دانشگاه فرهنگیان
فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه
دوره هفتم، شماره ۲۲، بهار ۱۴۰۰

Farhangian University
Quarterly Journal of Education in Basic Sciences
Volume ۷, Issue ۲۲, Spring, ۱۱۱۱

اثربخشی حلِ مسئله در آموزش فیزیک

مجید افشاری[۱]

دریافت: ۹۹/۹/۷ پذیرش: ۹۹/۹/۳۰

چکیده

هدف آموزش فیزیک آن است که دانش‌آموزان در مسیرِ کسب مهارت در فیزیک قرار گیرند، توانایی کاربرد مفاهیم فیزیکی در موقعیت‌های فیزیکی و استدلال با آنها را توسعه دهند و بتوانند گستره‌ی وسیعی از انواع مسائل، شامل مسائل جدید را حل کنند. اهمیت استفاده از حلِ مسئله در آموزش فیزیک بر کسی پوشیده نیست. با وجود این، حلِ مسئله، به روشی که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد، در رسیدن به اهداف مذکور آنچنان که باید، مؤثر نیست و نیاز به بازنگری دارد. در این مقاله، با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه آموزش فیزیک توضیح داده می‌شود که چرا حلِ مسئله به روش‌های سنتی در کسب مهارت واقعی در فیزیک کم‌بازده است و بازنگری در آموزش و حلِ مسئله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژه های کلیدی: مسئله، حلِ مسئله، فیزیک، مهارت در فیزیک.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱]. استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، m.afshari@cfu.ac.ir

مقدمه

ما در مراحل مختلف زندگی خود با مسائل متعددی روبرو می‌شویم. در تلاش برای حلِ این مسائل ممکن است از راه‌حل‌هایی که قبلاً برای مسائل مشابه استفاده کرده‌ایم، بهره جوییم و یا مجبور شویم که روش متفاوتی به کار گیریم. یکی از اهداف آموزش، آماده‌سازی فراگیران برای مواجه با مسائل مختلف (حرفه‌ای و عمومی) و حلِ آنها است (گاگن[۱]، ۱۹۸۵).

برای مفهوم مسئله تعاریف متعددی توسط پژوهشگران ارائه شده است. به عنوان مثال "هر موقعیتی که ابهام، کنجکاوی و تردید ایجاد کند" (چارلز[۲] و لستر[۳]، ۱۹۸۲)، "موقعیت‌هایی که تمایل به پاسخ‌گویی در افراد ایجاد می‌کنند و آنها آماده پاسخ‌گویی نیستند اما وقتی با آن مواجه می‌شوند می‌توانند با استفاده از تجربه‌ها یا دانشِ پیشین پاسخی برای آن بیابند" (بلوم[۴] و نیس[۵]، ۱۹۹۱)، "هر چیزی که باعث ایجاد ابهام در افکار و باورهای شخص می‌شود" (کورسانسکی[۶]، ۲۰۰۳) و "موقعیتی که شخص ناگهان با آن مواجه می‌شود و در لحظه نمی‌داند چه واکنشی داشته باشد" (رِیز[۷] و همکاران، ۲۰۱۴). با بررسی این تعاریف می‌توان گفت که مسئله عبارت است از مشکلی که باید برطرف شود اما آمادگی لازم برای حلِ آن وجود ندارد. به عبارتی دیگر موقعیتی که هدف در آن مشخص است اما راه رسیدن به هدف واضح نیست.

حلِ مسئله به عنوان فرایند مورد نیاز برای برطرف کردن اختلاف میان موقعیت مطلوب و موقعیت فعلی تعریف می‌شود (هویت[۸]، ۱۹۹۲). این فرایند منجر به عرضه‌ی پاسخ‌های جدید می‌شود و چیزی فراتر از استفاده از قوانین آموخته شده پیشین برای رسیدن به یک پاسخ است (وولفولک[۹]، ۱۹۹۳). حلِ مسئله یک فرایند جستجوگرانه است که فراگیر در جستجوی مسیری برای رسیدن به هدف مورد نظر است (دیلون[۱۰]، ۱۹۹۸). طبق نظر هِلِر[۱۱] و رایف[۱۲] (۱۹۸۴)، حل مسئله یک فعالیت ذهنی دشوار و طاقت‌فرسا است و از اهمیت بنیادی در علوم برخوردار است.

