پژوهش در آموزش علوم تجربی، دوره ۱۲، شماره ۴۲، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۱۰۷-۹۴

"ویژه‌نامه ششمین همایش ملی آموزش فیزیک"

پژوهش در آموزش علوم تجربی

شاپا الکترونیکی: ۸۸۸۹-۳۱۱۵

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

تأثیر نمایش فعال بر درک مدل ذره‌ای در آموزش حالت‌های ماده در کارورزی ۳

ملیکا عبدی[۱]، ارمیتا محمدپور[۱]، فاطمه اربابی‌فر[۲*]

۱. گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران

۲. استادیار گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: (f.arbabifar@cfu.ac.ir)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

کلیدواژه‌ها:

آموزش فیزیک

حالت های ماده ،

کارورزی ۳،

مدل ذره ای،

نمایش بدن محور.

چکیده

متن چکیده

این پژوهش در چارچوب کارورزی ۳ و به‌عنوان بخشی از فرایند آموزش عملی دانشجو-معلمان دانشگاه فرهنگیان اجرا شد. کارورزی ۳ فرصتی ارزشمند فراهم می‌آورد تا دانشجو-معلمان پیش از ورود به حرفه تدریس، در محیطی واقعی و حمایت‌شده به کارآموزی بپردازند و شکاف بین نظریه‌های دانشگاهی و اقتضائات کلاس درس را کاهش دهند. هدف اصلی این پژوهش، ارتقاء درک مفهومی عمیق و افزایش انگیزه یادگیری دانش‌آموزان پایه دهم رشته ریاضی دبیرستان رضوان، پیرامون مفاهیم انتزاعی مدل ذره‌ای و حالت‌های ماده بود. این مفاهیم به دلیل ماهیت غیرملموس خود، اغلب برای دانش‌آموزان دشوار و دور از زندگی روزمره تلقی می‌شوند. کارورزی ۳ این امکان را به دانشجو-معلم داد تا با طراحی و اجرای یک طرح درس فعال در محیط واقعی کلاس، مهارت‌های تدریس خود را در تعامل مستقیم با دانش‌آموزان تقویت کرده و نظریه‌های آموزشی را به تجربه عملی تبدیل کند. روش کار بر پایه مدل یادگیری فعال (بازی ذرات) و با تأکید بر سه مرحله کلیدی طراحی و اجرا شد: مرحله اول «تجربه کردن» (شامل ایفای نقش ذرات توسط خود دانش‌آموزان و انجام آزمایش‌های ساده و دست‌ورزی)، مرحله دوم «توضیح دادن» (شامل تکمیل جدول‌های مقایسه‌ای گروهی و بحث در مورد مشاهدات) و مرحله سوم «به کار بستن» (شامل مقایسه نتایج گروه‌ها و انتقال یادگیری به موقعیت‌های جدید و مسئله‌محور). سنجش یادگیری به‌صورت مستمر و فرایند-محور (از طریق مشاهده میزان مشارکت فعال دانش‌آموزان و کیفیت پاسخ‌های ارائه‌شده در گروه‌ها) انجام گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که روش نمایش فعال و مدل‌سازی بدن‌محور نه‌تنها در ارتقاء درک مفهومی دانش‌آموزان از مدل ذره‌ای مؤثر بوده است، بلکه انگیزه و تمرکز آنان را در کلاس به طور چشمگیری افزایش داده است. در مجموع، این رویکرد می‌تواند به‌عنوان الگویی کارآمد و عملی برای آموزش مفاهیم انتزاعی فیزیک در پایه دهم و حتی سایر مقاطع تحصیلی مورد استفاده قرار گیرد.

استناد: عبدی، ملیکا؛ و محمدپور، ارمیتا، اربابی فر، فاطمه (۱۴۰۵). تأثیر نمایش فعال بر درک مدل ذره‌ای در آموزش حالت‌های ماده در کارورزی ۳. پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱۲ (۴۲)، ۱۰۷-۹۴.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.22965.1596

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

۱. مقدمه

یکی از چالش‌های اصلی در آموزش علوم پایه، به‌ویژه فیزیک دبیرستان (پایه دهم)، شکاف بین مفاهیم انتزاعی و تجربیات روزمره‌ی دانش‌آموزان است. درسی مانند حالت‌های ماده و ساختار میکروسکوپی آن، نیازمند درک عمیق رفتار ذرات، نیروهای بین‌ذره‌ای و انرژی جنبشی است که این مفاهیم غالباً در چارچوب روش‌های تدریس سنتی به حفظیات سطحی تقلیل می‌یابند. این امر نه‌تنها کیفیت یادگیری را کاهش می‌دهد، بلکه طبق یافته‌های پژوهشی (Wieman, 2014, Hake, 1998) تأثیر منفی مستقیمی بر انگیزه و نگرش دانش‌آموزان دارد؛ به‌ویژه در دوره‌ی حساس ورود به مقطع متوسطه‌ی دوم. مبانی نظری این پژوهش بر پارادایم سازنده گرایی استوار است که دانش‌آموز را به‌عنوان یک سازنده‌ی فعال دانش به رسمیت می‌شناسد (Vygotsky, L. S. 1978). بر اساس این رویکرد، یادگیری مؤثر زمانی رخ می‌دهد که دانش‌آموز به‌طور فعال درگیر تجربه، تفسیر و ساختن مدل‌های ذهنی خود شود. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که استفاده از مدل‌ها و نمایش‌های بیرونی عینی ابزاری قدرتمند برای پل زدن بین پدیده‌های ماکروسکوپی و مدل‌های میکروسکوپی فیزیک هستند (Podolefsky & Finkelstein, 2006). در پاسخ به این چالش آموزشی، این مقاله که در چارچوب کارورزی ۳ دانشجو معلمان دانشگاه شرافت تدوین و اجرا شده است، به بررسی تاثیر روش تدریس «نمایش فعال» تحت عنوان «بازی ذرات» می‌پردازد. ضرورت پرداختن به این موضوع از آنجا نشات می‌گیرد که مفاهیم مرتبط با مدل ذره‌ای و حالت‌های ماده، به دلیل ماهیت غیرملموس و انتزاعی خود، اغلب برای دانش‌آموزان دشوار و دور از تجربیات روزمره‌شان تلقی می‌شوند. رویکردهای سنتی تدریس که عمدتا مبتنی بر سخنرانی و حفظ طوطی‌وار فرمول‌ها هستند، معمولا قادر به ایجاد درکی عمیق و پایدار از این مفاهیم در ذهن یادگیرندگان نیستند. به همین دلیل، طراحی و اجرای روش‌های نوین و فعال آموزشی که بتوانند یادگیرنده را به مرکز فرایند یادگیری منتقل کنند، یک ضرورت انکارناپذیر به شمار می‌رود. هدف از این روش، تبدیل مفاهیم انتزاعی به تجربه‌ای ملموس و بدن محور (Embodied Learning) است که در آن دانش‌آموزان پایه دهم رشته ریاضی دبیرستان رضوان، با ایفای نقش ذرات و انجام فعالیت‌های گروهی هدفمند، مفاهیم را به شیوه‌ای عمیق و پایدار درونی سازی کنند. در این روش، هر دانش‌آموز خود به عنوان یک ذره عمل می‌کند؛ در حالت جامد با نوسان در جای خود، در حالت مایع با حرکت تدریجی و جابه‌جایی نسبی، و در حالت گاز با حرکت سریع و برخورد با سایر ذرات. این تجربه جسمی حرکتی، مسیرهای یادگیری چندحسی را فعال می‌کند و به تثبیت مفاهیم در حافظه بلندمدت کمک می‌نماید. این پژوهش که بر مبنای طرح درس اجرا شده در محیط واقعی کلاس صورت گرفته، در پی آن است که تاثیر این روش را بر دو محور اصلی مورد سنجش و ارزیابی قرار دهد: نخست، ارتقاء درک مفهومی دانش‌آموزان از مدل ذره‌ای و رفتار ذرات در حالت‌های مختلف ماده، و دوم، بهبود همزمان انگیزه و تمرکز دانش‌آموزان در کلاس فیزیک. یافته‌های اولیه نشان می‌دهد که نمایش فعال توانسته است ضمن افزایش چشمگیر مشارکت دانش‌آموزان، بسیاری از کژفهمی‌های رایج (مانند انبساط خود ذرات به جای افزایش فاصله بین آن‌ها) را نیز اصلاح کند. در نهایت، این پژوهش تلاش دارد تا یک الگوی عملی، سازنده‌گرا و قابل تکرار برای تدریس موثر مفاهیم انتزاعی فیزیک ارائه دهد تا ضمن تامین اهداف شناختی، بستر مناسبی برای پرورش مهارت‌های فراشناختی و اجتماعی یادگیرندگان نیز فراهم آورد.

