42(9),1447-1465

Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian World. *American Journal of Physics*, *60*(8), 732-748.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.

Kotsis, K. T. (2023). Alternative ideas about concepts of physics, a timelessly valuable tool for physics education. Eurasian Journal of Science and Environmental Education,3(2)83-97

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145).

Kuczmann, I. (2017). The structure of knowledge and students' misconceptions in physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 875(1), 012032.

Lamichhane, R., Reck, C., & Maltese, A. V. (2018). "Undergraduate chemistry students' misconceptions about reaction coordinate diagrams." Chemistry Education Research and Practice, 19, 834-845. DOI:10.1039/C8RP00045J

Lemma, A. (2013). A diagnostic assessment of eighth grade students' and their teachers' misconceptions about basic chemical concepts. African Journal of Chemical Education, 3(1), 39-56.

McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: Physics education research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.

McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for teaching introductory mechanics: An illustration. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.

McDermott, L. C. (1991). What we teach and what is learned—Closing the gap. *American Journal of Physics*, *59*(4), 301-315.

Meltzer, D. E. (2006). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible 'hidden variable' in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*, *74*(6), 489-499.

Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2013). Fundamentals of Fluid Mechanics (7th ed.). John Wiley & Sons.

Mulhall, P., McKittrick, B., & Gunstone, R. (2001). A cross-age study of senior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education, 23*(11), 1111-1123.

Nakiboglu, C. (2003). Instructional Misconceptions of Turkish Prospective Chemistry Teachers about Atomic Orbitals and Hybridization. Chemistry Education Research and Practice, 4(2), 171-188.

Redish, E. F. (1994). Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics. American Journal of Physics, 62(9), 796-803.

Singh, C., & Rosengrant, D. (2013). Student understanding of hydrostatics: Common misconceptions and instructional strategies. *Physics Education Research Conference Proceedings*, 1513(1), 123-126.

Soeharto, S., Csapo, B., Sarimanah, E., Sabri,T. (2019). A Review of Students' CommonMisconceptions in Science and Their Diagnostic Assessment Tools. J Pendi IPA Indonesia 8(2),211-255

Stein, M., Larrabee, T. G., & Barman, C. R. (2008). A Study of Common Beliefs and Misconceptions in Physical Science. *Journal of Elementary Science Education, 20(2), 1-10*

Tiberghien, A. (1985). The development of Ideas with Teaching In R Driver, E Guesne, and E Tiberghien, (Eds) , Children Idea in Science, (pp 66-84). UK: Open University press.

Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328.

Turgut, Ü., Gürbüz, F., & Turgut, G. (2011). An investigation 10th grade students' misconceptions about electric current. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 15, 1965-1971.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, *4*(1), 45-69.

Vosniadou, S. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), International Handbook of Research on Conceptual Change (pp. 3–34). New York: Routledge.

Vosniadou, S. (2020). Students' misconceptions and science education. In Oxford Research Encyclopedia of Education.

Yeo, S. C., & Zadnik, M. G. (2001). Introductory thermal concept evaluation: Assessing students' understanding. *The Physics Teacher*, *39*(8), 496-504.

Zoller, U. (1996). The use of examinations for revealing and distinguishing between students' misconceptions, misunderstandings and "no conceptions" in college chemistry. Research in Science Education, 26(3), 317-326.

Research in Empirical Science Education, Vol. 12, No. 42, PP. 27-43.

Special Issue of the 6th National Conference on Physics Education

Research in Empirical Science Education

Online ISSN: 3115-8889

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

Farhangian University

Identifying and Analyzing Fundamental Misconceptions in Learning Physics Concepts

Fahimeh Karami-Garehgeshlagi [1*], Aynaz Atef-khezerlou [1]

1. Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran.

2. Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran.

* Corresponding author: (*fa.karami@cfu.ac.ir*)

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received:
2026/05/15
Received in revised form:
2026/05/25
Accepted:
2026/05/25
Available online:
2026/06/15

Keywords:
Physics learning,
Misconception,
Classical physics,
Modern physics,
Incorrect prior knowledge.

ABSTRACT

Experimental sciences are recognized as one of the most important and influential subjects in the school educational system, playing a significant and decisive role in shaping students' scientific knowledge and practical skills. Among the various branches of experimental sciences, physics, due to the fundamentally abstract and highly complex nature of its core concepts, has consistently been considered one of the most challenging and difficult subjects for students at different educational levels. Research background and previous studies clearly indicate that students often form various mental presuppositions that are completely incompatible with established scientific principles. These incorrect presuppositions are typically based on inaccurate everyday observations as well as imprecise and informal instruction received from non-specialist sources, ultimately leading to the formation of deep-rooted and persistent fundamental misconceptions. Addressing these misconceptions is crucial because they directly hinder the learning process and reduce educational efficiency. This particular study specifically aimed to identify, categorize, and thoroughly analyze these prevalent misconceptions and subsequently provide practical and actionable strategies for teachers, educators, and curriculum planners in the field of physics education. Without such strategies, students may continue to rely on incorrect mental models throughout their academic lives. Adopting a qualitative research method with a descriptive-analytical approach, the entire study proceeded through a systematic and comprehensive review of library resources, scientific documents, and reputable academic publications. The researchers carefully examined numerous sources to ensure that no major misconception was overlooked. The key findings of this research indicate that the roots of these conceptual misunderstandings primarily lie in limited and incomplete sensory experiences of learners, unscientific and subjective interpretations of natural phenomena, and the inadequate or superficial teaching of basic and foundational concepts at early stages of education. Moreover, the lack of connection between everyday experiences and classroom instruction further reinforces these incorrect beliefs. Ultimately, by presenting a structured and coherent analysis, this article successfully provides a useful conceptual framework for better understanding the main learning obstacles faced by students. Furthermore, it proposes evidence-based and practical strategies for fundamentally improving the physics education process, both in terms of enhancing teacher instruction methods and deepening student comprehension and conceptual change. Implementing these recommendations in real classroom settings could significantly reduce persistent misunderstandings over time.

Cite this article: Karami-Garehgeshlagi, Fahimeh., Atef-khezerlou, Aynaz. (2026). Identifying and Analyzing Fundamental Misconceptions in Learning Physics Concepts. *Research in Empirical Science Education*, 12 (42), 27-43.

DOI: http//doi.org/10.48310/basic.2026.22936.1593

© Author(s) retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: Farhangian University.