در آموزش فیزیک، حلِ مسئله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به عنوان مثال معلمان با حلِ مسائل مختلف و متعدد تلاش می‌کنند که اصول و مفاهیم را توضیح دهند، فرایندها را تشریح کنند و نکات مبهم را روشن سازند. در تکالیف یک دوره‌ی درسی فیزیک معمولاً مسائلی مطرح می‌شود که مطالعه‌ی دانش‌آموزان را هدفمند می‌سازد، به آنها برای درک ایده‌ها کمک می‌کند و مهارت‌های مورد نظر از طریق آنها تمرین می‌شود. در آزمون‌های دوره‌های درسی نیز برای ارزیابی یادگیری دانش‌آموز، از مسائل گوناگون استفاده می‌شود. سروی[۱۳] و جوئت[۱۴] (۲۰۱۸)، درکتاب "فیزیک برای دانشمندان و مهندسان"، توصیه اکیدی بر گسترش مهارت‌های ضروری برای حلِ طیف گسترده‌ای از مسائل فیزیک دارند. آنها می‌گویند که توانایی حل مسئله یکی از آزمونهای اصلی دانش فیزیک است، و به فراگیران توصیه می‌کنند، تا جایی که امکان دارد به حلِ مسائل متنوع بپردازند و از هر فرصت حلِ مسئله برای یادگیری بهتر فیزیک استفاده کنند.

با وجود تأکید بر حلِ مسئله در دوره‌های درسی و استفاده از آن، پژوهش‌های حوزه‌ی آموزش فیزیک نشان می‌دهند که استفاده از حلِ مسئله به روش سنتی و مرسوم برای ایجاد مهارت واقعی در فیزیک کم‌بازده و بی‌نتیجه است. به وضوح هدف ما از آموزش

---

۱ Gagné
۲ Charles
۳ Lester
۴ Blum
۵ Niss
۶ Korsunsky
۷ Reys
۸ Huitt
۹ Woolfolk
۱۰ Dhillon
۱۱ Heller
۱۲ Reif
۱۳ Serway
۱۴ Jewett

فیزیک چیزی فراتر از مشغول کردن دانش‌آموزان و موفقیت آنها در آزمون‌های پایانی است. انتظار می‌رود که دانش‌آموزان در مسیرِ کسب مهارت در فیزیک قرار گیرند، توانایی کاربرد مفاهیم فیزیکی در موقعیت‌های فیزیکی و استدلال با آنها را بسط و توسعه دهند و بتوانند گستره‌ی وسیعی از انواع مسائل شامل مسائل جدید (غیر از مسائلی که در کلاس درس حل شده است) را حل کنند. در پایان دوره‌ی درسی انتظار می‌رود که دانش‌آموزان موضوعات مطرح شده را درک کنند (نه اینکه فقط به خاطر آورند) و ایده‌ها و مهارت‌های کسب شده را به موقعیت‌های جدید انتقال دهند. شواهد متقاعد کننده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد آموزش سنتی فیزیک، با تأکید بر استخراج روابط و حلِ مسأله، در دستیابی به اهداف مذکور ناکارآمد است (الیف[۱]، ۲۰۱۸).

در رویکرد سنتی برخی دانش‌آموزان به بخش عمده‌ای از اهداف دست می‌یابند، تعداد زیادی فقط بخشی از اهداف را کسب می‌کنند، اما به طور کلی نتایج کسب شده مطابق با اهداف مورد انتظار نیست. قانع‌کننده‌ترین شواهد آماری از ابزاری مانند "پرسش‌نامه مفهوم نیرو" (FCI)[۲] به دست می‌آید، که درک مفاهیم اولیه در مکانیک مقدماتی را اندازه‌گیری و وجود کج‌فهمی-های متداول را بررسی می‌کند(هستنس[۳] و همکاران، ۱۹۹۲). این پرسش‌نامه به گونه‌ای تنظیم شده که فهم دانش‌آموز از ایده‌هایی مانند قانون سوم نیوتن، نه در حدِ حلِ مسائل کمی معمولی، که در سطح شهودی را روشن می‌سازد. برای برآورد درک مفهومی دانش‌آموزان در یک دوره‌ی درسی فیزیک، از این پرسش‌نامه به عنوان پیش‌آزمون و پس‌آزمون استفاده می‌شود.