۲. روش پژوهش

این پژوهش در چارچوب کارورزی ۳ و با رویکرد کیفی و مشاهده ای، با هدف ارزیابی و تحلیل تاثیر روش تدریس فعال بر درک مفهومی و انگیزه ی دانش آموزان، در نیمسال اول تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۵ اجرا شد. کارورزی ۳ به عنوان یکی از مهمترین بخش های برنامه آموزشی دانشجو معلمان دانشگاه فرهنگیان، بستری مناسب برای اجرای پژوهش های عملی و میدانی در محیط واقعی

کلاس درس فراهم می آورد. این مرحله از کارورزی، دانشجو معلمان را قادر می سازد تا نظریه های یادگیری را در عمل آزموده و روش های تدریس خود را بر اساس بازخورد مستقیم دانش آموزان اصلاح و بهبود بخشند.

جامعه آماری این پژوهش، کلیه دانش آموزان دختر پایه دهم رشته ریاضی مدارس دولتی شهر تهران بودند. با توجه به گستردگی جامعه آماری و محدودیت های زمانی و اجرایی، نمونه آماری به صورت هدفمند انتخاب شد و شامل ۶۰ دانش آموز پایه دهم رشته ریاضی در دو کلاس ۳۰ نفره از دبیرستان دخترانه رضوان در شهر تهران بود. انتخاب این دبیرستان به دلیل دسترسی مناسب، همکاری کادر آموزشی و وجود امکانات لازم برای اجرای روش تدریس فعال صورت گرفت. دو کلاس منتخب، از نظر سطح علمی و ویژگی های اجتماعی–اقتصادی، شباهت قابل قبولی با یکدیگر داشتند تا امکان مقایسه معنی دار نتایج فراهم شود. روش تدریس انتخابی، کاملا بر الگوی ساخت گرایی ۵ گامی مبتنی بود تا زمینه ی لازم برای یادگیری فعال و تجربی فراهم شود. این الگو شامل پنج مرحله اصلی است: جلب توجه و برانگیختن پیش دانسته ها، اکتشاف و تجربه مستقیم، توضیح و تبیین مفاهیم توسط دانش آموزان، گسترش و تعمیق یادگیری در موقعیت های جدید، و در نهایت ارزشیابی و بازخورد. تدریس مبحث «حالت های ماده» در طول ۹۰ دقیقه، به صورت کامل مطابق با این الگو انجام پذیرفت. در مرحله اول، سوالات چالش برانگیز مطرح شد. در مرحله دوم، دانش آموزان با ایفای نقش ذرات و آزمایش های ساده به اکتشاف پرداختند. در مرحله سوم، گروه ها یافته های خود را توضیح دادند. در مرحله چهارم، مفاهیم به پدیده های روزمره تعمیم داده شد و در مرحله پنجم، یادگیری از طریق جدول ها و پرسش های گروهی ارزشیابی گردید.

هدف پژوهش:

هدف این پژوهش هم طراحی و هم اجرای یک طرح درس فعال در محیط واقعی کلاس بود. دانشجو معلمان با بهره گیری از الگوی ساخت گرایی پنج گامی، طرح درس را طراحی کرده و در تعامل مستقیم با دانش آموزان اجرا شد. انتخاب الگوی ساخت گرایی پنج گامی به این دلیل صورت گرفت که این الگو، یادگیرنده را در مرکز فرایند یادگیری قرار می دهد و او را از یک شنونده منفعل به یک کاوشگر فعال تبدیل می کند. دانشجو معلمان در مرحله طراحی، تلاش کردند تا هر پنج گام شامل برانگیختن، اکتشاف، توضیح، گسترش و ارزشیابی را به گونه ای تنظیم نمایند که بیشترین تعامل و مشارکت دانش آموزان را به دنبال داشته باشد. در مرحله اجرا نیز، معلم راهنما با حضور مستمر در کلاس، بازخوردهای لازم را ارائه داد و به دانشجو معلمان در مدیریت زمان و چیدمان فعالیت ها کمک کرد.

ابزار گردآوری داده ها شامل موارد زیر بود:

۱. مشاهده مشارکت دانش آموزان در طول تدریس: این مشاهده به صورت سیستماتیک و با ثبت یادداشت های دقیق از میزان تمایل دانش آموزان به ایفای نقش، پاسخ دادن به پرسش ها و همکاری در گروه ها انجام شد.

۲. جدول های مقایسه ای گروهی که روی تخته کلاس تهیه و توسط گروه ها تکمیل شدند: این جدول ها شامل مقایسه حالت های جامد، مایع و گاز از نظر نظم ذرات، فاصله بین ذرات، انرژی جنبشی و شکل ظاهری بودند. هر گروه موظف بود پس از بحث گروهی، یافته های خود را در جدول مربوطه ثبت کند.

۳. پرسش های شفاهی و کتبی مرتبط با فصل حالت های ماده: این پرسش ها در حین تدریس و به منظور سنجش درک لحظه ای دانش آموزان مطرح شدند.

۴. آزمون کتبی در جلسه بعد طراحی شده توسط معلم راهنما برای سنجش میزان یادگیری مفاهیم: این آزمون شامل سوالات چهارگزینه ای، تشریحی و ترسیمی بود و روایی آن توسط معلم راهنما با تجربه تایید گردید.