مطالعه‌ی داده‌های FCI از ۶۲ دوره‌ی درسی با ۶۵۴۲ دانش‌آموز شواهد قانع‌کننده‌ای ارائه داده است که نشان می‌دهد آموزش سنتی به شیوه‌ی سخنرانی-تکلیف، منجر به پیشرفت میانگین نسبتاً ناچیز می‌شود. از سویی دیگر، آموزش با استفاده از روش‌های تعاملی مبتنی بر پژوهش‌های یادگیری فیزیک و دیگر تحقیقات حوزه‌های یادگیری، معمولاً پیشرفت متوسطی به اندازه دو برابر، در مقایسه با روش سنتی را به دست می‌دهد (هیک[۴]، ۱۹۹۸). تحقیقات دیگر با FCI و ابزار مشابه نیز این نتیجه را تأیید می‌کنند که آموزش فیزیک سنتی در اثرگذاری بر درکِ مفهومی دانش‌آموزان از دنیای فیزیکی مؤثر نیست (مک درموت[۵]، ۱۹۹۱، ۱۹۹۳؛ مِستری[۶]، ۱۹۹۱؛ ریدیش[۷] و اشتاینبرگ[۸]، ۱۹۹۹). این نتایج توسط شواهدی از تحقیات متعدد دیگر پشتیبانی می‌شود (الیف، ۲۰۱۸؛جیراس[۹] و بیتی[۱۰]، ۲۰۰۵) روی هم رفته شواهد به قدری قانع‌کننده است که همه در حوزه‌ی فیزیک شکی ندارند روش‌های سنتی آموزش فیزیک نیاز به اصلاح دارد.

در ادامه با توجه به تحقیقات آموزشی و شناختی درباره‌ی مهارت در فیزیک، یادگیری و مهارت حلِ مسأله سعی در پاسخ به این سوال داریم که چرا حلِ مسأله به روش سنتی، به اهدافی که برای آن در نظر گرفته شده است، نمی‌انجامد؟

---

۱ Elif
۲ Force Concept Inventory
۳ Hestenes
۴ Hake
۵ McDermott
۶ Mestry
۷ Redish
۸ Steinberg
۹ Gerace
۱۰ Beatty

مهارت در فیزیک

مهارت در فیزیک به شخص این امکان را می‌دهد که موقعیت‌های فیزیکی را بر حسب مفاهیم تحلیل کرده و در صورت نیاز برای کامل کردن توضیحات خود از محاسباتِ کَمی استفاده کند. این مهارت، شخص را قادر می‌سازد که توانایی‌ها و دانش کسب شده را به حوزه‌های جدیدی که با آنها مواجه می‌شود، انتقال دهد. یک فرد متبحر بیشتر از این که بداند چگونه می‌تواند مجموعه‌ای از مسائل استاندارد را حل کند، مهارت‌هایی برای سازگاری و پرداختن به مسائل جدید و ناآشنا دارد (برانسفورد[۱] و همکاران، ۱۹۹۹).

فرد متبحر چه چیزی یاد می‌گیرد که زمینه‌ساز چنین توانایی در او می‌شود؟ یک تفاوت قابل توجه در ساختار ذخیره‌ی دانش است. افراد متبحر فقط دانش بیشتری ندارند، آنها دانش خود را به گونه‌ای سامان بخشیده‌اند که مفید باشد. افراد متبحر یک گنجینه بزرگ از حوزه‌های دانش تخصصی دارند در حالی که دانش افراد مبتدی پراکنده و نامرتبط است. دانش افراد متخصص قویاً مرتبط به هم و پیوسته است اما دانش افراد مبتدی از بخش‌های غیرمرتبط درباره‌ی موضوعات مجزا تشکیل شده است. افراد متبحر دانش خود را به صورت طبقه‌بندی شده و بر اساس اصول بنیادی طبقه‌بندی می‌کنند اما افراد مبتدی به ترتیب زمانی که یاد می‌گیرند اطلاعات را ذخیره می‌کنند. افراد متبحر نمایش‌های مختلف ایده‌ها را ادغام می‌کنند اما مبتدی‌ها برای یک ایده فقط یک نمایش دارند یا قادر به برقراری ارتباط میان نمایش‌های مختلف نیستند. در نتیجه، افراد متخصص فراخوانی خوبی از دانش خود دارند و می‌توانند به هر بخشی که به مسئله‌ی مورد نظر مربوط است دسترسی داشته باشند در حالی که فراخوانی اطلاعات افراد مبتدی ضعیف است و دسترسی به یک قسمت خاص اطلاعات ندارند مگر اینکه توسط چیزی مربوط به آن (احتمالاً یک مسأله آشنا و استاندارد) راهنمایی شوند (چی[۲] و همکاران، ۱۹۸۱؛ زایکوفسکی[۳] و مارتین[۴] ۱۹۹۳).

بخشی از تحقیقات مربوط به حلِ مسئله در فیزیک نیز به تفاوت رفتارهای حلِ مسئله در میان افراد متبحر و مبتدی در حلِ مسئله می‌پردازد و نشان می‌دهد که افراد ماهر و مبتدی در چگونگی حلِ مسئله نیز تفاوت‌هایی دارند (الیف، ۲۰۱۸؛ ردی[۵]، ۲۰۱۷). افراد متبحر پیش از استفاده از معادلات ریاضی برای حل مسئله ابتدا با بهره‌گیری از مفاهیم بنیادی فیزیک سعی در تحلیل کیفی مسئله دارند در حالی که افراد مبتدی با معادلات ریاضی آغاز کرده و با جایگذاری مقادیر عددی به دنبال جواب مسئله هستند. افراد متبحر تاکتیک‌های متنوعی برای رهایی از مشکلات دارند اما افراد مبتدی معمولاً نمی‌توانند بدون کمک دیگران از مشکلات رهایی یابند. افراد متبحر در حالی که مشغول حلِ مسئله هستند این توانایی را دارند که به فرایند حلِ مسئله فکر کنند و بر آن نظارت داشته باشند اما در افراد مبتدی همه‌ی منابع ذهنی صرف حلِ مسئله می‌شود. در پایان، متخصصان می‌توانند پاسخ‌های خود را تفسیر کرده و با روش‌های جایگزین بررسی کنند و معمولاً این کار را انجام می‌دهند اما مبتدی‌ها معمولاً فقط یک راه برای حلِ یک مسئله دارند و اغلب به دست آوردن یک عدد یا عبارت را حلِ مسئله تلقی می‌کنند.

یادگیری

تحقیقات درباره‌ی مهارت‌های فیزیک به ما کمک می‌کند تا اهدافی که می‌خواهیم دانش‌آموزان به آن دست یابند را درک کنیم. برای فهم چگونگی دستیابی به این اهداف، باید به تحقیق درباره‌ی یادگیری بپردازیم. نظریه‌ی مدرن آموزشی، بر اساس نظریه‌ی شناختیِ ساخت‌گرایی است؛ دانش (بر خلاف اطلاعات) قابل انتقال یا مشاهده نیست، بلکه باید به عنوان نتیجه فرایندهای

---

۱ Bransford
۲ Chi
۳ Zajchowski
۴ Martin
۵ Reddy

شناختی در ذهن انسان ساخته شود (ون گلاسرسفیلد[1]، ۱۹۹۸). در ساخت‌گرایی فرضیات زیر به عنوان اساس یادگیری در نظر گرفته می‌شود،

۱. دانش ساخته می‌شود، انتقال داده نمی‌شود.

۲. دانش پیشین بر یادگیری تأثیر می‌گذارد.

۳. ساخت دانش نیازمند فعالیت‌های هدفمند و پرتلاش است.

۴. درک اولیه‌ی یک مفهوم، موضعی و محدود به موقعیت است و فراگیر نیست.

در چارچوب آموزش رسمی این فرضیات به این معنی‌اند،

۱. دانش‌آموز با دیدگاهی مشخص درباره‌ی جهان فیزیکی و یادگیری وارد کلاس می‌شود که از تجربه و یادگیری پیشین شکل گرفته است.

۲. دیدگاه فعلی دانش‌آموز همه‌ی مشاهدات و تجربیات جدید را فیلتر می‌کند.

۳. دانش‌آموز از نظر عاطفی به دیدگاه‌های خود وابسته است.

۴. دانش‌آموز برای بازنگری و بازسازی دیدگاه‌های خود باید تلاش زیادی داشته باشد.

این چشم‌انداز پیامدهای عمیق و فراگیری برای چگونگی فهم و تمرین آموزش دارد. به جای این که نگران ارائه موضوع درسی به واضح‌ترین و منطقی‌ترین روش در کلاس درس (با این پیش‌فرض که فراگیران همانند تخته‌هایی سفید و بدون نقش آماده دریافت مفاهیم درسی هستند) باشیم باید تجربه‌های یادگیری را بر اساس "حالت‌های اولیه" ویژگی‌های فردی و تنوع دانش-آموزان طراحی کنیم. این بدان معنا است که باید همواره ارزیابی کنیم که آنها چه می‌دانند و چگونه آموزشِ ما را تفسیر می‌کنند. باید به جای "تدریس" به طراحی و مدیریت تجربیات آموزشی سودمند بپردازیم و دانش‌آموزان را در حالی که درگیر فرایند تکراری، سخت و ناامیدکننده‌ی سازماندهی دانش هستند، هدایت کنیم. اغلب برای غلبه بر کج‌فهمی‌ها و درک ناقص دانش-آموزان که یادگیری با آن آغاز می‌شود، باید به سختی کار کنیم و هنگامی که دانش‌آموزان درک خود از محتوای جدید را توسعه می‌دهند، باید مکرراً ایده‌های آنها را مورد بازبینی قرار دهیم.