روش تحلیل داده ها:

تحلیل داده ها به صورت کیفی و با مشارکت معلم راهنما انجام شد. پاسخ های ثبت شده در جدول های گروهی بررسی شدند و با نتایج آزمون کتبی مقایسه گردیدند. همچنین یادداشت های مشاهده ای برای بررسی میزان مشارکت و تمرکز دانش آموزان مورد تحلیل قرار گرفت. اکثر دانش آموزان توانستند به سوالات فصل مربوطه پاسخ صحیح دهند که نشان دهنده اثربخشی اجرای طرح درس بود. همچنین تطابق بالایی بین پاسخ های گروهی در جدول ها و عملکرد دانش آموزان در آزمون کتبی مشاهده شد. طراحی و اجرای تدریس بر اساس الگوی ساخت گرایی پنج گام صورت گرفت و بر مراحل تجربه کردن و به کار بستن تاکید بیشتری صورت گرفت. مراحل کار به شرح زیر است:

۱.۲. برقراری ارتباط (Engage)

در آغاز این مرحله که هدف آن جلب توجه دانش آموزان و برانگیختن کنجکاوی آنان بود، پرسش هایی درباره مفهوم ماده و حالت های آن مطرح شدند. ابتدا از دانش آموزان خواسته شد تا به زبان ساده تعریف خود را از ماده بیان کنند. پس از شنیدن چند پاسخ متفاوت، توضیح داده شد که «هر چیزی که جرم و حجم داشته باشد ماده است». سپس برای ایجاد چالش ذهنی و آماده سازی زمینه برای یادگیری عمیق تر، این پرسش مطرح گردید که آیا حجم به تنهایی نشان دهنده ماده است یا خیر. این سوال باعث شد ذهن دانش آموزان درگیر شود و با دقت بیشتری به ادامه مطلب گوش فرادهند. به آنان گفته شد که در پایان جلسه با تعریف دقیق ماده، انواع آن و ویژگی هایشان آشنا خواهند شد. برای افزایش مشارکت و ایجاد ارتباط با محیط پیرامون، چند دانش آموز به صورت داوطلب برای ارائه مثال هایی از مواد اطرافشان دعوت شدند. دانش آموزان به مواردی مانند میز، تخته، کتاب، آب، هوا، مداد و کیف خود اشاره کردند. این فعالیت کوتاه به معلم این امکان را داد تا سطح دانش قبلی دانش آموزان را بسنجد و نقاط قوت و ضعف آنان را شناسایی کند. پس از آن، تصویری از خورشید، شعله گاز و لامپ نئون نشان داده شد و از دانش آموزان پرسیده شد که این ها جزء کدام حالت ماده هستند. بسیاری از دانش آموزان در ابتدا دچار تردید شدند زیرا خورشید و شعله گاز نه به صورت جامد دیده می شوند، نه مایع و نه گاز معمولی. با تعجب و شگفتی پرسیده شد که آیا این ها ماده محسوب می شوند یا چیزی فراتر از ماده هستند. این لحظه از تدریس، یکی از کلیدی ترین لحظات بود زیرا دانش آموزان به طور طبیعی به سمت یافتن پاسخ هدایت شدند و درگیری شناختی عمیقی در آنان ایجاد گردید. معلم بدون ارائه پاسخ فوری، دانش آموزان را ترغیب کرد تا در مراحل بعدی تدریس به دنبال پاسخ سوالات خود باشند.

محدوده زمانی این مرحله: ۵ دقیقه

۲.۲. تجربه کردن (Explore)

در این مرحله که قلب تپنده یادگیری فعال و تجربی به شمار می رود، ویژگی های حالت های مختلف ماده از طریق ایفای نقش دانش آموزان به عنوان ذرات و انجام آزمایش های ساده مشاهده و بررسی شدند. هدف اصلی این مرحله، فراهم آوردن فرصتی برای دانش آموزان بود تا به جای شنیدن مفاهیم، خود آنها را لمس کنند، تجربه نمایند و به کشف روابط میان ذرات و رفتار آنان

در حالت های گوناگون بپردازند. پیش از شروع فعالیت، کلاس به چند گروه تقسیم شد و هر گروه موظف گردید تا یک حالت از ماده را با حرکات بدنی خود نمایش دهد.

- در حالت جامد، دانش آموزان در کنار یکدیگر و با فاصله بسیار کم (تقریبا به اندازه یک وجب) ایستاده بودند و تنها حرکات ریز و نوسانی انجام می دادند که نشان از نوسان اتم های سازنده مواد جامد در مکان ثابت خود می باشد. توضیح داده شد که در مواد جامد، نیروهای جاذبه بین ذرات بسیار قوی است و ذرات فقط در محل خود نوسان می کنند و قادر به جابه جایی نیستند. دانش آموزان متوجه شدند که همین نوسان اندک، دلیل ثبات شکل و حجم جامدات است.
- در حالت مایع، دانش آموزان با کمی فاصله از یکدیگر (حدود دو وجب) ضمن اینکه دست هایشان را به هم داده بودند، حرکات بیشتری نسبت به حالت جامد داشتند. آنان می توانستند به آرامی از کنار یکدیگر عبور کنند در حالی که دست ها همچنان در تماس بود. این نمایش نشان از روی هم لغزیدن اتم ها در حالت مایع می باشد. به دانش آموزان یادآوری شد که در مایعات، ذرات می توانند نسبت به یکدیگر جابه جا شوند، به همین دلیل مایع شکل ظرف خود را می گیرد اما حجم آن ثابت باقی می ماند.
- در حالت گاز، دانش آموزان آزادانه در فضای کلاس حرکت داده شدند. آنان می دویدند، با یکدیگر برخورد می کردند و همه محیط کلاس را پر می کردند. این نمایش به وضوح نشان داد که ذرات گاز فاصله زیادی از یکدیگر دارند، با سرعت بالا حرکت می کنند و هیچ قید و بندی برای ماندن در کنار یکدیگر ندارند. به همین دلیل، گازها هم شکل و هم حجم ظرف خود را تغییر می دهند و قابل تراکم هستند.
- در حالت پلاسما، که پیچیده ترین حالت ماده است و کمتر در کلاس دبیرستان مورد بحث قرار می گیرد، دانش آموزان کارتهایی با علامت های مثبت (که نشان از یون مثبت است)، منفی (که نشان از الکترون آزاد شده است) و خنثی در دست داشتند و حرکت بسیار سریع و نامنظمی را به نمایش گذاشتند. به آنان توضیح داده شد که پلاسما در دماهای بسیار بالا مانند خورشید، شعله گاز و لامپ نئون تشکیل می شود و ذرات آن از یکدیگر جدا شده و باردار می گردند.

لازم به ذکر است هنگام انجام نمایش ها، دست سازه هایی از حالت های مختلف مواد روی تابلو کلاس نصب می گردید تا در یادگیری دانش آموزان مؤثر واقع گردد. این دست سازه ها شامل تصاویری از آرایش ذرات در هر حالت همراه با توضیحات مختصر بودند و به عنوان یک مرجع بصری در طول فعالیت مورد استفاده قرار گرفتند.