یادگیری فیزیک فقط فهم مفاهیم فیزیکی نیست. یادگیری فیزیک همچنین مستلزم یادگیری نحوه‌ی تفکر همانند یک فیزیک-دان است؛ ایجاد عادت‌های ذهنی که شخص را قادر به استفاده‌ی ثمربخش از دانش می‌سازد (دوفرسن[2] و همکاران، ۲۰۰۵).

حلِ مسئله

توانایی حلِ مسئله در یک فرد نه فقط به گستردگی دانش، که قویاً به سازماندهی دانش فرد وابسته است. یک دانش‌آموز غالباً دانش لازم برای حلِ مسئله را دارد، اما بدون تشویق یا هدایت به آن فکر نمی‌کند. در پایان دوره‌های درسی متداول فیزیک، دانش‌آموزان به جز در مسائل کلیشه‌ای، در انتخاب ایده‌های فیزیکی مورد نیاز برای حلِ مسئله عملکرد ضعیفی دارند (جیراس و همکاران ۲۰۰۵؛ زایکوفسکی و مارتین ۱۹۹۳).

افراد ماهر در حلِ مسئله، در هنگام مواجهه با یک مسئله‌ی چالشی در چهار مرحله آن را تحلیل می‌کنند: تحلیل مفهومی (کاوش، جهت‌یابی)، تحلیل راهبردی (برنامه‌ریزی، انتخاب)، تحلیل کَمی (اجرا، تعیین، پاسخ) و فراتحلیل (تأمل، بررسی، چالش، ارتباط).

[1] Von Glasersfeld
[2] Dufresne

در آموزش‌های مرسوم فقط تحلیل کَمی به طور صریح برای دانش‌آموزان مدل‌سازی شده و پیشرفت و توسعه‌ی دیگر مهارت‌ها به عهده‌ی خودِ دانش‌آموز وانهاده می‌شود(دوفرسن و همکاران، ۲۰۰۵).

مهارت حلِ مسئله در دانش‌آموزان یکباره پیشرفت نمی‌کند. پیشرفت طی پنج مرحله‌ی توسعه‌ی شناختی قابل تشخیص اما دارای همپوشانی و وابسته به یکدیگر صورت می‌گیرد: کاوش مفاهیمی که از قبل وجود دارند و معرفی ایده‌های جدید، پیوند مفاهیم، استفاده از مفاهیم برای تحلیل و استدلال درباره‌ی موقعیت‌ها، سازماندهی و اولویت‌بندی دانش، و رشد رویکردهای عمومی حلِ مسئله(آر. جی. دوفرسن و همکاران، ۲۰۰۰؛ بایون[۱] و لی[۲]، ۲۰۱۴؛ دوکتور[۳] و همکاران، ۲۰۱۵).

چرا رویکرد حلِ مسئله به روش سنتی در آموزش فیزیک ناکارآمد است؟

با توجه به دیدگاه مبتنی بر پژوهش در حوزه فیزیک درباره‌ی مهارت در فیزیک، یادگیری و حلِ مسئله، می‌توان فهمید چرا رویکرد حلِ مسئله به روش سنتی برای رشد مهارت‌های صحیح در دانش‌آموزان مؤثر نیست. مسائل مورد استفاده در آموزش سنتی غالباً هدفمند، محدود، منفصل و ساده هستند. منظور از "هدفمند" این که مسئله یک هدف بسیار خاص در نظر دارد، مثلاً محاسبه‌ی یک کمیت فیزیکی. "محدود" به این معنی است که مسئله را می‌توان به صورت سرراست با استفاده از یک اصل، تعریف یا فرایند مشخص حل کرد. منظور از "منفصل" این که مسئله رابطه‌ی نزدیکی با موضوع درسی اخیر دارد و دانش کسب‌شده‌ی قبلی در آن ادغام نشده و منظور از "ساده" این است که از پیچیدگی موقعیت‌های واقعی در مسئله صرف‌نظر شده است. دانش‌آموزان در مواجهه با چنین مسائلی، به جای پرداختن به فعالیت‌های شناختی که منجر به ساخت و سازماندهی دانش و رشدِ رفتارهای مطلوب ذهنی می‌شود، به مجموعه فعالیت‌هایی می‌پردازند که در راستای اهدافِ مطلوب نیست. آنها بیش از حد بر تعیین پاسخ متمرکز می‌شوند. بر اساس ویژگی‌های سطحی موقعیت و با استفاده محدود از مفاهیم، تصویری انتزاعی از مسئله ایجاد می‌کنند. برای تعیین مسیر پاسخگویی به کار با معادلات می‌پردازند و به جای استفاده از موضوع فیزیکی که جدید و نامأنوس است سعی در استفاده از موضوعات فیزیکی پیشین و آشنا دارند.

چیزی که دانش‌آموزان انجام نمی‌دهند اما باید انجام دهند عبارت است از: موقعیت‌ها را بر حسب مفاهیم تحلیل کنند، فرمول-بندی ریاضی را تفسیر کنند، از چند نمایش مختلف استفاده کنند، راه‌حل‌های جایگزین را جستجو و مورد بررسی قرار دهند، قبل از حلِ مسئله نقشه راه تنظیم کنند، با موقعیت‌های آشناتر مقابله و مقایسه کنند و حلِ مسئله‌شان را مورد بررسی و تأمل قرار دهند.

بازنگری در آموزش و حلِ مسأله

در بطن این موقعیت چیزی وجود دارد که مشکل دوسویه نامیده می‌شود (جیراس و بیتی، ۲۰۰۵)،

۱. چیزی که دانش‌آموزان می‌دانند، چگونگی پرداختنِ آنها به فعالیت‌های حلِ مسئله را تعیین می‌کند.
۲. چگونگی پرداختن دانش‌آموزان به فعالیت‌های حلِ مسئله، چیزی که آنها یاد می‌گیرند را تعیین می‌کند.

موضوع اصلی این است که شیوه‌ای که دانش‌آموزان یاد می‌گیرند، خودآموز است. برای تبدیل این موضوع به سود خود و اهداف مطلوب، راه حلی دو بخشی معرفی می‌شود،

۱. سازماندهی فعالیت‌های حلِ مسئله برای تأثیرگذاری بر چیزی که دانش‌آموزان به آن توجه می‌کنند.
۲. پرداختن به ارتباط فراشناختی درباره‌ی یادگیری.

---

[۱] Byun
[۲] Lee
[۳] Docktor

مسئله‌ی اصلی چنین راه حلی این است که دانش‌آموزان باید به عادت‌های یادگیری خود آگاهی یابند و از آنها در فرایند ساخت دانش کمک گیرند. اولین بخش این راه حل با طراحی فعالیت‌های یادگیری، به جای حلِ مسأله به صورت سنتی، به وسیله‌ی الگوی طراحی مبتنی بر مدل[1] انجام می‌شود. این الگو با مدلی از عناصر دانش، ساختارها و مهارت‌های لازم برای حلِ مسئله به صورت حرفه‌ای آغاز می‌شود. با استفاده از مدل و درکِ دانش و قابلیت فعلی دانش‌آموزان، مهارت‌ها و ساختارهای دانش که برای رشد و پیشرفت باید مورد توجه قرار گیرند، تعیین می‌شود. از این طریق به فرایندهای شناختی پی می‌بریم که دانش‌آموزان می‌توانند با آنها به ساختن ساختارها و رشد مهارت‌ها بپردازند. فعالیت‌های آموزشی که می‌توان به وسیله آنها آموزش را ارائه داد، از طریق این فرایندها کنترل و هدایت می‌شوند. مشارکت فعال دانش‌آموزان در این فعالیت‌ها منجر به یادگیری می‌شود.

این الگو کمک می‌کند مسائلی برای بهبود مهارت حلِ مسئله دانش‌آموزان طراحی کنیم که هرچند ممکن است از نظر ظاهری شبیه به مسائل سنتی باشند، اما تأثیر چشم‌گیر و متفاوتی دارند. به عنوان مثال حالتی را در نظر بگیرید که در آن نردبانی به دیواری تکیه داده شده است. بین سطح و پایه‌ی نردبان اصطکاک وجود دارد اما اصطکاک میان نردبان و دیوار صفر است. مردی به صورت قائم بر روی یک پله نردبان ایستاده است. در یک مسئله سنتی مقادیر عددی برای جرم نردبان و مرد، طول نردبان، زاویه‌ی نردبان با کف و مکان مرد بر روی نردبان را تعیین می‌کنیم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم که نیروی اصطکاک وارد بر پایه‌ی نردبان را محاسبه کنند. از سوئی دیگر برای بهره‌مندی از مزایای فرایندهای شناختی می‌توانیم از مقادیر عددی چشم‌پوشی کرده و در عوض از دانش‌آموزان بخواهیم که بررسی کنند با حرکت شخص بر روی نردبان به سمت بالا نیروی اصطکاک وارد بر پایه چگونه تغییر می‌کند. شکل دوم مسئله دانش‌آموزان را به استدلال قیاسی، کیفی و مفهومی ترغیب کرده و از کار با معادلات و تعیین فقط یک کمیت خاص می‌رهاند.