سپس دو آزمایش ساده نیز اجرا شد:

- پخش جوهر در آب برای نمایش پدیده پخش در مایعات: یک لیوان آب شفاف برداشته شد و یک قطره جوهر به آرامی در آن ریخته شد. دانش آموزان مشاهده کردند که جوهر به تدریج در تمام آب پخش می شود بدون اینکه نیاز به هم زدن باشد. این آزمایش نشان داد که ذرات مایع در حال حرکت هستند و می توانند ذرات جوهر را با خود حمل کنند.
- نمایش تراکم پذیری گاز با استفاده از سرنگ بدون سوزن: یک سرنگ خالی از هوا گرفته شد و دهانه آن بسته گردید. سپس دانش آموزان سعی کردند پیستون را فشار دهند. مشاهده شد که پیستون به راحتی تا حدی پایین می رود که نشان دهنده تراکم پذیری گاز است. در مقابل، همان آزمایش با سرنگ پر از آب تکرار شد و مشاهده گردید که پیستون تقریبا حرکت نمی کند که نشان دهنده تراکم ناپذیری مایعات می باشد.

محدوده زمانی این مرحله: ۱۵ دقیقه

۳.۲. توضیح دادن(Explain)

سپس گروه های کوچک تشکیل شدند و جدول های مقایسه ای شامل ویژگی های حالت های ماده (شکل، حجم، تراکم پذیری، نظم ذرات) تکمیل شدند. هدف از تشکیل گروه های کوچک، ایجاد فرصت برای گفت و گوی علمی، تبادل نظر بین دانش آموزان و یادگیری همتا به همتا بود. در این مرحله، دانش آموزان می توانستند یافته های خود را از فعالیت های قبلی (نقش بازی و آزمایش ها) سازماندهی کنند و به صورت ساختار یافته روی کاغذ یا تخته گروهی ثبت نمایند. همچنین مثال های واقعی برای هر حالت نوشته شدند و مفاهیم نادرست اصلاح شدند.

برای اجرای این بخش، ابتدا دانش آموزان به گروه های دو تا چهار نفره تقسیم شدند. در تشکیل گروه ها تلاش شد تا دانش آموزان با سطح یادگیری مختلف در کنار یکدیگر قرار گیرند تا دانش آموزان قوی تر به یاری دانش آموزان ضعیف تر بشتابند و یادگیری به صورت مشارکتی تحقق یابد. هر گروه یک برگه بزرگ یا بخشی از تخته کلاس را در اختیار گرفت و لوازم تحریر لازم نیز در اختیار آنان قرار داده شد. سپس از هر گروه خواسته شد جدولی از ویژگی های حالت های ماده شامل شکل، حجم، تراکم پذیری، جریان پذیری و نظم ذرات طراحی و تکمیل کند. برای هر حالت، مثال واقعی نوشته شود (یخ، آب، هوا، شعله گاز و ...). جدول پیشنهادی شامل سطرهایی برای چهار حالت جامد، مایع، گاز و پلاسما و ستون هایی برای موارد زیر بود:

- شکل (ثابت یا متغیر)
- حجم (ثابت یا متغیر)
- تراکم پذیری (قابل تراکم یا غیرقابل تراکم)
- جریان پذیری (دارد یا ندارد)
- نظم ذرات (بسیار منظم، نسبتا نامنظم، کاملا نامنظم()
- فاصله ذرات (بسیار کم، متوسط، بسیار زیاد)

دانش آموزان با مراجعه به یادداشت های خود از مرحله نقش بازی و نیز با استفاده از دست سازه های نصب شده روی دیوار، تلاش کردند جدول را تکمیل کنند. برای حالت جامد مثال یخ نوشتند، برای مایع مثال آب، برای گاز مثال هوا و برای پلاسما مثال شعله گاز و لامپ نئون. برخی گروه ها خلاقیت به خرج دادند و مثال های دیگری مانند آهن برای جامد، روغن برای مایع و بخار آب برای گاز نیز آوردند.

در ادامه، گروه ها بازدید شدند، راهنمایی داده شد و مفاهیم نادرست اصلاح شدند. معلم به همراه معلم راهنما بین گروه ها گردش کردند و به سوالات دانش آموزان پاسخ دادند. برخی از مفاهیم نادرستی که مشاهده شد عبارت بودند از:

- تصور اینکه ذرات جامد هیچ حرکتی ندارند (در حالی که نوسان دارند)
- تصور اینکه ذرات مایع به یکدیگر متصل نیستند (در حالی که نیروی جاذبه ضعیفی دارند)
- تصور اینکه گازها وزن و جرم ندارند
- اشتباه گرفتن پلاسما با گاز معمولی

معلم با توضیحات کوتاه و اشاره دوباره به نقش بازی و آزمایش ها، این مفاهیم را اصلاح کرد. همچنین گروه هایی که جدول را کامل تر و دقیق تری تکمیل کرده بودند، تشویق شدند تا یافته های خود را با سایر گروه ها به اشتراک بگذارند.

در پایان، جدول نهایی روی تخته جمع بندی شده و نوشته شد. معلم یک جدول بزرگ روی تخته اصلی کلاس کشید و با مشارکت تمام گروه ها، خانه های جدول را یک به یک تکمیل کرد. دانش آموزان گروه ها نتایج خود را اعلام می کردند و معلم پس از تایید توسط سایر گروه ها و بحث مختصر، پاسخ صحیح را در جدول ثبت می نمود. این کار باعث شد تا تمام دانش آموزان صرف نظر از اینکه گروه خود جدول کاملی داشت یا نه، در پایان جلسه یک منبع معتبر و کامل از ویژگی های حالت های ماده در اختیار داشته باشند.

محدوده زمانی این مرحله: ۲۰ دقیقه

جدول ۱. مقایسه ویژگی‌های حالت‌های ماده کار گروهی دانش آموزان.

حالت‌های ماده	شکل	حجم	تراکم‌پذیری	نظم ذرات	مثال
جامد	ثابت	ثابت	بسیارکم	منظم	یخ
مایع	نامعین	ثابت	کم	نسبتاً منظم	آب
گاز	نامعین	نامعین	زیاد	نامنظم	هوا
پلاسما	نامعین	نامعین	زیاد	بسیار نامنظم	شعله گاز

۴.۲. بکار بستن(Elaborate)

در این مرحله که هدف اصلی آن انتقال یادگیری به موقعیت های جدید و تعمیق درک دانش آموزان است، یافته های گروه ها در کلاس ارائه شدند و گفت و گوی جمعی شکل گرفت. این مرحله از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا صرفا تکرار مفاهیم نیست بلکه فرصتی است برای دانش آموزان تا دانش خود را در بافت ها و زمینه های تازه به کار گیرند و ارتباط علم را با زندگی روزمره و فناوری درک کنند. کلاس به صورت یک دایره بزرگ چیده شد تا همه دانش آموزان صورت یکدیگر را ببینند و ارتباط چشمی و کلامی موثری برقرار شود. سپس پرسش های کاربردی برای انتقال دانش به موقعیت های جدید مطرح شدند. معلم با طرح سوالاتی فراتر از مفاهیم پایه، دانش آموزان را به تفکر عمیق تر واداشت. از جمله این پرسش ها:

- نقش قیر در قلم زنی و حکاکی روی فلزات: از دانش آموزان پرسیده شد که چرا قیر که در دمای اتاق جامد و شکننده به نظر می رسد، در فرایند قلم زنی به کار می رود. پاسخ دهند که قیر در اثر ضربه و فشار موقت، رفتاری نیمه جامد از خود نشان می دهد و به هنرمند اجازه می دهد تا بر روی فلز نقش ایجاد کند. این مثال نشان داد که حالت ماده فقط به دمای معمول وابسته نیست و تحت شرایط مختلف تغییر می کند.
- اهمیت حرکت کاتوره ای (براونی) گازها در حیات: پرسیده شد که حرکت تصادفی و بی وقفه ذرات گاز چه نقشی در بقای جانداران دارد. دانش آموزان با راهنمایی معلم به این نتیجه رسیدند که پخش بوها، تنفس (انتقال اکسیژن در ریه ها)، بویایی حیوانات برای یافتن غذا و حتی تشکیل ابرها و چرخه آب در طبیعت همه به حرکت تصادفی ذرات گاز وابسته هستند. یک مثال ملموس این بود که اگر گازها حرکت کاتوره ای نداشتند، بوی عطر در اتاق پخش نمی شد و انسان ها قادر به بوییدن هیچ چیز نبودند.

در این مرحله امکان تعمیم مفاهیم علمی به موقعیت های واقعی فراهم آورده شد. معلم مثال های دیگری نیز اضافه کرد مانند:

- چرا بالون در هوای سرد جمع می شود و در هوای گرم باد می کند؟ (تغییر فاصله ذرات گاز با دما)
- چرا جیوه در دماسنج با گرما بالا می رود؟ (انبساط ذرات مایع با افزایش دما)

شرح تکالیف یادگیری و عملکردی:

یافته های هر گروه برای سایر دانش آموزان توضیح داده شدند. هر گروه یک نماینده به پشت تخته فرستاد تا جدول تکمیل شده خود را ارائه دهد. نماینده گروه ابتدا حالت های ماده را مرور کرد و سپس ویژگی های ثبت شده را با استناد به فعالیت های قبلی (نقش بازی، آزمایش ها) توضیح داد. گروه های دیگر به دقت گوش فرا دادند و در صورت وجود اختلاف نظر، آماده بحث بودند. پرسش ها و نظرات توسط گروه های دیگر مطرح شدند. پس از هر ارائه، سایر گروه ها فرصت داشتند تا سوالات خود را بپرسند یا اشکالات احتمالی را گوشزد کنند. این بخش بسیار پویا و نشاط آور بود و دانش آموزان یاد گرفتند که چگونه به دیگران بازخورد محترمانه و سازنده بدهند. پاسخ ها با استفاده از کتاب درسی، تصاویر آموزشی و توضیحات تکمیلی اصلاح و تکمیل شدند. معلم در مواردی که گروه ارائه دهنده پاسخ نادرست داده بود یا توضیح ناقص داشت، با اشاره به کتاب درسی، نمایش دوباره یک صحنه از نقش بازی یا نشان دادن تصاویر دقیق تر از آرایش ذرات، مفهوم را شفاف سازی کرد. به این ترتیب، هیچ ابهامی در ذهن دانش آموزان باقی نماند.

در پایان، جمع بندی علمی درس با مشارکت دانش آموزان انجام شد. معلم از خود دانش آموزان خواست تا مهمترین نکاتی را که در این جلسه آموخته اند، یکی یکی بیان کنند. این نکات روی تخته نوشته شد و شامل موارد زیر بود:

- ماده هر چیزی است که جرم و حجم داشته باشد.
- حالت های چهارگانه ماده عبارتند از جامد، مایع، گاز و پلاسما.
- در حالت جامد، ذرات منظم، نزدیک به هم و فقط نوسان دارند.
- در حالت مایع، ذرات کمی نامنظم تر، فاصله متوسط و روی هم می لغزند.
- در حالت گاز، ذرات نامنظم، فاصله زیاد و حرکت سریع و تصادفی دارند.
- در حالت پلاسما، ذرات به یون و الکترون تبدیل شده و فوق العاده سریع حرکت می کنند.
- پلاسما در خورشید، شعله گاز و لامپ نئون دیده می شود.
- مفاهیمی مانند تراکم پذیری، جریان پذیری، شکل و حجم ثابت یا متغیر به آرایش و حرکت ذرات وابسته است.

سپس معلم تکلیف شب را به دانش آموزان ارائه داد: یک صفحه از کتاب کار را تکمیل کنند و سه مثال واقعی از هر یک از چهار حالت ماده پیدا کرده و در دفتر خود بنویسند. همچنین از آنان خواسته شد تا در خانه آزمایش ساده سرنگ را با والدین خود تکرار کنند و نتیجه را در کلاس گزارش دهند.

محدوده زمانی این مرحله: ۱۰ دقیقه

۵.۲. ارزشیابی(Evaluate)

سنجش به صورت مستمر و فرایند محور انجام شد؛ شامل مشاهده مشارکت فعال، پرسش های شفاهی و بررسی جدول های گروهی. هدف از این رویکرد سنجش، آن بود که یادگیری دانش آموزان تنها در یک لحظه و از طریق یک آزمون پایانی سنجیده نشود، بلکه در تمام طول فرایند آموزشی مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین ترتیب، معلم می توانست نقاط قوت و ضعف دانش آموزان را به تدریج شناسایی کرده و در همان حین تدریس، بازخورد اصلاحی مناسب ارائه دهد.

مولفه های سنجش به شرح زیر بودند:

- مشاهده مشارکت فعال: معلم و معلم راهنما به صورت مداوم میزان تمایل دانش آموزان به ایفای نقش، پاسخ دادن به سوالات، همکاری در گروه ها و ابراز نظرات خود را ثبت می کردند. دانش آموزانی که کمروتر بودند یا مشارکت کمتری داشتند، با تشویق و اختصاص دادن نقش های ساده تر (مانند نگه داشتن کارت ها در مرحله پلاسما) به چرخه فعالیت بازگردانده می شدند.
- پرسش های شفاهی: در طول تدریس و به ویژه در آغاز و پایان هر مرحله، پرسش های کوتاه و هدفمندی از دانش آموزان مطرح می شد. این پرسش ها هم جنبه ارزشیابی داشت و هم جنبه یاددهی، زیرا پاسخ نادرست فرصتی برای اصلاح فوری مفاهیم ایجاد می کرد. نمونه پرسش ها عبارت بودند از: «در حالت جامد فاصله ذرات زیاد است یا کم؟»، «چرا گاز تراکم پذیر است اما مایع تراکم ناپذیر؟»، «آیا شعله گاز جامد است یا گاز یا چیز دیگر؟«
- بررسی جدول های گروهی: پس از تکمیل جدول های مقایسه ای توسط گروه ها، معلم و معلم راهنما هر جدول را از نظر صحت، کامل بودن و کیفیت استدلال بررسی می کردند. گروه هایی که جدول دقیق و کاملی تکمیل کرده بودند، تشویق می شدند و گروه هایی که اشکالاتی داشتند، راهنمایی می شدند تا جدول خود را اصلاح کنند.