یک گزینه‌ی جالب‌تر این است که مسئله‌ای را برای دانش‌آموزان مطرح کرده و سپس به جای درخواست حلِ مسئله، از آنها بخواهید که یک راهبرد برای حل آن (بدون معادله) بنویسند یا چند اصل که می‌تواند برای حلِ مسئله مفیدترین باشد را بیان کنند. این رویکرد توجه دانش‌آموزان را به سمت رشد و توسعه دانش راهبردی هدایت می‌کند، به سازماندهی دانش بر اساس اصول و ابزار کلیدی کمک می‌کند و فرصتی ایجاد می‌کند برای گفتگویی سطح بالا و پربار درباره‌ی مهارت‌های حلِ مسئله راهبردی.

با بحث درباره‌ی شناخت و یادگیری به موازات فیزیک، ترغیب دانش‌آموزان به کنترل و بررسی تفکراتشان و آگاهی از عادت-های یادگیری خود و طراحی فعالیت‌هایی که آنها را به سمت موضوعات فراشناختی هدایت کند، به سطح دوم راهِ حلِ دوسویه دست می‌یابیم. مهارت‌های فراشناختی را می‌توان آموخت. در اصل، ما در حال تعریف دوباره‌ی نقش خود به عنوان یک معلم هستیم تا بیشتر مربی یادگیری و راهنما باشیم و کمتر به ارائه‌ی محتوای فیزیک بپردازیم.

یک مؤلفه مهم الگوی طراحی مبتنی بر مدل، تعیین نیازهای فردی و متغیر با زمان دانش‌آموزان، سردرگمی‌ها، مهارت‌ها و وضعیت فهم آنان است. این امر مستلزم استفاده از تکنیک‌های ارزیابی تکوینی است؛ ارزیابی به منظور راهنمایی و بهبود به جای سنجش و یادگیری(استیگینس[2]، ۲۰۰۲). ارزیابی‌های تکوینی همیشگی و مختصر هستند و به منظور آشکارسازی تفکر و شکاف-های موجود در دانش طراحی می‌شوند و برای اندازه‌گیری توانایی‌ها کاربرد ندارند.

رویکردهای ارزیابی تجمیعی نیز نیاز به بازنگری دارد. "ارزیابی یادگیری را هدایت می‌کند" عبارتی رایج در حوزه‌ی تحقیقات آموزشی است زیرا دانش‌آموزان برای تعیین چیزهایی که باید به آنها توجه کنند از آزمون‌ها استفاده می‌کنند (و معلمان برای تعیین موضوعاتی که باید ارائه دهند از امتحانات استاندارد بهره می‌برند). اگر امتحانات معلمان همچنان به صورت سنتی باشد،

[1] Model-based design paradigm
[2] Stiggins

هیچ تغییری در برنامه درسی، روش‌ها یا تکالیف، دانش‌آموزان را متقاعد نخواهد کرد که باید بیشتر به درک مفهومی، مهارت‌های تحلیل راهبردی و کیفی وآگاهی فراشناختی از یادگیری توجه کنند.

نتیجه‌گیری

حلِ مسئله که به صورت سنتی در آموزش فیزیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، نه کارامد است و نه به فراگیران در کسب مهارت واقعی در فیزیک کمک می‌کند. این واقعیت به معنی حذف آن از برنامه آموزشی فیزیک نیست. حلِ مسئله همچنان باید در آموزش فیزیک حضور داشته باشد اما نحوه‌ی اجرای آن نیازمند بازنگری است. نتایج پژوهش‌ها در حوزه آموزش فیزیک چگونگی این امر را آشکار ساخته است. برای انطباق با این داده‌ها، آموزش باید به صورت یک ارتباط دو سویه با دانش‌آموزانِ آگاه به فرایند یادگیری و فعال تغییر شکل دهد. همه‌ی مؤلفه‌های دوره‌ی درسی، شامل فعالیت‌های حلِ مسئله، باید به گونه‌ای طراحی شوند که فرایندهای شناختی را پشتیبانی کنند و عادت‌های ذهنی مطلوب را توسعه دهند. مهارت‌های فراشناختی به طور صریح آموزش داده شود و "یادگیری فیزیک" به عنوان یک موضوع آموزشی در کنار محتوای فیزیک قرار گیرد. در پایان، شیوه‌های ارزیابی باید در خدمتِ یادگیری باشند به گونه‌ای که فراگیران بیشتر به درک مفهومی، مهارت‌های تحلیل راهبردی و کیفی وآگاهی فراشناختی از یادگیری توجه کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. Blum, W., & Niss, M. (۱۹۹۱). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects—State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational studies in mathematics*, ۲۲(۱), ۳۷-٦۸.