در پایان، پرسش کتبی کوتاه و گفت و گوی جمعی برای ارزیابی میزان درک مفهومی و توانایی انتقال دانش اجرا شدند. پرسش کتبی شامل سه سوال چهارگزینه ای و دو سوال تشریحی کوتاه بود که در پنج دقیقه پایانی جلسه اجرا گردید. سوالات به گونه ای طراحی شده بودند که صرفا حافظه محور نبودند، بلکه درک روابط علت و معلولی و توانایی کاربرد مفاهیم در موقعیت های جدید را می سنجیدند. گفت و گوی جمعی نیز پس از تصحیح پرسش ها انجام شد و دانش آموزان فرصت یافتند تا پاسخ های خود را با دیگران مقایسه کرده و از توضیحات معلم بهره مند شوند.

شرح تکالیف یادگیری و عملکردی:

برای پیوند یادگیری با دنیای واقعی، دو سوال کاربردی مطرح شدند. این تکالیف به گونه ای طراحی شدند که دانش آموزان را ملزم به تحقیق و جست و جوی فراتر از کتاب درسی می کردند و همچنین زمینه ساز بحث های علمی جذاب در جلسه بعدی می شدند.

۱ .در صنعت قلم زنی چگونه از شل و سفت شدن قیر استفاده می شود تا بدون سوراخ شدن فلز، طرح ایجاد شود؟ این سوال دانش آموزان را با یک کاربرد عملی و هنری از تغییر حالت ماده آشنا می کند. قیر ماده ای است که در دمای اتاق جامد و شکننده است اما در اثر حرارت نرم و شل می شود. هنرمندان قلم زن، قیر را روی فلز ذوب کرده و پس از سرد شدن، طرح مورد نظر را روی آن حک می کنند. قیر سخت از خراشیده شدن فلز جلوگیری می کند و پس از اتمام کار، با حرارت دوباره قیر را نرم کرده و از روی فلز برمی دارند.

۲ .حرکت کاتوره ای (براونی) گازهای هوا چه اهمیتی برای حیات روی زمین دارد؟ این سوال اهمیت حرکت تصادفی ذرات گاز را در پدیده هایی مانند بویایی، تنفس، پخش بوها و آلودگی ها، تشکیل بوهای مطبوع و نامطبوع، انتقال گرده گیاهان و حتی احساس گرما و سرما نشان می دهد. دانش آموزان با تحقیق درباره این موضوع متوجه می شوند که بدون حرکت مداوم و تصادفی ذرات گاز، حیات به شکلی که می شناسیم غیرممکن خواهد بود.

از دانش آموزان خواسته شد درباره این پرسش ها تحقیق کوتاهی انجام شود و نتایج در جلسه بعدی ارائه شوند. تحقیق می تواند شامل جست و جو در اینترنت، پرسش از والدین یا مطالعه کتاب های مرجع باشد. نتایج می تواند به صورت نوشتاری، تصویری یا حتی یک ارائه شفاهی دو دقیقه ای در کلاس ارائه گردد. به بهترین تحقیق ها نیز امتیاز تشویقی تعلق خواهد گرفت.

محدوده زمانی این مرحله: ۵ دقیقه

جدول ۲. ارزشیابی سطوح درک و انتقال دانش.

معیار متوسط	سطح پایین	سطح متوسط	سطح پیشرفته
درک مفهومی	٪۱۵	٪۴۰	٪۴۵
توانایی انتقال به موقعیت واقعی	٪۲۰	٪۳۵	٪۴۵
انگیزه و مشارکت	٪۱۰	٪۳۰	٪۶۰

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود، داده ها از طریق جدول های گروهی که روی تخته کلاس تهیه و توسط دانش آموزان به صورت گروه به گروه تکمیل شدند، گردآوری شده است. روش کار به این صورت بود که یک جدول مبنا روی تخته کلاس تهیه شد (جدول ۱) و هر گروه به نوبت بخش های مربوط به خود را در آن تکمیل کرد. این فرآیند زمینه را برای یادگیری مشارکتی و همکاری بین گروهی فراهم آورد و دانش آموزان را تشویق کرد تا پیش از نوشتن پاسخ نهایی، در گروه خود به بحث و تبادل نظر بپردازند.

نمونه آماری پژوهش شامل دو کلاس پایه دهم رشته ریاضی با مجموع ۶۰ دانش آموز (هر کلاس ۳۰ نفر) بود. این نمونه به صورت هدفمند از بین مدارس دولتی شهر تهران انتخاب شد و شرایط برگزاری کلاس ها از نظر امکانات و محتوای آموزشی مشابه بود. تحلیل داده ها بر اساس پاسخ های ثبت شده در جدول ها و با مشارکت معلم راهنما انجام گرفت. معلم راهنما که تجربه زیادی در تدریس فیزیک داشت، در تمام مراحل اجرا حضور داشت و در تحلیل کیفی پاسخ ها، صحت و دقت یافته ها را تایید کرد. نتایج نشان داد که پاسخ های دانش آموزان در بیشتر موارد صحیح و نزدیک به مفاهیم علمی بودند. برخی اشتباهات جزئی مانند کم نظم تر دانستن ذرات مایع در مقایسه با گاز نیز در حین کلاس اصلاح شد. برای اعتبارسنجی بیشتر، در جلسه بعد آزمون کتبی کوتاهی از فصل حالت های ماده برگزار شد که اکثر دانش آموزان توانستند به پرسش ها پاسخ درست دهند. این آزمون شامل سوالات چهارگزینه ای و تشریحی بود و روایی آن توسط معلم راهنما تایید گردید. همخوانی بالای بین نتایج جدول های گروهی و آزمون کتبی نشان دهنده اعتبار مناسب داده های گردآوری شده است. این فرآیند نشان می دهد که هدف پژوهش یعنی هم طراحی و هم اجرای طرح درس فعال تحقق یافته و اجرای آن به طور موثر مورد سنجش قرار گرفته است. بیشترین پیشرفت دانش آموزان در شاخص انگیزه و مشارکت بوده است؛ به طوری که ۶۰ درصد آنان در سطح پیشرفته قرار گرفتند. این یافته نشان می دهد که روش «بازی ذرات» توانسته انرژی و هیجان کلاس را به سمت فعالیت های هدفمند هدایت کند و رفتارهای جلب توجه کننده را به مشارکت علمی تبدیل نماید. درک مفهومی مدل ذره ای نیز بهبود قابل توجهی داشته و ۴۵ درصد دانش آموزان توانستند به سطح پیشرفته برسند؛ این امر بیانگر موفقیت رویکرد بدن محور در عینی سازی مفاهیم انتزاعی و رفع ابهام های رایج در مدل ذره ای است. همچنین توانایی انتقال دانش به موقعیت های واقعی (مانند استفاده از قیر در قلم زنی یا اهمیت حرکت کاتوره ای گازها در حیات) در حدود ۴۵ درصد از دانش آموزان مشاهده شد که نشان دهنده کاربردپذیری یادگیری فراتر از محیط کلاس است. بنابراین، جدول ارزشیابی تایید می کند که این روش نه تنها درک مفهومی را ارتقا داده، بلکه انگیزه و توانایی کاربردی دانش آموزان را نیز تقویت کرده است.

۳. نتایج و بحث

یافته‌های حاصل از تحلیل مشاهدات، فیلم‌ها و بازخوردهای تدریس به روش «بازی ذرات»، بر اثربخشی این رویکرد فعال در آموزش مفاهیم انتزاعی فیزیک و مدیریت کلاس پایه دهم تأکید می‌کند. این بخش به تفسیر و توجیه نتایج بر اساس مبانی نظری می‌پردازد. فعالیت دانش آموزان به‌صورت مشاهده روایی و تعاملی ثبت و کدگذاری شد و نتایج تحلیل کدها نشان داد که میزان مشارکت و فعالیت آنان به شکل محسوسی افزایش یافته است؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که روش (بازی ذرات) الگویی عملی و مؤثر برای آموزش مفاهیم انتزاعی در پایه دهم به شمار می‌رود و قابلیت تعمیم به سایر مباحث فیزیک را دارد.

جدول ۳. مقایسه مشارکت دانش‌آموزان قبل و بعد از اجرای روش.

شاخص	قبل از اجرای بازی ذرات	بعد از اجرای بازی ذرات
تعداد داوطلبان پاسخ‌گویی	۸ نفر از ۳۰ نفر	۲۰ نفر از ۳۰ نفر
مشارکت در فعالیت گروهی	کمتر از نصف کلاس	حدود دوسوم کلاس
میزان تمرکز در کلاس	متوسط	بالا

یافته های حاصل از تحلیل مشاهدات، فیلم ها و بازخوردهای تدریس به روش «بازی ذرات»، بر اثربخشی این رویکرد فعال در آموزش مفاهیم انتزاعی فیزیک و مدیریت کلاس پایه دهم تأکید می کند. این بخش به تفسیر و توجیه نتایج بر اساس مبانی نظری می پردازد. فعالیت دانش آموزان به صورت مشاهده روایی و تعاملی ثبت و کدگذاری شد و نتایج تحلیل کدها نشان داد که میزان مشارکت و فعالیت آنان به شکل محسوسی افزایش یافته است. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که روش «بازی ذرات» الگویی عملی و مؤثر برای آموزش مفاهیم انتزاعی در پایه دهم به شمار می رود و قابلیت تعمیم به سایر مباحث فیزیک را دارد.

۱.۳. توجیه اثربخشی بر درک مفهومی و مدل ذره ای

تحلیل کیفیت اجرای نمایش فعال و بررسی جدول های مقایسه ای نشان داد که روش «بازی ذرات» به صورت معناداری در ارتقاء درک مفهومی عمیق موفق بوده است. با توجه به تحلیل جدول های مقایسه ای، توانایی ۸۵ درصد گروه ها در رسیدن به سطح عملکرد «پیشرفته» در توصیف رفتار ذرات، صرفاً حفظ مطلب نبوده، بلکه نتیجه ساختن دانش به صورت تجربی و بدن محور (Embodied Learning) بوده است. این یافته با مبانی نظری سازنده گرایی همسو است که بر یادگیری از طریق تجربه مستقیم و ساخت معنا توسط خود یادگیرنده تأکید دارد. دانش آموزان با ایفای نقش، توانستند تفاوت های کلیدی (فاصله، نظم و نوع حرکت) و همچنین مفهوم نیروهای بین ذره ای را با میزان نزدیکی و وابستگی فیزیکی خود به یکدیگر مدل سازی کنند. به عبارت دیگر، زمانی که دانش آموزان در حالت جامد در کنار هم محکم می ایستادند، نیروی جاذبه قوی بین ذرات را تجربه می کردند. زمانی که در حالت مایع با فاصله کمی از هم دست می دادند، نیروی متوسط بین ذرات را درک می نمودند. و زمانی که در حالت گاز آزادانه در کلاس می دویدند، نبود نیروی جاذبه مؤثر را لمس می کردند. این عینی سازی مفاهیم میکروسکوپی که مطابق با اصول سازنده گرایی و یافته های پژوهش (Podolefsky & Finkelstein, 2006) در مورد لزوم استفاده از نمایش های عینی است، ابهام های رایج در مدل ذره ای را از بین برد. برخی از این ابهام ها عبارت بودند از: تصور اینکه ذرات جامد کاملاً ساکن هستند، تصور اینکه ذرات مایع هیچ نظمی ندارند، و تصور اینکه گازها جرم و وزن ندارند.

۲.۳. تأثیر بر انگیزه، مدیریت کلاس و ابعاد عاطفی

مشاهدات عینی و بازخوردهای ثبت شده، مؤید تأثیر مثبت این روش بر انگیزه و مدیریت کلاس بود. پویایی ذاتی فعالیت های فیزیکی، انرژی بیش ازحد دانش آموزان تازه وارد به پایه دهم را به سوی مشارکت سازنده و هدفمند هدایت کرد. در طول ۹۰ دقیقه تدریس، خواب آلودگی یا بی حالی مشاهده نشد و رفتارهای جلب توجه کننده برخی دانش آموزان به سوی فعالیت های مرتبط با درس تغییر مسیر داد. به طور مشخص، میزان مشارکت دانش آموزان در پرسش های کلاسی پیشرفت چشمگیری داشت. به عنوان نمونه، در ابتدای جلسه تنها ۸ نفر از ۳۰ نفر دانش آموزان داوطلب پاسخگویی بودند، اما در پایان تدریس فعال، بیش از ۲۰ نفر دست خود را برای پاسخگویی بالا بردند. همچنین، تعداد دانش آموزانی که در فعالیت های گروهی نقش فعال ایفا کردند از کمتر از نصف کلاس (حدود ۱۲ نفر) به حدود دو سوم (حدود ۲۰ نفر) افزایش یافت. این نتیجه نشان می دهد که روش های تعاملی

(Hake, 1998) نه تنها انگیزه را تقویت می کنند، بلکه به طور مؤثر چالش های انگیزشی و رفتاری کلاس های حساس (نظیر کلاس های ورودی دبیرستان) را مدیریت کرده و یک محیط یادگیری فعال و صمیمی ایجاد می نماید. معلم راهنما نیز در گفت و گوی پس از تدریس تأکید کرد که چنین سطحی از مشارکت و تمرکز در این کلاس سابقه نداشته است و روش «بازی ذرات» توانسته است فضای کلاس را از حالت ایستا و خسته کننده به یک محیط پویا و شاد تبدیل کند. همچنین، دانش آموزانی که پیش از این در درس فیزیک دچار اضطراب یا بی علاقگی بودند، در این جلسه با اشتیاق در فعالیت ها شرکت کردند و حتی برخی از آنان پس از پایان کلاس، درخواست تکرار چنین روشی را برای سایر دروس داشتند.

۳.۳. موفقیت در انتقال دانش و کاربردی بودن

بررسی نتایج تکالیف عملکردی در مرحله «بسط»، موفقیت طرح درس را در توسعه ساحت علمی و فناورانه اثبات کرد. دانش آموزان با موفقیت توانستند دانش آموخته شده (تغییر نیروی بین ذره ای با دما) را به فرآیندهای صنعتی (مانند استفاده از قیر در قلم زنی) و پدیده های زیستی (مانند نقش حرکت کاتوره ای گازها در حیات) پیوند دهند. در پاسخ به سوال مربوط به قلم زنی، بیشتر دانش آموزان توضیح دادند که قیر در دمای اتاق جامد و سخت است و از فلز در برابر خط و خش محافظت می کند، اما با حرارت دیدن نرم و شل می شود و می توان آن را از روی فلز برداشت. در پاسخ به سوال مربوط به حرکت کاتوره ای گازها، دانش آموزان به پخش بو، تنفس، بویایی حیوانات و تشکیل ابرها اشاره کردند. این توانایی در انتقال مفاهیم علمی به موقعیت های واقعی، نشان می دهد که یادگیری به دست آمده سطحی نبوده و به مهارتی قابل استفاده و ماندگار در دانش آموزان تبدیل شده است. به عبارت دیگر، دانش آموزان نه تنها مفاهیم را حفظ کرده اند، بلکه درک عمیقی از روابط علت و معلولی و کاربردهای عملی آن در زندگی روزمره و فناوری به دست آورده اند. این دستاورد با یکی از اهداف اصلی آموزش علوم یعنی تربیت دانش آموزانی که بتوانند دانش علمی خود را در موقعیت های جدید به کار گیرند، همسویی کامل دارد.

۴. پیشنهادات

۱.۴. پیشنهادات اجرایی

این پیشنهادات بر اساس موفقیت روش در درک مفهومی و مدیریت انگیزه تدوین شده‌اند:

- تعمیم روش نمایش فعال به سرفصل‌های مشابه: توصیه می‌شود معلمان فیزیک، روش «بازی ذرات» را به سایر سرفصل‌های دارای مفاهیم انتزاعی بالا (مانند مدل‌سازی میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی، یا مدل‌های اتمی) تعمیم دهند. این روش با تبدیل مفاهیم به تجربه‌ی عینی و فیزیکی، می‌تواند در هر زمینه‌ای که نیاز به درک مدل‌های نامرئی وجود دارد، به کار رود.
- تأکید بر ابعاد عاطفی و انگیزشی: با توجه به اثربخشی روش فعال در مدیریت رفتارهای جلب‌توجه کننده در پایه دهم، پیشنهاد می‌شود که مدارس دوره‌های آموزشی برای معلمان برگزار کنند تا مهارت‌های لازم برای مدیریت انرژی و هیجانات دانش‌آموزان را از طریق فعالیت‌های پویا و بازی‌های آموزشی بیاموزند.
- استفاده‌ی استراتژیک از محیط‌های غیر کلاسی: با توجه به محدودیت‌های فیزیکی کلاس‌ها (مانند تهویه نامطلوب یا فضای کم)، پیشنهاد می‌شود در تدریس این‌گونه مباحث (که نیاز به حرکت زیاد دارند)، از فضاهای بزرگ‌تر مدرسه (مانند سالن اجتماعات یا حیاط) برای اجرای موفقیت‌آمیز شبیه‌سازی‌های حرکتی استفاده شود.
- توسعه‌ی تکالیف عملکردی: با توجه به موفقیت دانش‌آموزان در مرحله‌ی انتقال دانش (قلم‌زنی و حرکت کاتوره‌ای)، توصیه می‌شود که تکالیف درسی همواره شامل پیوند دادن مفاهیم فیزیک با ساحت‌های شش‌گانه تربیت (به‌ویژه ساحت علمی–فناورانه و زیستی–بدنی) باشد تا کاربردپذیری دانش تقویت شود.

منابع

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.

Podolefsky, N. S., & Finkelstein, N. D. (2006). Use of analogy in introductory physics: The role of abstractness and accessibility. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, *2*(2), 020101.

Trumper, R. (2006). The significance of science education in developing scientific literacy. *Journal of Biological Education*, *40*(4), 161-166.

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press.

Wieman, C. E., Perkins, K. K., & Gilbert, S. B. (2014). Transforming teaching and learning of physics. *Physics Today*, *67*(10), 32-38.

Research in Empirical Science Education, Vol. 12, No. 42, PP. 94-107.

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

The Effect of Active Demonstration on Understanding the Particle Model in Teaching States of Matter in Internship3

Melika Abdi [1], **Armita Mohammadpour** [1], and **Fatemeh Arbabifar**[2*]

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

* Corresponding author: (*f.arbabifar@cfu.ac.ir*)

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received:
2026/05/17
Received in revised form:
2026/06/09
Accepted:
2026/06/20
Available online:
2026/06/20

Keywords:
Active Learning,
Collaborative Teaching,
Learning Motivation,
Particle Model,
States of Matter.

ABSTRACT

This research was conducted within the framework of Internship 3 and as part of the practical training process for student-teachers at Farhangian University. Internship 3 provides a valuable opportunity for student-teachers, before entering the teaching profession, to work in a real and supportive environment and to reduce the gap between academic theories and the demands of the classroom. The main goal of this research was to enhance deep conceptual understanding and increase learning motivation among 10th-grade mathematics students at Razvan High School regarding the abstract concepts of the particle model and states of matter. Due to their intangible nature, these concepts are often perceived by students as difficult and far removed from everyday life. Internship 3 allowed the student-teacher to design and implement an active lesson plan in a real classroom setting, thereby strengthening teaching skills through direct interaction with students and transforming educational theories into practical experience. The method was designed and implemented based on an active learning model (particle game) with an emphasis on three key stages: the first stage, "experiencing" (including students role-playing particles and conducting simple, hands-on experiments); the second stage, "explaining" (including completing comparative group tables and discussing observations); and the third stage, "applying" (including comparing group results and transferring learning to new, problem-based situations). Learning assessment was continuous and process-oriented (through observing the level of active student participation and the quality of responses provided within groups). The findings of this research showed that the active demonstration and body-based modeling method was not only effective in improving students' conceptual understanding of the particle model, but also significantly increased their motivation and focus in the classroom. Overall, this approach can be used as an efficient and practical model for teaching abstract physics concepts in the 10th grade and even at other educational levels.

Cite this article Abdi, Melika., Mohammadpour, Armita, & Arbabifar, Fatemeh. (2026). The effect of active demonstration on understanding the particle model in teaching states of matter in internship 3. Research in Empirical Science Education, 12 (42), 94-107.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.22965.1596

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

Publisher: Farhangian University.