۲. Bransford, J., Donovan, S., & Pellegrino, J. W. (۱۹۹۹). *How people learn: Bridging research and practice*. National Academies Press.

۳. Byun, T., & Lee, G. (۲۰۱٤). Why students still can't solve physics problems after solving over ۲۰۰۰ problems. *American Journal of Physics*, ۸۲(۹), ۹۰٦-۹۱۳.

۴. Charles, R. I., & Lester, F. K. (۱۹۸۲). *Teaching problem solving: What, why & how*. Palo Alto, CA: Dale Seymour Publications.

۵. Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (۱۹۸۱). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive science*, ۵(۲), ۱۲۱-۱۵۲.

۶. Dhillon, A. S. (۱۹۹۸). Individual differences within problem-solving strategies used in physics. *Science Education*, ۸۲(۳), ۳۷۹-٤۰۵.

۷. Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (۲۰۱۵). Conceptual problem solving in high school physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, ۱۱(۲), ۰۲۰۱۰٦.

۸. Dufresne, R. J., Gerace, W. J., Mestre, J. P., & Leonard, W. J. (۲۰۰۵). ASK-IT/A۲L: Assessing student knowlede with instructional technology. *arXiv preprint physics/۰۵۰۸۱٤٤*.

۹. Gagné, R. M., & Gagné, R. M. (۱۹۸۵). *Conditions of learning and theory of instruction*. Holt, Rinehart and Winston.

۱۰. Hake, R. R. (۱۹۹۸). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, ٦٦(۱), ٦٤-۷٤.

۱۱. Heller, J. I., & Reif, F. (۱۹۸٤). Prescribing effective human problem-solving processes: Problem description in physics. *Cognition and instruction*, ۱(۲), ۱۷۷-۲۱٦.

۱۲. Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (۱۹۹۲). Force concept inventory. *The physics teacher*, ۳۰(۳), ۱٤۱-۱۵۸.

۱۳. Huitt, W. (۱۹۹۸). Problem solving and decision making: Consideration of individual differences using the Myers-Briggs Type Indicator. *Journal of Psychological type*, ۲٤(۱), ۳۳-٤٤.

۱۴. Ince, E. (۲۰۱۸). An Overview of Problem Solving Studies in Physics Education. *Journal of Education and Learning*, ۷(٤), ۱۹۱-۲۰۰.

۱۵. Johnson, S. D. (۱۹۹٤). Research on problem solving instruction: What works, what doesen't. *Technology Teacher*, ۵۳(۸), ۲۷-۲۹.

۱۶. Korsunsky, B. (۲۰۰۳). Cognitive mechanisms of solving non-trivial physics problems.

۱۷. McDermott, L. C. (۱۹۹۱). Millikan Lecture ۱۹۹۰: What we teach and what is learned—Closing the gap. *American journal of physics*, ۵۹(٤), ۳۰۱-۳۱۵.

۱۸. McDermott, L. C. (۱۹۹۳). Guest comment: How we teach and how students learn—A mismatch?.

۱۹. Mestre, J. P. (۱۹۹۱). Learning and instruction in pre-college physical science. *PhT*, ٤٤(۹), ۵٦-٦۲.

۲۰. Reddy, M., & Panacharoensawad, B. (۲،۱۷). Students Problem-Solving Difficulties and Implications in Physics: An Empirical Study on Influencing Factors. *Journal of Education and Practice*, ۸(۱٤), ٥۹-٦۲.

۲۱. Reys, R., Lindquist, M., Lambdin, D. V., & Smith, N. L. (۲۰۱٤). *Helping children learn mathematics*. John Wiley & Sons.

۲۲. Serway, R. A., & Jewett, J. W. (۲۰۱۸). *Physics for scientists and engineers*. Cengage learning.

۲۳. Stiggins, R. J. (۲۰۰۲). Assessment crisis: The absence of assessment for learning. *Phi Delta Kappan*, ۸۳(۱), ۷٥۸-۷٦٥.

۲۴. Von Glasersfeld, E. (۱۹۹۸). Cognition, construction of knowledge, and teaching. In *Constructivism in science education* (pp. ۱۱-۳۰). Springer, Dordrecht.

۲۵. Woolfolk, A. E., Hoy, A. W., Hughes, M., & Walkup, V. (۲۰۰۷). *Psychology in education*. Pearson Education.

۲۶. Zajchowski, R., & Martin, J. (۱۹۹۳). Differences in the problem solving of stronger and weaker novices in physics: Knowledge, strategies, or knowledge structure?. *Journal of Research in Science Teaching*, ۳۰(٥), ٤٥۹-٤۷۰.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی