



رشد آموزش

چرخه

۱۴۶



فصلنامه آموزشی، تحلیلی و اطلاع‌رسانی | برای معلمان، دانشجو-معلمان و کارشناسان وزارت آموزش و پرورش |

| دوره چهل و یکم | شماره ۳ | بهار ۱۴۰۵ | ۴۸ صفحه | پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵ |

www.roshdmag.ir

- هوش مصنوعی به عنوان دستیار معلم فیزیک
- زندگی و کارنامه علامه مفضل دکنر مهدی گلشنی
- طراحی ساعت آفتابی ابداعی در فضای داخلی برج طغرل
- فیزیک و روش‌های تولید الکتروسیسته

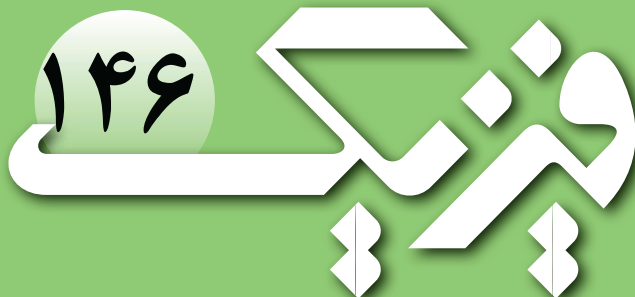


برج زیبای طغرل فقط یک بنای آجری ساده نیست. این برج، بزرگ‌ترین ساعت آفتابی جهان و یکی از اسرارآمیزترین برج‌های تاریخی ایران می‌باشد.



اللهم صل على محمد وآل محمد وعجل فرجه

رشد آموزش



فصلنامه آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی برای معلمان، دانشجو - معلمان و کارشناسان وزارت آموزش و پرورش

دوره چهل و یکم، شماره ۳، بهار ۱۴۰۵



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر انتشارات و فناوری آموزشی

یادداشت سردبیر: اهمیت آموزش محیط زیست / احمد احمدی / ۲

IT: هوش مصنوعی به عنوان دستیار معلم فیزیک / صغری قنواتی / ۴

نام آوران فیزیک: زندگی و کارنامه علامه مفضال دکتر مهدی گلشنی / دکتر سید حجت الحق حسینی / ۹

تحقیقات آموزشی: تحلیل چالش ها و موانع آموزش فیزیک در ایران با نگاهی تطبیقی به تجربه آلمان /

مجتبی احمدی، محمد مهدی بنی طرفی، آی سان دائی عطاءالله / ۱۳

برنامه درسی: آموزش فیزیک با استفاده از راهبردهای نوآورانه برای افزایش درک مفاهیم پیچیده با تأکید

بر یادگیری فعال / سیده سلمه بلاغی، سمیه حیدری / ۱۹

فناوری آموزشی: هوش مصنوعی در فیزیک / زهرا حیاتی، مسعود علی محمدی / ۲۴

پژوهشی: طراحی ساعت آفتابی ابداعی در فضای داخلی برج طغرل / غلامحسین رستگار نسب، بهار قربانی،

ستایش تقی زاده / ۳۱

کاربردی: فیزیک و روش های تولید الکتریسیته / اسفندیار معتمدی / ۳۵

فناوری آموزشی: کاربرد فناوری واقعیت افزوده (ای آر) به عنوان راهبردی نوآورانه برای بهبود آموزش

مفاهیم اپتیک در فیزیک / زهرا معبودی تمای، راضیه تلاشکی / ۳۷

کاربردی: کاربرد مفاهیم فیزیک ماده چگال در آموزش متوسطه، با رویکرد یادگیری مبتنی بر تجربه و

فناوری نوین / عطیه برادران هزوه / ۴۲

شرایط پذیرش مقاله

- مطالب یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان حروفنگاری شود.
- شکل قرار گرفتن جدول ها، نمودارها و تصاویر پیوست در حاشیه مطلب نیز مشخص شود.
- نشر مقاله روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد.
- مقاله های ترجمه شده با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز پیوست مقاله باشد.
- در متن های ارسالی تا حد امکان از معادل های فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود.
- زیرنویس ها و منابع، کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه مورد استفاده باشد.
- مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله های رسیده مختار است.
- آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات و فناوری آموزشی نیست و مسئولیت پاسخگویی به پرسش های خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
- مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شود، معذور است.
- مجله رشد آموزش فیزیک به بررسی محتواهای رسمی آموزشی مانند کتاب های درسی، راهنماهای تدریس، بررسی کلیه های در آموزش مفاهیم فیزیک، بررسی انواع ارزشیابی ها، گفتگو با افراد صاحب نظر، تجربه های آموزشی، استفاده از فناوری های جدید در آموزش، خبرهای جدید در حوزه فیزیک و ارائه جنبه های کاربردی این علم می پردازد.

مدیر مسئول: سیدسعید بدیعی
سردبیر: احمد احمدی
مدیر داخلی: زهره مقامی فروغ
هیئت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی،
بنت الهدی یکایی، هانیه عالی نژاد، سیدهدایت سجادی
مدیر هنری: مجید کاظمی
طراح گرافیک: جعفر وافی
ویراستار: مهدیه جبارپور
نشانی مجله: تهران، ایران شهر شمالی، پلاک ۲۷
تلفن دفتر مجله: ۸۸۸۴۳۲۵۱ - ۰۲۱ (داخلی ۴۰۲)
نمایر مجله: ۸۸۸۳۹۱۸۶ - ۰۲۱
صندوق پستی امور مشترکین: ۱۸۵۷۵/۴۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۷۷۶۳۳۲۰۸ - ۰۲۱
وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir
پیام نگار مجله: physics@roshdmag.ir
پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵



با پویش این رمزینه، ما را
از نظرات ارزشمند خود
بهره مند سازید.



اشتراک مجلات رشد

شرح روی جلد:

گیاهان انرژی مورد نیاز خود را از امواج
الکترومغناطیسی خورشید می گیرند.

اهمیت آموزش محیط زیست

احمد احمدی

از این رو، بهره‌گیری از روش‌های یادگیری فعال، پروژه‌محور، میان‌رشته‌ای، طبیعت‌محور و مبتنی بر زندگی واقعی و بومی ضروری است. هدف نهایی، پرورش نسل‌هایی آگاه، مسئول، منتقد، مشارکت‌جو و توانمند است که بتوانند در حفاظت از محیط زیست و تحقق پایداری و تاب‌آوری ایران نقشی مؤثر ایفا کنند.

درک چالش‌های محیط‌زیستی و شیوه‌های مقابله با آن‌ها ضروری است، اما صرفِ برخورداری از دانش علمی کافی نیست. دانش‌آموزان برای تبدیل شدن به عاملان تغییر، علاوه بر آگاهی، به ارزش‌ها، تعهد و احساس مسئولیت نیاز دارند. با این حال، بسیاری از برنامه‌های آموزشی موجود بیشتر بر انتقال دانش نظری تمرکز دارند و کمتر به پرورش مهارت‌های عملی و اجتماعی لازم برای اقدام محیط زیستی می‌پردازند. در «محیط زیستی‌کردن» آموزش‌ها، تأکید بر تقویت مهارت‌های اجتماعی و روان‌شناختی دانش‌آموزان اهمیت ویژه‌ای دارد. همدلی، تفکر و استدلال انتقادی، تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد و مهارت‌های ارتباطی، نقش کلیدی در ایجاد انگیزه و تعهد نسبت به اقدامات محیط زیستی ایفا می‌کنند. همچنین، درک نظام‌های اجتماعی و اقتصادی به فهم عمیق‌تر چالش‌های محیط زیستی و طراحی راهکارهای پایدار کمک می‌کند. این رویکرد یکپارچه می‌تواند آموزش محیط زیست را از سطح دانش نظری فراتر برده و آن را به سمت اقدام عملی سوق دهد.

ضرورت ایجاد تغییر در نظام‌های آموزشی برای مواجهه با چالش‌های جهانی، مانند تغییرات اقلیمی و بحران‌های محیط زیستی، به کشورها کمک می‌کند تا آموزش را به ابزاری مؤثر برای تحقق پایداری و تاب‌آوری تبدیل کنند. کشور ما نیز، با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص خود،

هنگام نگارش این پیش‌گفتار در اوایل اسفندماه، کشور عزیزمان ایران با جنگی ناخواسته مواجه شد که در آن عزیزان بسیاری را از دست دادیم. ضمن عرض تسلیت، مایلم با توجه به آسیب‌های گسترده‌ای که چنین رویدادهایی بر پهنه طبیعت وارد می‌کنند، توجه شما را به موضوع حیاتی محیط‌زیست جلب کنم.

تحولات محیط‌زیستی دهه‌های اخیر، از کم‌آبی و خشکسالی‌های گسترده گرفته تا فرسایش خاک، آلودگی هوا، جنگ، کاهش تنوع زیستی و پیامدهای تغییرات اقلیمی، آینده محیط زیست را به چالشی اساسی تبدیل کرده است. این شرایط، ضرورت توجهی نظام‌مند، علمی و بلندمدت به آموزش محیط زیست در همه سطوح تحصیلی را بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد. آموزش می‌تواند نقشی تعیین‌کننده در ارتقای آگاهی، شکل‌گیری ارزش‌ها، تقویت مسئولیت‌پذیری و ایجاد رفتارهای پایدار در نسل‌های امروز و آینده ایفا کند و جامعه را برای مواجهه آگاهانه با بحران‌های محیط زیستی توانمند سازد.

مفاهیم و شایستگی‌های محیط زیستی نه به صورت یک درس مجزا، بلکه به عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از کل نظام یادگیری کشور قابل طرح و اجرا هستند. این مفاهیم می‌توانند در حوزه‌هایی مانند علوم تجربی، علوم انسانی و مطالعات اجتماعی، زبان و ادبیات فارسی، فرهنگ و هنر، کار و فناوری، سلامت و تربیت بدنی و نیز مهارت‌های فنی و حرفه‌ای ادغام شوند و نگاهی میان‌رشته‌ای به آموزش محیط‌زیست شکل دهند.

یادگیری محیط زیست صرفاً انتقال دانش علمی نیست، بلکه باید به شکل‌گیری نگرش‌ها، ارزش‌ها، مهارت‌های عملی، مشارکت اجتماعی و کنشگری آگاهانه منجر شود.



یادگیری در سه بُعد شناختی (دانشی)، اجتماعی-عاطفی (نگرشی) و رفتاری (مهارتی) تعریف کرد. از جمله ایده‌های اصلی قابل طرح در آموزش محیط زیست می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- پیش‌بینی‌های اقلیمی نشان می‌دهد که گرمایش جهانی در این قرن ممکن است بیش از $1/5$ یا 2 درجهٔ سلسیوس افزایش یابد؛ امری که به اقدامات انسانی و فناوری‌های مورد استفاده وابسته است. افزایش فراوانی و شدت رویدادهای شدید آب‌وهوایی می‌تواند به بالا آمدن سطح دریاها و آسیب به بوم‌سازگان‌ها و تنوع زیستی منجر شود.
- شیوه‌های پایدار مدیریت پسماند بر استفادهٔ مجدد از اجزای زباله تأکید دارند؛ اجزایی که همچنان دارای ارزش‌های محیط زیستی، اقتصادی یا حتی هنری هستند.
- نور خورشید سطح زمین را گرم می‌کند و گازهای گلخانه‌ای، مانند CO_2 ، مانع بازگشت کامل این گرما به فضا می‌شوند و باعث باقی ماندن آن در جو زمین می‌گردند.
- منابع مختلف انرژی در نقاط گوناگون جهان، متناسب با شرایط جغرافیایی و نیازها، برای اهداف متفاوتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به کاهش هزینهٔ انرژی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی کمک کند.

پیشرفت در بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، در شرایطی که گرمایش جهانی زندگی بسیاری از انسان‌ها را دشوار کرده و به بوم‌سازگان‌ها و تنوع زیستی آسیب رسانده است، می‌تواند منبعی برای ایجاد امید باشد. سبک زندگی مدرن به‌شدت به انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی وابسته است؛ انرژی‌ای که با سوختن خود، گازهای گلخانه‌ای تولید کرده و عامل اصلی تغییرات اقلیمی به‌شمار می‌آید. انرژی‌های تجدیدپذیر شامل منابع خورشیدی، بادی، آبی، زمین گرمایی و زیست‌توده هستند. استفاده از زیست‌توده، مانند چوب یا بقایای محصولات کشاورزی، تنها زمانی پایدار محسوب می‌شود که به همان میزان زیست‌تودهٔ جدید تولید شود تا انتشار CO_2 ناشی از احتراق جبران گردد.

انرژی هسته‌ای، اگرچه به‌طور مستقیم گازهای گلخانه‌ای تولید نمی‌کند، در دستهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر قرار نمی‌گیرد؛ زیرا سوخت هسته‌ای منبعی محدود است. افزون بر این، نیروگاه‌های هسته‌ای پسماندهای پرتوزاد (رادیواکتیوی) تولید می‌کنند که سال‌ها در محیط باقی می‌مانند و نیازمند نگهداری ایمن و بلندمدت هستند.

بخش‌هایی از این نوشتار برگرفته از پژوهش انجام‌شده در **پژوهشکدهٔ محیط زیست و توسعهٔ پایدار** با عنوان راهنمای برنامهٔ درسی ملی محیط زیست در سال ۱۴۰۴ است.

نیازمند برنامه‌های آموزشی‌ای است که نه تنها دانش‌آموزان را با مفاهیم محیط زیستی آشنا سازد، بلکه آنان را برای مواجهه با بحران‌ها و اتخاذ تصمیم‌های هوشمندانه در مسیر حفظ منابع طبیعی آماده کند.

در این چارچوب، «سواد محیط زیستی» به‌عنوان یک مهارت جامع در نظر گرفته می‌شود؛ مهارتی که شامل توانایی درک و تحلیل چالش‌های محیط زیستی، مشارکت در فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی مرتبط با پایداری و اتخاذ تصمیم‌های آگاهانه و مسئولانه در زندگی روزمره است. هدف چنین برنامه‌ای تنها آموزش اطلاعات علمی و فنی نیست، بلکه تقویت پیوند عاطفی دانش‌آموزان با طبیعت و ترغیب آنان به مشارکت فعال در حفاظت و بهبود محیط زیست را نیز دنبال می‌کند.

راهکارهایی مانند صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کشاورزی سازگار با اقلیم و ترویج فرهنگ کاهش مصرف، استفادهٔ دوباره، تعمیر و بازیافت می‌توانند به‌عنوان تمرین‌های عملی در برنامهٔ درسی مطرح شوند. همچنین، موضوعاتی مانند آلودگی هوا و پسماند باید جایگاه مناسبی در آموزش‌های علمی داشته باشند؛ چراکه هم بر سلامت انسان اثر می‌گذارند و هم در تشدید گرمایش جهانی نقش دارند. حتی در کلاس‌هایی ساده و بدون دسترسی به اینترنت یا تجهیزات خاص نیز می‌توان دربارهٔ آب، باد، خاک، مصرف برق یا تغییرات طبیعت محلی گفت‌وگو کرد. مهم آن است که دانش‌آموز بتواند پیوند میان دانسته‌های علمی خود و مسئولیت فردی و اجتماعی‌اش در قبال زمین را درک کند.

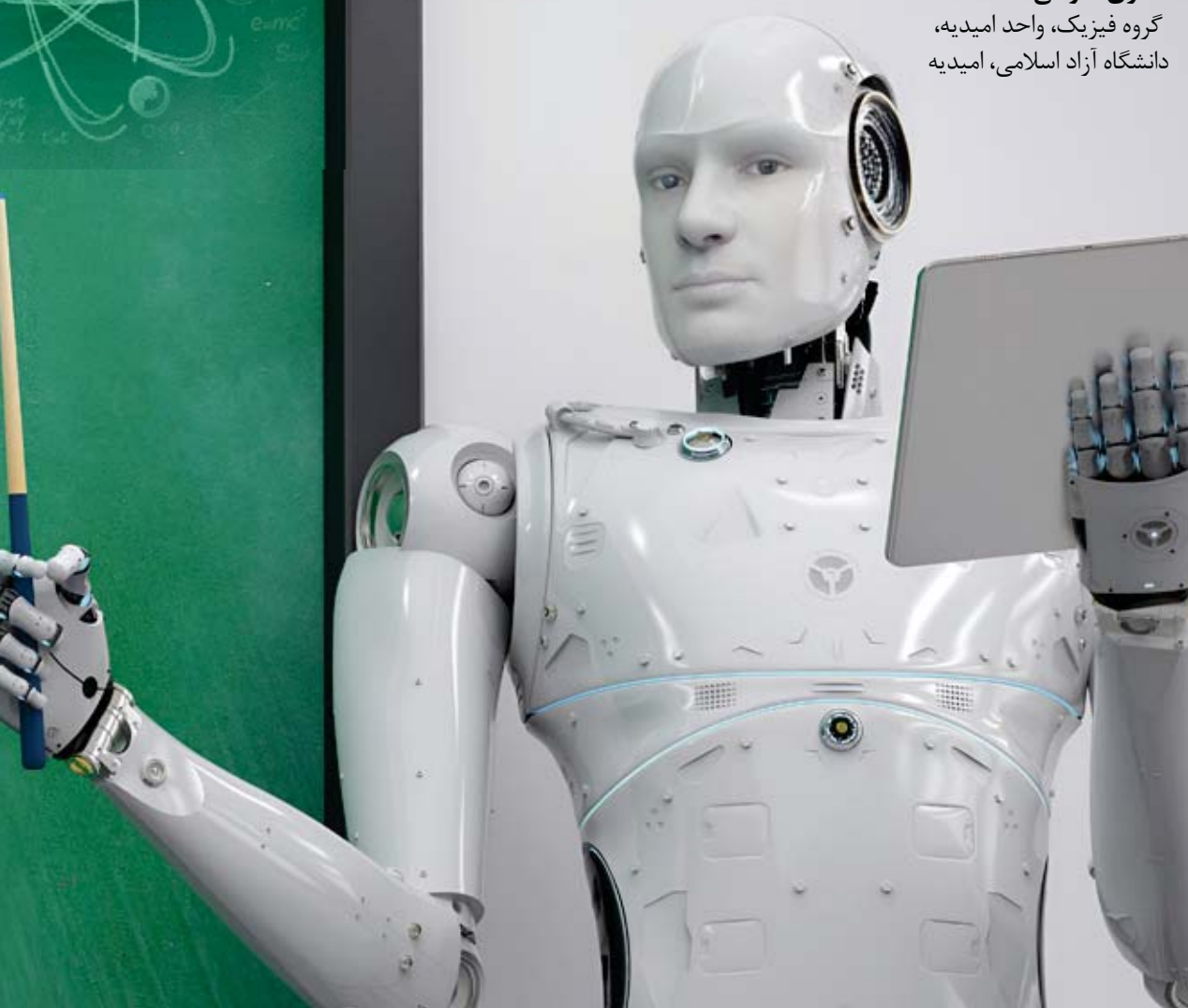
یکی از ایده‌های محوری در آموزش محیط زیست چنین بیان می‌شود:

میانگین دمای جهانی در حال افزایش است و رویدادهای شدید آب‌وهوایی با فراوانی بیشتری رخ می‌دهند. برای این ایده و دیگر ایده‌های کلیدی، می‌توان انتظارات

هوش مصنوعی به عنوان دستیار معلم فیزیک

تقویت خلاقیت در حل
مسائل فیزیک

صغری قنوازی
گروه فیزیک، واحد امیدیه،
دانشگاه آزاد اسلامی، امیدیه




```

; Configure Ports A<4-8> as input
movlw 0x1f
tris PORTA
; Configure Port B<7-8> as output
movlw 0
tris PORTB
movlw 0x20
movwf PORTB

```

چکیده

هوش مصنوعی با ابزارهایی مانند شبیه‌سازهای فت و چت‌جی‌پی‌تی-۴، ظرفیت زیادی برای تحول آموزش فیزیک در ایران دارد. این ابزارها با تولید مسائل خلاق و بازخورد شخصی‌سازی‌شده، تفکر خلاق و درک مفهومی دانش‌آموزان را تقویت می‌کنند. برای مثال، در دبیرستان‌های تهران، شبیه‌سازهای فت یادگیری مفاهیم موج را جذاب‌تر کرده‌اند. با این حال، چالش‌هایی مانند حریم خصوصی داده‌ها، سوگیری‌های الگوریتمی و شکاف دیجیتالی در مناطق محروم ایران، نیازمند توجه هستند. این مطالعه با مرور نظام‌مند، نقش هوش مصنوعی در توانمندسازی معلمان خلاق برای ایجاد کلاس‌های پویا را بررسی کرده است. همچنین، راهکارهایی عملی مانند آموزش معلمان، تأمین زیرساخت‌های فناوری در مناطق محروم و همکاری با وزارت آموزش و پرورش ارائه می‌دهد. این راهکارها ادغام مسئولانه این فناوری را تضمین می‌کنند و آموزش عادلانه فیزیک را در ایران تقویت خواهند کرد.

کلیدواژه‌ها: هوش مصنوعی، خلاقیت، آموزش فیزیک

مقدمه

هوش مصنوعی (ای‌آی) با ارائه ابزارهای پیشرفته، نظام‌های آموزشی جهانی را متحول کرده است (UNESCO, 2021). در ایران، آموزش فیزیک با چالش‌هایی مانند کمبود منابع تعاملی، روش‌های سنتی تدریس و دسترسی نابرابر به فناوری مواجه است (Hsu & et al., 2021). ابزارهای هوش مصنوعی مانند شبیه‌سازهای فت و چت‌جی‌پی‌تی-۴ می‌توانند با تولید مسائل نوآورانه و شبیه‌سازی‌های تعاملی، خلاقیت دانش‌آموزان را تقویت و درک مفاهیم پیچیده را تسهیل کنند (Holmes & et al., 2021). با این حال، چالش‌های اخلاقی مانند حریم خصوصی داده‌ها و شکاف دیجیتالی نیازمند مدیریت دقیق هستند (OECD, 2021; Zeide, 2017). این مقاله فرصت‌ها و چالش‌های ادغام هوش مصنوعی در آموزش فیزیک ایران را بررسی می‌کند و چارچوبی عملی برای پیاده‌سازی مسئولانه ارائه می‌دهد.

پیشینه خارجی تحقیق

مطالعه‌های بین‌المللی نشان می‌دهند که هوش مصنوعی می‌تواند آموزش فیزیک را متحول کند. کورتمیر (۲۰۲۳) نشان داد که چت‌جی‌پی‌تی-۴ مسائل فیزیک دانشگاهی را با راه‌حل‌های ساختاریافته حل می‌کند، اما در درک عمیق مفاهیم محدود است. شبیه‌سازهای فت با ایجاد آزمایش‌های مجازی (مانند آموزش مفاهیم موج یا مکانیک)، تفکر خلاق دانش‌آموزان را تقویت می‌کنند (Wieman, 2020). این ابزارها با خودکارسازی ارزیابی‌های پایه، به معلمان امکان می‌دهند

زمان بیشتری به طراحی فعالیت‌های نوآورانه اختصاص دهند. در ایران، ابزارهای رایگان مانند فت می‌توانند در کلاس‌های درس برای بهبود یادگیری استفاده شوند، اما نیازمند آموزش معلمان و زیرساخت‌های مناسب هستند (VanLehn, 2011).

پیشینه داخلی تحقیق

پژوهش‌های ایرانی عمدتاً بر روش‌های سنتی تدریس متمرکز بوده‌اند. محمد علی میرزا بیگی و فاطمیان (۱۳۹۴) بر اهمیت روش‌های خلاقانه مانند حل مسئله بازپاسخ تأکید کردند، اما به فناوری‌های نوین توجه نکردند. علی بهرامی و همکاران (۱۴۰۳) گزارش دادند که تنها ۱۲ درصد مطالعات آموزش علوم در ایران به فناوری‌های پیشرفته پرداخته‌اند. علی بهرامی (۱۴۰۳) نیاز به ادغام هوش مصنوعی در آموزش فیزیک ایران را تأیید کرد و بر کمبود زیرساخت‌های فناوری در مناطق محروم تأکید داشت (عبدالکریمی سهامی، ۱۴۰۴). با این حال، تلاش‌های محدودی برای استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی مانند شبیه‌سازهای فت در برخی دبیرستان‌های تهران و مشهد دیده شده است. این ابزارها می‌توانند خلاقیت دانش‌آموزان را تقویت کنند، اما کمبود زیرساخت‌های فناوری و آموزش معلمان، مانع اصلی هستند. این مقاله با بررسی نقش هوش مصنوعی در تقویت خلاقیت، به رفع این شکاف کمک می‌کند.

ابزارهای هوش مصنوعی و نقش آن‌ها در تقویت خلاقیت

ابزارهای هوش مصنوعی با ارائه مسائل نوآورانه و شبیه‌سازی‌های تعاملی، خلاقیت دانش‌آموزان را تقویت می‌کنند. این ابزارها غالباً بر پایه الگوریتم‌های یادگیری ماشین (مانند شبکه‌های عصبی عمیق در مدل‌های زبانی چت‌جی‌پی‌تی-۴) کار می‌کنند که داده‌های ورودی را پردازش و خروجی‌های شخصی‌سازی‌شده تولید می‌کنند. برای مثال، در شبکه‌های عصبی، لایه‌های پنهان داده‌ها را تحلیل می‌کنند تا الگوهای پیچیده را شناسایی کنند، که این امر در تولید مسائل زمینه‌محور مفید است.

در دبیرستان‌های تهران، معلمان از شبیه‌سازهای فت (که بر پایه الگوریتم‌های شبیه‌سازی فیزیکی واقعی‌زمان مانند روش‌های عددی برای حل معادلات دیفرانسیل عمل می‌کنند) برای آموزش مفاهیم موج استفاده کرده‌اند. این ابزار دانش‌آموزان را به آزمایش فرضیه‌های خلاقانه تشویق کرده است. در یک دبیرستان در شیراز، استفاده از فت برای آموزش حرکت هماهنگ ساده، دانش‌آموزان را به طراحی آزمایش‌های نوآورانه سوق داد. جدول ۱ ابزارهای کلیدی و ویژگی‌های مرتبط با خلاقیت در حل مسائل فیزیک را نشان می‌دهد.

• کاربردهای آموزشی

– تولید محتوای خلاق: چت‌جی‌پی‌تی-۴ می‌تواند مسائلی

جدول ۱. تحلیل کارکرد ابزارهای هوش مصنوعی در آموزش خلاقانه فیزیک

جزئیات فنی الگوریتم‌ها	محدودیت‌های کلیدی	نقش در پرورش خلاقیت	ابزار
مدل زبانی بزرگ مبتنی بر معماری ترنسفرمر ^۲ ، استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق برای پردازش زبان طبیعی و تولید خروجی‌های خلاقانه بر پایه داده‌های آموزشی گسترده.	خطر وابستگی به راه‌حل‌های آماده (Hsu & et al., 2021)	تولید مسائل زمینه‌محور (مثل حرکت پرتابی با شرایط غیرمعمول) (Kortemeyer, 2023)	چت جی‌بی‌تی-۴
شبیه‌سازی‌های فیزیکی واقعی‌زمان مبتنی بر الگوریتم‌های عددی (مانند روش‌های اویلر برای حل معادله‌های دیفرانسیل) و موتورهای گرافیکی جاوا اسکریپت برای تعامل کاربر.	نیاز به راهنمایی معلم (Holmes & et al., 2021)	آزمایش‌های مجازی تعاملی برای مفاهیم موج و مکانیک (Wieman, 2020)	فیت
موتور محاسباتی دانش‌محور با استفاده از الگوریتم‌های نمادین (سیمپای) ^۳ و پایگاه داده‌های گسترده برای حل معادله‌ها و تصویرسازی داده‌ها.	ضعف در استدلال کیفی (Korte-meyer, 2023)	تصویرسازی مفاهیم انتزاعی (مانند دینامیک سیالات) (VanLehn, 2011)	ولفرم آلفا ^۵
سامانه یادگیری تطبیقی مبتنی بر الگوریتم‌های ماشین یادگیری ساده مانند درخت تصمیم‌گیری و مدل‌های بیزین ^۶ برای ارائه بازخورد شخصی‌سازی‌شده.	شخصی‌سازی محدود در مباحث پیشرفته (Hsu & et al., 2021)	بازخورد تطبیقی برای مسائل پایه (VanLehn, 2011)	خان آکادمی ^۶

– **شکاف دیجیتالی:** در مناطق محروم ایران (مانند سیستان و بلوچستان)، دسترسی محدود به اینترنت و ابزارهای پیشرفته، نابرابری آموزشی را تشدید می‌کند (OECD, 2021).
– نیاز به آموزش معلمان: ۷۸ درصد معلمان ایرانی در مطالعه فقیه‌زاده (۱۴۰۲) گزارش کردند که برای استفاده خلاقانه از ابزارهای هوش مصنوعی به آموزش تخصصی نیاز دارند.

هوش مصنوعی زمانی خلاقیت را تقویت می‌کند که به‌عنوان «دستیار تفکر» نه «جایگزین تفکر» به کار رود و با راهبردهای فعال آموزشی (مانند یادگیری مبتنی بر مسئله) تلفیق شود.

نقش هوش مصنوعی در تقویت خلاقیت

هوش مصنوعی با تولید مسائل چندراه‌حلی، شبیه‌سازی آزمایش‌ها و ارائه بازخورد فوری می‌تواند تفکر خلاق را تقویت کند (Kortemeyer, 2023; Hsu & et al., 2021; Wieman, 2020). به عنوان نمونه:

۱. در دبیرستان علامه حلی تهران (فروردین ۱۴۰۲) دانش‌آموزان با استفاده از فیت آزمایش‌های تداخل و پراش نور را انجام دادند و سه متغیر مستقل را تغییر دادند. ۳۰ درصد افزایش در مهارت تحلیل داده حاصل شد.

مانند «محاسبه نیروی پرتاب موشک با اصطکاک غیرخطی» تولید کند که دانش‌آموزان را به تفکر واگرا ترغیب می‌کند (Ko-rtemeyer, 2023). برای مثال، در یک کلاس درس در مشهد، معلمان از چت جی‌بی‌تی-۴ برای طراحی مسائل بازپاسخ استفاده کردند. نتیجه: دانش‌آموزان ۲۵ درصد بیشتر راه‌حل‌های خلاقانه ارائه دادند (براساس ارزیابی داخلی کلاس).

– **تقویت درک بصری:** شبیه‌سازی‌های فیت در آموزش مفاهیم الکترومغناطیس در دبیرستان‌های تهران، تفکر خلاق را تقویت کرده‌اند (Wieman, 2020). در یک پروژه تجربی، دانش‌آموزان میدان‌های مغناطیسی را شبیه‌سازی کردند و خطاهای پیش‌بینی خود را ۱۵ درصد کاهش دادند.

– **یادگیری معکوس:** استفاده از ولفرم آلفا برای پیش‌آموزش مفاهیم پیچیده (مانند انتگرال‌های مسیر فاینمن)، زمان کلاس را برای بحث‌های خلاقانه آزاد می‌کند (Hsu & et al., 2021).

• ملاحظات انتقادی

– **خطر تقلیل خلاقیت:** اتکای بیش‌ازحد به ابزارهای هوش مصنوعی ممکن است تفکر مستقل دانش‌آموزان را کاهش دهد (Holmes & et al., 2021).

دستی داشتند. همچنین، وابستگی می‌تواند تعامل انسانی را کاهش دهد و مهارت‌های اجتماعی را تحت تأثیر قرار دهد.

• چالش‌های اخلاقی و حریم خصوصی

حریم خصوصی داده‌های دانش‌آموزی، سوگیری‌های الگوریتمی (تعصب و تبعیض) و خطر سوءاستفاده از سامانه‌ها موانع اصلی هستند (Zeide, 2017; OECD, 2021). نگرانی از امنیت داده‌ها در مدرسه‌ها می‌تواند اعتماد را کاهش دهد. تدوین اصول اخلاقی ضروری است تا عدالت آموزشی حفظ شود.

• نابرابری دسترسی و شکاف دیجیتال

در مناطق محروم ایران (مانند سیستان و بلوچستان)، دسترسی محدود به اینترنت، تجهیزات و فناوری‌های هوش مصنوعی نابرابری آموزشی را تشدید می‌کند (OECD, 2021). مدرسه‌ها با بودجه محدود ممکن است نتوانند زیرساخت‌های لازم را تأمین کنند که این شرایط به شکاف‌های آموزشی منجر می‌شود. پیشنهاد عملی، استفاده از نسخه‌های برون خط ابزارهاست، مانند فت.

• نیاز به آموزش معلمان و مقاومت فرهنگی

۷۸ درصد معلمان ایرانی به آموزش تخصصی برای استفاده خلاقانه از هوش مصنوعی را نیاز دارند (فقیه‌زاده، ۱۴۰۲). کمبود آگاهی و مقاومت در برابر تغییرات فناوری می‌تواند از میزان پذیرش استفاده از هوش مصنوعی بکاهد. همچنین، هم‌راستابودن فناوری با نیازهای واقعی آموزشی (مانند درس فیزیک) چالش دیگری است.

• هزینه و زیرساخت‌ها

پیاده‌سازی هوش مصنوعی هزینه زیادی دارد و ممکن است مدرسه‌ها فاقد تجهیزات باشند. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و دوره‌های آموزشی برای معلمان ضروری است. در نهایت، غلبه بر این چالش‌ها مستلزم پژوهش‌های طولی بیشتر برای سنجش تأثیرات بلندمدت، تدوین سیاست‌های اخلاقی و همکاری بین‌نهادی است. این رویکردها ضمن بهره‌گیری از مزیت‌های هوش مصنوعی، از رشد تفکر نقادانه، حل مسئله مبتکرانه و خلاقیت دانش‌آموزان حمایت می‌کنند.

نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی با ابزارهایی مانند چت‌جی‌پی‌تی-۴، فت و ولفرم آلفا می‌تواند آموزش فیزیک ایران را با تقویت خلاقیت و درک مفهومی متحول کند. برای پیاده‌سازی مسئولانه در ایران، چنین توصیه‌هایی ارائه می‌شوند:

آموزش معلمان: برگزاری کارگاه‌های آموزشی در شهرهای بزرگ (مانند تهران و مشهد) و مناطق محروم (مانند

۲. دبیرستان فرزندگان مشهد (مهر ۱۴۰۱) چت‌جی‌پی‌تی-۴ برای تولید ۲۰ سؤال باز پاسخ مکانیک نیوتونی استفاده شد. در نتیجه ۷۸ درصد دانش‌آموزان بیش از دو مسیر حل معتبر ارائه دادند.

۳. دبیرستان شهید رجایی شیراز (آذر ۱۴۰۲) پروژه حرکت هماهنگ ساده با اصطکاک متغیر اجرا شد. خروجی ۵ مقاله کوتاه علمی دانش‌آموزی بود.

۴. دبیرستان شهید بهشتی اصفهان (بهمن ۱۴۰۱) استفاده از ولفرم آلفا برای تحلیل داده‌های آزمایش سقوط آزاد با مقاومت هوا. نتیجه با کاهش ۲۵ درصد خطا نسبت به روش دستی حاصل شد.

۵. هنرستان فنی کرمان (خرداد ۱۴۰۲) طراحی مدارهای الکتریکی با شبیه‌سازهای برخط و بررسی مصرف انرژی انجام شد. ۴۰ درصد بهبود در درک قوانین اهم و کیرشهف حاصل شد.

۶. دبیرستان نمونه‌دولتی سمنان (مهر ۱۴۰۲) شبیه‌سازی حرکت پرتابی با تغییر زاویه و جرم گلوله در فت انجام شد. دقت پیش‌بینی مسیر پرتاب ۵۰ درصد افزایش یافت.

۷. مدرسه روستایی چاپهار (اسفند ۱۴۰۱) استفاده از نسخه برون خط فت به دلیل نبود اینترنت پایدار برای آموزش مفاهیم فشار و شناوری. ۳۵ درصد بهبود در نمره‌های آزمون پایانی فیزیک مشاهده شد.

چالش‌ها و محدودیت‌ها

با توجه به پیشرفت‌های اخیر هوش مصنوعی در سال‌های ۲۰۲۴ و ۲۰۲۵، چالش‌های ادغام این فناوری در آموزش فیزیک همچنان برجسته است. براساس مطالعه‌های جدید، این چالش‌ها نه تنها فنی، بلکه اخلاقی، عملی و اجتماعی هستند. در ادامه، به بررسی کلیدی‌ترین محدودیت‌ها می‌پردازیم:

• محدودیت‌های فنی

مدل‌های زبانی مانند چت‌جی‌پی‌تی-۴ در حل مسائل کیفی پیچیده فیزیک (مانند تفسیر شهودی مفاهیم کوانتومی) محدودیت دارند، زیرا الگوریتم‌های آن‌ها بر پایه آمار داده‌های آموزشی هستند و درک واقعی ندارند (Kortemeyer, 2023). علاوه بر این، در آزمون‌های فیزیک، این مدل‌ها نمره‌های متوسطی (بین ۱۵ درصد تا ۵۲ درصد در مسائل مفهومی) کسب کردند و اشتباهاتی مشابه تازه‌کاران نشان می‌دهند. مصرف بالای انرژی و نرخ شکست بالا (مانند ۲ درصد در مسائل کلامی ریاضی) نیز از محدودیت‌های فنی است.

• خطر وابستگی و کاهش خلاقیت

اتکال بیش از حد به هوش مصنوعی ممکن است توانایی دانش‌آموزان در حل مسائل مستقل را کاهش دهد و خلاقیت آن‌ها را محدود کند (Hsu & et al., 2021). برای مثال، در یک مطالعه آزمایشی در اصفهان، دانش‌آموزانی که بیش از ۵۰ درصد از ابزارهای هوش مصنوعی استفاده کردند، ۱۰ درصد افت در مهارت‌های

the COVID pandemic. OECD Publishing.

5. Zeide, E. (2017). The structural consequences of big data-driven education. *Big Data*, 5(2), 164–172.

6. Kortemeyer, G. (2023). Can AI solve physics problems? An analysis of ChatGPT's performance on university-level physics tasks. *arXiv preprint arXiv:2301.02467*.

7. Wieman, C. (2020). PhET simulations: Transforming science education. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 602–615.

8. VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221.

۹. میرزایی، محمد علی، و فاطمینا، علی. (۱۳۹۴). مقایسه تاثیر آموزش الکترونیکی و آموزش سنتی بر روی یادگیری شناختی (مطالعه موردی: دانشجویان درس فیزیک مقطع کارشناسی دانشگاه کاشان). *علوم اجتماعی شوهر*

۱۰. بهرامی، علی، صفوی، ن. س.، و علیشاهی، ل. (۱۴۰۳). بررسی راهکارهای نوین در تدریس: ترکیب تکنولوژی با روش های سنتی. اولین همایش بین المللی معلمان استعدادیاب و فرهنگ ساز در توسعه آموزش های فنی و حرفه ای و کار دانش در مسیر توسعه پایدار ۱۱. عبدالکریمی، فاطمه، و سهامی، سمیه. (۱۴۰۴). معرفی شبیه ساز تعاملی PhET و کاربرد آن در آموزش فیزیک. اولین همایش بین المللی پژوهش های نوپدید در روانشناسی و علوم تربیتی. ۱۲. کاظمی، فرهاد. و کاظمی، شمیم. (۱۴۰۳). بررسی نیازهای آموزشی معلمان جهت تسلط بر تکنولوژی های نوین در طراحی آموزشی و ارزشیابی. در مجموعه مقالات اولین همایش بین المللی (صص. ۲۱-۲).

s Assistant: Enhancing Creativity in Solving Physics Problems

Soghra Ghanavati¹

1. Department of physics, Om.C, Islamic Azad University, omidiyeh, Iran

Abstract: Artificial Intelligence (AI), with tools such as PhET simulations and ChatGPT-4, holds significant potential to transform physics education in Iran. These tools enhance students' creative thinking and conceptual understanding by generating innovative problems and providing personalized feedback. For instance, in Tehran high schools, PhET simulations have made learning wave concepts more engaging.

However, challenges such as data privacy, algorithmic biases, and the digital divide in underserved regions of Iran require attention. Through a systematic review, this study explores AI's role in empowering creative teachers to foster dynamic classrooms. It also proposes practical solutions, including teacher training, providing technological infrastructure in deprived areas, and collaboration with the Ministry of Education. These strategies ensure the responsible integration of AI, promoting equitable physics education in Iran.

Keywords: Artificial Intelligence, Creativity, Physics Education

سیستان و بلوچستان) برای استفاده از ابزارهای رایگان مانند فت. **سواد دیجیتال:** گنجاندن آموزش سواد دیجیتال و اخلاق هوش مصنوعی در برنامه درسی متوسطه برای آماده سازی دانش آموزان به منظور استفاده مسئولانه از فناوری.

دسترسی عادلانه: تأمین زیرساخت های فناوری (مانند اینترنت پرسرعت و رایانه) در مناطق محروم با حمایت وزارت آموزش و پرورش.

همکاری بین نهادی: همکاری بین وزارت آموزش و پرورش، دانشگاه ها و انجمن فیزیک ایران برای توسعه محتوای بومی مبتنی بر هوش مصنوعی.

برای بهره مندی مؤثر از هوش مصنوعی در آموزش فیزیک، لازم است رویکردی متعادل و مسئولانه اتخاذ شود. معلمان باید از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی به عنوان مکمل روش های تدریس سنتی استفاده کنند و تعامل های انسانی را در اولویت قرار دهند تا از کاهش تفکر مستقل دانش آموزان جلوگیری شود. همچنین، نظارت مستمر بر سامانه های هوش مصنوعی برای جلوگیری از سوگیری های الگوریتمی و اطمینان از عدالت در دسترسی به این فناوری ها ضروری است. با اتخاذ این رویکردها، می توان از ظرفیت هوش مصنوعی برای ایجاد نظام آموزشی فراگیرتر و مؤثرتر در فیزیک بهره مند شد، در حالی که خطر ها و چالش های آن به حداقل می رسد. این امر به تقویت خلاقیت، بهبود یادگیری، و تضمین عدالت در آموزش کمک خواهد کرد.

در آینده، توسعه فناوری هایی مانند هوش مصنوعی ترکیبی (که یادگیری ماشین را با شبکه های عصبی پیشرفته ادغام می کند) می تواند ابزارهای دقیق تری برای شبیه سازی های واقعی تر ارائه دهد، مانند مدل سازی پدیده های کوانتومی با دقت بالا. پیشنهاد می شود پروژه های آزمایشی ملی برای ارزیابی این فناوری ها در مدرسه ها راه اندازی شوند تا داده های عملی برای سیاست گذاری جمع آوری گردند. علاوه بر این، همکاری با شرکت های فناوری مانند هوش مصنوعی گوگل^۸ برای توسعه ابزارهای بومی سازی شده (متناسب با برنامه درسی ایران) می تواند چالش های فرهنگی و زبانی را رفع کند.

پی نوشت ها

1. PhET
2. ChatGPT-4
3. Transformer
4. SymPy
5. Wolfram Alpha
6. Khan Academy
7. Bayesian
8. Google AI

منابع

1. UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
2. Hsu, T.-C., & et al. (2021). Artificial intelligence in science education: A systematic review. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(6), 893–928.
3. Holmes, W., & et al., (2021). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. OECD Publishing.
4. OECD. (2021). The state of school education: One year into



زندگی و کارنامه علامه مفضل دکتر مهدی گلشنی استاد ممتاز فیزیک و فیلسوف نامدار علم

دکتر سید حجت الحق حسینی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی



استادانی چون دکتر آزاد، دکتر کمال‌الدین جناب، دکتر سید محمود حسابی و دکتر علی‌اصغر خمسوی بهره‌مند شد. چندی در مرکز اتمی دانشگاه تهران به پژوهش پرداخت تا اینکه در فروردین ۱۳۴۰ ش. برای تحصیل در دورهٔ دکترا به آمریکا رفت و دورهٔ دوماههٔ زبان را در دانشگاه کلمبیا گذراند. او در پاییز همان سال به دانشگاه کالیفرنیا در برکلی رفت و درس دورهٔ دکترا را آغاز کرد و سرانجام در ۱۳۴۸ ش. با دریافت دانشنامهٔ دورهٔ دکترا در فیزیک نظری (حوزهٔ ذرات بنیادی) به ایران برگشت.

پژوهش و نگارش رسالهٔ دکترای ایشان در ابتدا با پروفسور **گلاشو** (۱۹۶۴ م./ ۱۳۴۴ ش.) در حوزهٔ نظریهٔ میدان‌های کوانتومی بود و در پی رفتن پروفسور گلاشو به دانشگاه هاروارد، ادامهٔ کارشان با پروفسور **واینبرگ** بود و سپس به علت مهاجرت ایشان به دانشگاه هاروارد، با پروفسور **تریلینگ** کار در حوزهٔ ذرات بنیادی تجربی را شروع کرد، ولی چون آن را مطابق میلش نیافت، در نهایت با پروفسور **واتسون** در حوزهٔ ذرات بنیادی نظری رسالهٔ دکترایش را به پایان رساند.

دکتر گلشنی در سال ۱۳۴۹ ش. استادیار دانشکدهٔ فیزیک دانشگاه صنعتی آریامهر [شریف] شد. سپس، در زمان ریاست دکتر **سید حسین نصر** در دانشگاه، به ریاست انتخابی دانشکدهٔ فیزیک (۱۳۵۴-۱۳۵۲ ش.) رسید. درس‌نامه‌های **الکتریسیته و مغناطیس، فیزیک مدرن، فیزیک ذرات بنیادی، فیزیک اتمی و هسته‌ای**، همگی در این دوران نگارش شده‌اند.

مهدی گلشنی در اول بهمن‌ماه ۱۳۱۷ ش. در اصفهان زاده شد. او تحصیلات ابتدایی و پنج سال دبیرستان را در مدرسهٔ فرهنگ و سال آخر دبیرستان را در مدرسهٔ ادب سپری کرد و از اول دورهٔ دبیرستان، علوم ادبی، منطق، حکمت الهی، فلسفه و برخی از متون فقه و اصول را در مدرسهٔ جدّهٔ بزرگ، جدّهٔ کوچک و در نهایت در مدرسهٔ چهارباغ آموخت. «**تجربیدالاعتقاد**» علامه خواجه نصیرالدین طوسی، «**شرح منظومه**» حاج ملاهادی سبزواری و نیز بخشی از «**اشارات و تنبیهات**» ابن‌سینا جزو درس‌هایی بودند که او در این دوره گذراند. او از آقای غلامحسین آهنی، معلم خوش‌نویسی و ادبیات دورهٔ دبیرستان و نیز آیت‌الله شیخ محمود مفید، مدرس علوم معقول در مدرسهٔ چهارباغ به نیکی تمام یاد می‌کند.

گلشنی در تابستان ۱۳۳۵ ش. با شرکت در مسابقه‌های ادبی استان اصفهان و سپس ایران، نفر اول و برگزیده شناخته شد. طراح پرسش‌های این مسابقه‌های ادبی، دکتر ضیاءالدین سجادی بود. او سال آخر دبیرستان را در رشتهٔ ریاضی سپری کرد و در آنجا انشای ایشان با عنوان «**چرا به کلاس ششم ریاضی آمده‌اید؟**» معروف شد.

او در تابستان ۱۳۳۶ ش. فقط در آزمون سراسری (کنکور) فیزیک دانشگاه تهران شرکت کرد و پذیرفته شد. دورهٔ کارشناسی فیزیک را در گروه فیزیک دانشکدهٔ علوم دانشگاه تهران گذراند و با رتبهٔ نخست در گروه فیزیک و همچنین، دانشکدهٔ علوم دانش آموخته شد. در این دوره، از دانش و تخصص



ایشان، برای نخستین بار در سال ۱۳۵۲ ش. درس‌های نسبتاً عام و سپس درس‌های کیهان‌شناسی مقدماتی و پیشرفته را در دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی آریامهر [شریف] ارائه کرد. راهاندازی دوره کارشناسی ارشد فیزیک در دانشگاه صنعتی شریف به اهتمام ایشان برای نخستین بار انجام شد.

او برای بهره‌گیری از فرصت مطالعاتی از آغاز سال ۱۳۵۵ ش. به دانشگاه پنسیلوانیای آمریکا رفت و ۱۵ ماه در آنجا به پژوهش پرداخت. پس از بازگشت، معاونت آموزشی و دانشجویی دانشگاه را از مهر سال ۱۳۵۷ تا مرداد ۱۳۵۹ ش. عهده‌دار شد و از تیر ۱۳۵۹ ش. نیز در شورای عالی مرکز نشر دانشگاهی عضویت یافت.

از کارهای مهم دکتر گلشنی، تلاش مجدانه برای بهسازی سازمانی و از سرگیری فعالیت‌های انجمن فیزیک ایران (۱۳۶۳ ش.)، عضویت در هیئت مؤسس و هیئت‌مدیره آن برای چندین دوره و برگزاری سخنرانی‌های علمی در حوزه‌های ذرات بنیادی، کیهان‌شناسی و فلسفه علم در همایش‌های سالانه انجمن فیزیک ایران گفتنی است.

دکتر گلشنی در سال ۱۳۶۴ ش. مرتبه استادی فیزیک در دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف را احراز کرد و در بهمن همین سال به مناسبت ترجمه کتاب فیزیک هالیدی و رزنیک برنده جایزه کتاب سال جمهوری اسلامی ایران شد. ایشان، دوباره در سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۶۸ ش. مدیریت دانشکده فیزیک را پذیرفت و کوششی پیگیرانه را برای بنیان‌گذاری دوره دکترای فیزیک در دانشگاه صنعتی شریف دنبال کرد. سرانجام، در آبان ماه سال ۱۳۶۷ ش. با حضور استاد دکتر محمد عبدالسلام، فیزیک‌دان نامدار مسلمان و برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۳۵۸ ش. نخستین دوره دکترای فیزیک در ایران راهاندازی شد. از دیگر کارهای استاد دکتر گلشنی، همکاری در برنامه‌ریزی و راهاندازی مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات (۱۳۶۸ ش.) و تشکیل هسته پژوهشی فیزیک در آنجا بوده است. این مرکز هم‌اکنون با نام پژوهشگاه دانش‌های بنیادی (آی‌پی‌ام)^۱ فعالیت ملی و بین‌المللی دارد. دکتر گلشنی استاد پیش‌کسوت و از بنیان‌گذاران پژوهشکده فیزیک این پژوهشگاه شناخته می‌شود. با پایه‌گذاری فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران در ۱۳۶۹ ش. استاد دکتر گلشنی عضو پیوسته آنجا شد و ریاست گروه علوم پایه فرهنگستان را به‌عهده گرفت. در ماه‌های پایانی

همین سال، مدیریت گروه علوم پایه در معاونت پژوهشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی و نیز مدیریت کارگروه علوم پایه در شورای عالی برنامه‌ریزی آن وزارتخانه را پذیرفت. برنامه‌ریزی، سامان‌دهی و مدیریت علمی «همایش (سمینار) فلسفه و روش‌شناسی علوم تجربی» (۱۳۶۹ ش.) در دانشگاه صنعتی شریف نیز با دکتر گلشنی بوده است. او در سال ۱۳۷۱ ش. به‌عنوان نخستین «استاد نمونه آموزش عالی کشور» از سوی وزارت فرهنگ و آموزش عالی برگزیده شد.

ایشان، در آبان ۱۳۷۲ ش. به ریاست پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی رسید و از آن پس کوشش بسیار جدی را برای گسترش کمی و افزایش کیفیت علوم انسانی با کارایی و روزآمدی بیشتر و بهتر در عرصه کشور از خود نشان داد. از کارهای ارزشمند و ماندگار استاد دکتر گلشنی، در طی تقریباً شانزده سال مدیریت ایشان (تا اوایل اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۸۸ ش.)، راهاندازی و مدیریت مسئولی فصلنامه‌های آفاق الحضاره الاسلامیه (عربی)، پژوهشگران، نامه علوم انسانی، و نامه علم و دین و همچنین، راهاندازی مرکز تحقیقات امام علی (ع)، پژوهشکده اقتصاد، گروه اندیشه سیاسی اسلام، گروه غرب‌شناسی، گروه علم و دین و نیز برنامه‌ریزی و راهاندازی دوره دکترای تاریخ علم (گرایش‌های نجوم، ریاضیات و...) و دوره دکترای فلسفه علم و فناوری (۱۳۸۶ ش.) انتشار صدها جلد کتاب تألیفی و ترجمه در پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی و سرانجام برنامه‌ریزی، سامان‌دهی و مدیریت علمی در برگزاری همایش جهانی امام علی (ع) عدالت، وحدت و امنیت (۱۳۷۹ ش.) و همایش ملی علوم انسانی (۱۳۸۵ ش.) را می‌توان نام برد.

دکتر گلشنی در سال ۱۳۷۴ ش. گروه فلسفه علم دانشگاه صنعتی شریف را با بنیان‌گذاری دوره تحصیلی کارشناسی ارشد فلسفه علم پایه‌گذاری کرد که ریاست آن از آغاز با او بود.

او بیش از ۱۵۰ مقاله به زبان‌های انگلیسی و فارسی در زمینه‌های فیزیک بنیادی، کیهان‌شناسی، فیزیک و فلسفه علم، علم و دین، و برنامه‌ریزی دانشگاهی، ۱۹ جلد کتاب تألیفی و ترجمه، سخنرانی‌های بسیار در دانشگاه‌ها و همایش‌های بین‌المللی در خارج و داخل کشور را در کارنامه دارد.

استاد گلشنی ۱۲۵ پایان‌نامه دانشگاهی در پایه کارشناسی ارشد و ۲۶ رساله دکترای در موضوع‌های فیزیک بنیادی، فلسفه علم، رابطه علم و دین به‌عنوان استاد راهنما، هدایت کرده است.

تدریس و نگارش درس‌نامه علم و دین (۱۳۷۰ ش.) و نیز برنامه‌ریزی، راهاندازی و مدیریت گروه فلسفه علم (۱۳۷۴ ش.) از دیگر کارهای ارزشمند و به‌یادماندنی دکتر گلشنی در دانشگاه صنعتی شریف است. ایشان افزون بر مدیریت مسئولی فصلنامه‌های پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، عضو شورای مشاوران علمی و داوران فصلنامه‌های Islamic Studies (چاپ پاکستان)، American Journal of Islamic Social Science



جلسه ملاقات مرحوم پروفیسور عبدالسلام با رئیس جمهوری اسلامی ایران در حاشیه کنفرانس بین‌المللی بزرگداشت حافظ در شیراز - ۲۸ آبان ۱۳۶۷

Published by: Books LLC, Memphis, Tennessee, USA in 2010. pp19-23: Mehdi Golshani
***Quantum Physicists:** Published by: Books LLC, Memphis, Tennessee, USA in 2010. pp72-75: Mehdi Golshani

در کتاب «۵۰۰ نفر از سرشناس‌ترین چهره‌های جهان اسلام» که در ۲۰۰۹م. از سوی دانشگاه جورج تاون امریکا چاپ شد؛ نام ایشان به‌عنوان یک دانشمند نامدار ایرانی آمده است. اطلاعات کتاب‌شناختی آن اثر چنین است:

THE 500 MOST INFLUENTIAL MUSLIMS:
 Published: THE ROYAL ISLAMIC STRATEGIC STUDIES CENTER, Georgetown University, 2009.
 Chapter:10(Science and Technology).p146.

استاد دکتر گلشنی، «جایزه علامه طباطبایی» را در ۱۳۹۱ش. از بنیاد ملی نخبگان دریافت کردند. در روز دوشنبه ۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۵ش. «انجمن آثار و مفاخر فرهنگی» آیین بزرگداشت ایشان را برپا کرد که شماری از استادان نامدار کشور در عرصه‌های علوم انسانی و علوم پایه، برخی از اعضای برجسته فرهنگستان علوم ج.ا. ایران و رئیس، استادان و پژوهشگران پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی با حضور و انجام سخنرانی از جایگاه والای علمی، ایمانی و انسانی ایشان در سطوح ملی و بین‌المللی سخن گفتند. کتاب «زندگینامه و خدمات علمی و فرهنگی استاد دکتر مهدی گلشنی» در دو جلد از سوی انجمن آثار و مفاخر فرهنگی به اهتمام دکتر سید حجت‌الحق حسینی در حدود ۷۰۰ صفحه چاپ و منتشر شده است.

فیلم مستند «گلشن دانایی» به کوشایی صدرا صدوقی، در زمستان سال ۱۴۰۲ش. تهیه و تدوین شده که چندین نوبت در سیمای ج.ا. ایران پخش شده است. در این مستند روایی، برخی از استادان و دانشجویان پیشین درباره او صحبت کرده‌اند.

(چاپ آمریکا) بوده‌اند.

دکتر گلشنی در انجمن‌ها و مؤسسه‌های آموزشی و پژوهشی معتبر ایرانی و بین‌المللی مانند انجمن فیزیک آمریکا، انجمن فیزیک ایران، مرکز جهانی فیزیک نظری و ریاضیات (تریست، ایتالیا)، عضو مؤسس انجمن جهانی علم و دین (کمبریج، انگلستان)، انجمن فلسفه علم (میشیگان، آمریکا)، انجمن مطالعات دینی (نیویورک، آمریکا)، مرکز الهیات و علوم طبیعی (برکلی، آمریکا)، و فرهنگستان (آکادمی) علوم جهان اسلام در دوره‌های گوناگون عضویت داشته و دارند.

داوری و ارزیابی در جشنواره جهانی خوارزمی، جایزه جهانی بنیاد تمپلتون برای پیشرفت معنویت (علم و دین) و جایزه استاد دکتر عبدالسلام برای فیزیک‌دانان جهان سوم، عضویت در شورای عالی انقلاب فرهنگی از سال ۱۳۷۵ش. با حکم مقام معظم رهبری به مدت ۲۵ سال، برخی از افتخارات بین‌المللی و ملی ایشان بوده است.

جناب دکتر گلشنی در سال ۱۳۷۶ش. به جایگاه استاد ممتاز دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف و در سال ۱۳۷۹ش. به‌عنوان استاد ممتاز دانشگاه صنعتی شریف رسیده است.

استاد دکتر گلشنی در مهر سال ۱۳۸۱ش. به‌عنوان «چهره ماندگار فیزیک» برگزیده شد و کتاب «چهره‌های ماندگار: دکتر مهدی گلشنی» (چ. ۱. تهران: جهان فرهنگ، ۱۳۸۲ش.) در بزرگداشت ایشان منتشر شده است. همچنین در اسفندماه ۱۳۸۸ش. «دانشمند برگزیده فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران» شناخته شد و نشان درجه یک دانش را دریافت کرد. فرهنگستان علوم ج.ا. ایران در شهریورماه سال ۱۳۹۰ش. کتاب «مجموعه مقالات به مناسبت بزرگداشت مقام علمی دانشمند فرهیخته استاد دکتر مهدی گلشنی» را انتشار داد.

ایشان، افزون بر اینکه در کشورمان استاد ممتاز فیزیک در دانشکده فیزیک و استاد ممتاز دانشگاه صنعتی شریف شناخته شده است؛ یکی از اندیشمندان سرشناس جهانی در مباحث علم و دین و از فیلسوفان نامدار علم در جهان اسلام به‌شمار می‌روند. در سال ۲۰۱۰م. کتاب‌های «فیزیک‌دانان ایرانی»، «برترین استادان دانشگاه صنعتی شریف» و نیز «برترین فیزیک‌دانان کوانتومی جهان» در آمریکا به چاپ رسید که در آن‌ها، زیست‌نامه و شرح کارهای پژوهشی و آموزشی استاد دکتر مهدی گلشنی آمده است. اطلاعات کتاب‌شناختی این آثار به ترتیب چنین است:

*** Iranian Physicists.** Published by: Books LLC, Memphis, Tennessee, USA in 2010. pp41-45: Mehdi Golshani
*** Sharif University of Technology Faculty :**

• **Can Science Dispense whit Religion?** Tehran: Institute for Humanities and Cultural Studies , 2004

• **گزارش ملی جهانی شدن.** تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۷ش.

• **علم و دین و فلسفه.** چ ۱. تهران: کانون اندیشه جوان وابسته به پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی، ۱۳۹۳ش.

• **خداپاوری و دانشمندان معاصر غربی: چالش ها و تبیین ها.** چ ۱. تهران: کانون اندیشه جوان وابسته به پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی، ۱۳۹۵ش.

• **جستارهایی در فیزیک معاصر.** چ ۱. تهران: نشر علم، ۱۳۹۹ش.

• **علم و شبه علم.** چ ۱. تهران: نشر علم، ۱۳۹۹ش.

• **رابطه علم و دین از منظر چهار حکیم مسلمان.** چ ۱. تهران: نشر حکمت اسلامی، ۱۳۹۹ش.

• **علم و دین در افق جهان بینی توحیدی.** ویراست اول. چ ۱. تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۷ش.
• **ویراست دوم.** تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۸ش. **ویراست سوم.** قم: مرکز بین المللی ترجمه و نشر المصطفی (ص) وابسته به جامعه المصطفی العالمیه، ۱۴۰۲ش.

• **Science and Religion in a Monotheistic Perspective. First Edition.** Tehran: ECO Institute, 2021. **Second Edition.** Qom: Almustafa International and Publication Center. Almustafa International University, 2023.

• **«العلم و الدّین من منظور الرّویته الکوئیه التوحیدیه»** با ترجمه عربی سید کاظم موسوی نیز ترجمه شده است. قم: مرکز بین المللی ترجمه و نشر المصطفی، ۱۴۰۲ش.
• **گفتارهایی فلسفی در فیزیک.** چ ۱. تهران: دانشگاه جامع انقلاب اسلامی، ۱۴۰۴ش. در فرایند چاپ

ب (کتاب های ترجمه:

• **فیزیک، اثر هالیدی و رزنیک.** (همکار: مهندس ناصر مقبلی). چ ۱. تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۶۳ش. این اثر به عنوان «کتاب سال جمهوری اسلامی ایران در ۱۳۶۴ش.» برگزیده شده است.

• **The English Translation of the Holy Quran,** with M.J.Khalili. Vol:1 . Tehran: I.P.O. ,1992

• **درآمدی بر فیزیک امروز،** اثر هانس اوهانیان. (همکار: مهندس ناصر مقبلی). چ ۱. تهران: انتشارات خوارزمی، ۱۳۷۸ش.

پی نوشت

1. IPM

در روز پنجشنبه ۲۹ آبان سال ۱۴۰۴ش. بنیاد ملی نخبگان استان اصفهان با همکاری استانداری اصفهان، آیین شکوهمند نکوداشت استاد دکتر گلشنی را با نام «گلشن دانایی» در تالار بزرگ هتل عباسی با حضور جمعیت عظیمی از دانشگاهیان، دانشوران، پژوهشگران و فرهیختگان جامعه علمی و فرهنگی برگزار کرد. تمبر اختصاصی آیین نکوداشت پرفسور مهدی گلشنی، از سوی شرکت ملی پست ج.ا.ایران در این مراسم رونمایی شد.



با پرزیدنت ضیاء الحق رئیس جمهور اسبق پاکستان به مناسبت کنفرانس

«علم در سیاست اسلامی» - ۱۳۶۲

گاه شمار انتشار کتاب های استاد دکتر گلشنی:

الف (کتاب های تألیفی:

• **قرآن و علوم طبیعت.** چ ۱. تهران: انتشارات امیرکبیر، ۱۳۶۴ش. و نیز تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۷ش. این کتاب به طور کامل به زبان های آلبانیایی، اردو، ایتالیایی، اندونزیایی، انگلیسی، بنگالی، چینی، سواحیلی و عربی ترجمه شده است. این کتاب به انتخاب انجمن بین المللی علم و دین، یکی از ۱۵۰ اثر برگزیده جهانی است. تقریظ شیخ محمد الغزالی بر این کتاب، گواه اثر بخشی و سودمندی آن در جهان اسلام است.

• **تحلیلی از دیدگاه های فلسفی فیزیک دانان معاصر.** چ ۱. تهران: انتشارات امیرکبیر، ۱۳۶۹ش. و نیز چ ۴. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۸۵ش. پیشگفتار این کتاب به قلم علامه محمد تقی جعفری (رحمه الله تعالی علیه) است و به عنوان «کتاب سال جمهوری اسلامی ایران در ۱۳۷۰ش.» برگزیده شد. این اثر در زمان پژوهش و نگارش، چند دهه از دانش روزگار خود جلوتر بود.

• **از علم سکولار تا علم دینی.** چ ۱. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۷۰ش.

• **علم و دین و معنویت در آستانه قرن بیست و یکم.** چ ۱. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۱۳۷۹ش.

• **From Physics to Metaphysics.** Tehran: Institute for Humanities and Cultural Studies, 1997

• **Issues in Islam and Science.** Tehran: Institute for Humanities and Cultural Studies, 2004

تحلیل چالش‌ها و موانع آموزش فیزیک در ایران با نگاهی تطبیقی به تجربه آلمان

مجتبی احمدی

محمد مهدی بنی‌طرفی

آی‌سان دانی عطاءالله

گروه آموزش علوم تجربی، پردیس شهید رجایی، دانشگاه فرهنگیان، قزوین

چکیده

آموزش فیزیک به عنوان یکی از ستون‌های بنیادین توسعه علمی و فناوری در هر کشوری شناخته می‌شود و در پیشرفت حوزه‌هایی مانند انرژی، حمل‌ونقل، مخابرات، پزشکی و کشاورزی نقشی کلیدی دارد. با این حال، در ایران، آموزش فیزیک با چالش‌هایی مانند حمایت نکردن دولت و صنعت، ضعف در آموزش درس‌های پایه‌ای، نبود روش‌های تدریس جذاب، کمبود امکانات آزمایشگاهی، ضعف در ارزیابی و نبود آزادی علمی مواجه است. این مشکلات به کاهش کیفیت یادگیری و علاقه‌مندی دانش‌آموزان به این علم منجر شده‌اند. در حالی که کشورهای پیشرفته مانند آلمان با بهره‌گیری از روش‌های نوین و کاربردی، آموزش فیزیک را از پایه‌های ابتدایی آغاز کرد و دانش‌آموزان را از طریق تجربه و مشاهده به کشف قوانین طبیعت ترغیب می‌کند. این مقاله با بررسی چالش‌های موجود در ایران و مطالعه مدل موفق آموزشی آلمان، برای بهبود آموزش فیزیک در کشور راهکارهایی ارائه می‌دهد تا با رفع موانع، دانش‌آموزان و معلمان بتوانند با علاقه‌مندی و درک عمیق‌تری به این حوزه ورود کنند و موجب توسعه علمی کشور شوند.

مقدمه

آموزش علم فیزیک یکی از ارکان اساسی در توسعه علمی و فناوری هر کشور محسوب می‌شود (یحیی‌زاده، ۱۳۹۴). این علم پایه بسیاری از پیشرفت‌های فناورانه از جمله تولید انرژی، طراحی سامانه‌های حمل‌ونقل، مخابرات، پزشکی و حتی کشاورزی نوین است (قنبری و سلیمانی، ۱۳۹۸). از این رو، کیفیت آموزش فیزیک می‌تواند بر میزان پیشرفت کشورها در حوزه‌های گوناگون تأثیر مستقیمی داشته باشد. اما در برخی کشورها از جمله ایران، آموزش این علم با چالش‌های جدی مواجه است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۶) که نه تنها مانع از شکوفایی استعدادهای علمی می‌شود، بلکه از علاقه دانش‌آموزان و دانشجویان به این حوزه نیز خواهد کاست. در کشورهایی مانند ایران، بسیاری از دانش‌آموزان و حتی معلمان، فیزیک را رشته‌ای دشوار و انتزاعی می‌دانند (اسدی، ۱۴۰۰) که یادگیری آن نیازمند تلاش زیادی است. نبود روش‌های تدریس جذاب و کاربردی، کمبود امکانات آزمایشگاهی، نبود پیوند میان مباحث نظری و عملی و همچنین ضعف ارتباط بین آموزش و صنعت، باعث شده است که این علم به جای اینکه به عنوان دانشی مهیج و مفید شناخته شود، برای بسیاری از دانش‌آموزان به درسی خشک و دشوار تبدیل گردد. این در حالی است که در کشورهایی همچون آلمان، آموزش فیزیک از پایه‌های ابتدایی با استفاده از روش‌های جذاب و عملی آغاز شده است (Unesco, 2019) و دانش‌آموزان را به کشف قوانین طبیعت از طریق تجربه و مشاهده تشویق می‌کند.

کلیدواژه‌ها: آموزش فیزیک، توسعه علمی فناوری، چالش‌های آموزشی ایران، نظام آموزشی آلمان، روش‌های تدریس نوین، مقایسه تطبیقی

ضعف در آموزش درس‌های پایه‌ای مرتبط با فیزیک

ریاضیات، به‌عنوان زبان اصلی فیزیک، در نظام آموزشی ایران با چالش‌های متعددی مواجهه است. ضعف در آموزش ریاضیات از سطح‌های ابتدایی شروع شده است و در سطح‌های بالاتر نیز ادامه می‌یابد، به‌گونه‌ای که بسیاری از دانش‌آموزان در حل مسائل فیزیک دچار مشکل هستند. طبق پژوهش‌های صورت گرفته، حدود ۳۰ درصد از دانش‌آموزان در دوره‌های متوسطه، از درک مفاهیم ریاضی پایه‌ای که برای یادگیری فیزیک ضروری است، ناتوان هستند (یوسفی و شریعتی، ۱۴۰۲).

طبق گزارش آژانس بین‌المللی انرژی^۲ و مرکز سنجش آموزش وزارت آموزش و پرورش ایران از نتایج تیمز ۲۰۲۳ (IEA, 2023)، حدود ۴۰ درصد از دانش‌آموزان دوره ابتدایی و متوسطه اول در ایران، به حداقل سطح از یادگیری در درس‌های پایه‌ای مانند خواندن، ریاضیات و علوم دست نیافته‌اند. همچنین بیش از ۷۰ درصد از آن‌ها عملکردی پایین‌تر از متوسط جهانی داشته‌اند. این داده‌ها نه تنها بیانگر ضعف ساختاری در نظام آموزش پایه هستند، بلکه نشان‌دهنده فقر جدی یادگیری در کشورند؛ وضعیتی که می‌تواند به‌طور مستقیم بر آموزش مؤثر فیزیک در دوره‌های بالاتر اثر منفی بگذارد. درواقع، ضعف در درس‌های پایه‌ای به‌ویژه ریاضیات، به کاهش توانمندی تحلیلی دانش‌آموزان در مواجهه با مفاهیم پیچیده فیزیک منجر شده است.

نبود ارتباط مؤثر بین آموزش ریاضیات و فیزیک سبب شده است که دانش‌آموزان نتوانند مفاهیم فیزیکی را به‌صورت دقیق تحلیل کنند. علاوه بر این، آمار رسمی منتشرشده در سالنامه آموزش و پرورش کشور نیز حاکی از وضعیت نگران‌کننده‌ای در زمینه ماندگاری دانش‌آموزان در نظام آموزشی است. در سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، حدود ۲۱۰۲۲۱ نفر در دوره ابتدایی، ۲۰۴۷۳۵ نفر در متوسطه اول و ۵۶۵۹۱۵ نفر در متوسطه دوم از تحصیل بازمانده‌اند. همچنین طبق همین گزارش، در سال تحصیلی پیش از آن (۱۳۹۹-۱۳۹۸)، در مجموع ۲۷۰۵۵۵ دانش‌آموز از تحصیل بازمانده‌اند. این رقم‌ها نشان‌دهنده گسترش بحران آموزشی در کشور و نقش آن در تضعیف آموزش مفاهیمی مانند فیزیک هستند که نیازمند آموزش پیوسته پایه‌ای و ساختاریافته‌اند.

تقویت آموزش ریاضی از دوره‌های ابتدایی با تمرکز بر درک مفاهیم پایه و پیوند دادن آن با کاربردهای علمی در فیزیک، می‌تواند به بهبود توان تحلیلی دانش‌آموزان کمک کند. این امر نیازمند آموزش مستمر معلمان، استفاده از روش‌های تعاملی مثل بازی‌های ریاضی، و تألیف کتاب‌های کمک‌آموزشی با رویکرد کاربردی است. همچنین باید میان آموزش مفاهیم ریاضی و استفاده از آن‌ها در علوم مثل فیزیک، هماهنگی برنامه‌ریزی شده‌ای برقرار شود تا دانش‌آموز بتواند به‌صورت طبیعی و مرحله‌به‌مرحله وارد تفکر تحلیلی شود.

هدف از این مقاله، بررسی وضعیت آموزش فیزیک در ایران، شناسایی چالش‌های موجود و ارائه راهکارهای کاربردی برای بهبود این وضعیت است. همچنین، با بررسی مدل موفق کشور آلمان در آموزش این رشته تلاش خواهیم کرد تا از تجربه‌های این کشور در بهبود آموزش فیزیک در ایران بهره ببریم. آموزش فیزیک در ایران با موانع متعددی روبه‌رو است (دهقانی، ۱۳۹۵) که کیفیت یادگیری و علاقه‌مندی دانش‌آموزان به این رشته را کاهش داده است. این مشکلات را می‌توان در ابعاد گوناگونی از جمله حمایت‌نکردن دولت و صنعت از آموزش و پژوهش، ضعف در آموزش درس‌های پایه‌ای مانند ریاضیات، نبود فضای آزاد علمی و کمبود نیروی کار متخصص مشاهده کرد، در ادامه، این چالش‌ها به‌صورت جامع بررسی می‌شوند.

حمایت‌نکردن دولت و صنعت از آموزش و پژوهش

حمایت ناکافی از آموزش فیزیک، یکی از معضلات اساسی در ایران است. طبق گزارش‌های اخیر، میزان سرمایه‌گذاری دولت ایران در بخش پژوهش‌های علمی حدود ۰/۳ درصد از تولید ناخالص داخلی^۱ کشور است که این رقم بسیار کمتر از کشورهای پیشرفته مانند آلمان است. میزان سرمایه‌گذاری آلمان در این بخش حدود ۲/۸ درصد از GDP را به خود اختصاص داده است. در ایران، این رقم حدود ۸۰۰ میلیون دلار در سال است، اما در آلمان سالانه حدود ۱۰۰ میلیارد دلار را به آموزش و پژوهش اختصاص می‌دهند. در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، دولت و صنایع بزرگ در تأمین مالی پروژه‌های پژوهشی و توسعه آموزش فیزیک نقش فعالی دارند. اما در ایران، بودجه‌های پژوهشی محدودند و بسیاری از طرح‌های علمی به دلیل کمبود منابع مالی نیمه‌کاره رها می‌شوند. همچنین، ارتباط ضعیف بین صنعت و دانشگاه باعث شده است که پژوهش‌های علمی در حوزه فیزیک نتوانند به محصولات کاربردی تبدیل شوند. این مسئله نه تنها به افت کیفیت تحقیقاتی منجر شده، بلکه از انگیزه دانشجویان و پژوهشگران نیز کاسته شده است (OECD, 2021).

برای برون‌رفت از وضعیت موجود، ضروری است سیاست‌گذاران سهم آموزش و پژوهش در بودجه کل کشور را به‌صورت تدریجی و هدفمند افزایش دهند و همکاری بین دانشگاه‌ها و صنایع به‌طور ساختاری در قالب قراردادهای پژوهشی و پروژه‌های مشترک توسعه یابند. این همکاری می‌تواند از طریق تأسیس دفاتر انتقال فناوری، حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کاربردی و ایجاد مراکزهای تحقیق و توسعه^۲ درون دانشگاه‌ها انجام شود. همچنین باید مشوق‌های مالی برای صنایع در نظر گرفته شوند تا از پروژه‌های دانشگاهی حمایت کنند؛ در غیر این صورت، شکاف بین آموزش نظری و نیازهای واقعی جامعه همچنان باقی می‌ماند.

ضعف در ارزیابی و سنجش یادگیری مفهومی در آموزش فیزیک

یکی از عوامل پنهان اما تأثیرگذار در ناکارآمدی آموزش فیزیک در ایران، نبود دستگاه‌های مؤثر برای ارزیابی یادگیری عمیق و مفهومی در ایران است. درحالی‌که آموزش فیزیک نیازمند درک مفاهیم، استدلال و توانایی به‌کارگیری آموخته‌ها در موقعیت‌های واقعی است، نظام ارزشیابی موجود بیشتر مبتنی بر حافظه‌محوری و حل تمرین‌های تکراری است و به‌ندرت مهارت‌های تحلیلی و تفکر انتقادی را می‌سنجد.

اکثر آزمون‌ها و امتحان‌های رسمی به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که تنها توانایی بازخوانی فرمول‌ها یا حل مسائلی خاص را ارزیابی می‌کنند؛ درحالی‌که درک مفهومی، توانایی مدل‌سازی پدیده‌های فیزیکی و طراحی آزمایش از جمله مهارت‌های ضروری در یادگیری فیزیک هستند (Black and Wiliam, 1998).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های نوین سنجش مانند ارزشیابی تکوینی، آزمون‌های باز، پروژه‌های عملی و فعالیت‌های گروهی می‌توانند در ارتقای یادگیری عمیق بسیار مؤثر باشند (Sadler, 2009). اما در ایران این روش‌ها نه در برنامه رسمی جایگاه دارند و نه معلمان برای به‌کارگیری آن‌ها آموزش دیده‌اند.

این ضعف ساختاری در سنجش باعث شده است که حتی دانش‌آموزانی که نمره‌های بالایی کسب می‌کنند، از درک عمیق مفاهیم و کاربردها در زندگی واقعی ناتوان باشند. برای بهبود این وضعیت، نیاز به بازنگری جدی در سیاست‌های سنجش و آموزش معلمان در حوزه ارزشیابی وجود دارد.

بازنگری در نظام ارزشیابی و طراحی آزمون‌هایی که بر درک مفاهیم، مدل‌سازی، و توانایی کاربرد علم در موقعیت‌های واقعی تأکید دارند، می‌تواند به رشد یادگیری عمیق و پایدار در دانش‌آموزان منجر شود. همچنین ایجاد بانک سؤالات مفهومی و آموزش معلمان در طراحی این نوع ارزیابی‌ها می‌تواند در این گذار نقش مهمی داشته باشد.

نبود آزادی علمی و محدودیت‌های پژوهشی در مرکزهای علمی

یکی از جدی‌ترین مشکلات نظام آموزشی ایران، محدودیت‌های موجود در فضای علمی و تحقیقاتی است. بسیاری از دانشمندان و پژوهشگران در ایران برای انجام تحقیقات نوآورانه با موانع متعددی مواجه هستند. محدودیت‌های موجود در همکاری‌های علمی بین‌المللی، دسترسی نداشتن آزاد به منابع علمی و تأثیرگذاری سیاست‌های غیردانشگاهی بر تحقیقات، باعث شده است که ایران در رقابت علمی با کشورهای پیشرفته عقب بماند. درحالی‌که در کشورهای توسعه‌یافته، مراکزهای علمی به‌صورت مستقل و با آزادی کامل فعالیت می‌کنند و از حمایت‌های گسترده برخوردارند (Altbach, 2016) (ایزدی و همکاران،

۱۴۰۱) طبق گزارش سایمگو ۲۰۲۳ (SCI mago, 2023) ایران میان ۲۰ کشور اول دنیا از نظر تعداد مقاله‌های علمی قرار دارد، ولی همچنان از نظر کیفیت تحقیقات با فاصله زیادی از کشورهای پیشرفته مانند آلمان قرار دارد.

ایجاد فضای باز علمی با کاهش محدودیت‌های غیرضروری و تسهیل دسترسی پژوهشگران به منابع علمی و همکاری‌های بین‌المللی، می‌تواند کیفیت تحقیقات را افزایش دهد و انگیزه فعالیت علمی را در دانشگاه‌ها بالا ببرد.

نابرابری آموزشی در مناطق گوناگون کشور

یکی از چالش‌های جدی و ساختاری آموزش فیزیک در ایران، نابرابری آموزشی بین مناطق گوناگون جغرافیایی و اقتصادی کشور است. براساس گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس (۱۴۰۱) (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۱)، فاصله آموزشی بین مناطق شهری و روستایی، و به‌ویژه بین مناطق برخوردار و محروم، به‌طور معناداری زیاد است. این نابرابری نه تنها در زمینه دسترسی به معلمان متخصص و تجهیزات آزمایشگاهی، بلکه در زیرساخت‌های اساسی آموزشی مانند اینترنت، امکانات کمک‌آموزشی، و فضای فیزیکی کلاس‌ها نیز به‌وضوح مشاهده می‌شود.

مطالعه‌ای از یونسکو ۲۰۲۲ نشان داده است که یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آموزش علوم پایه، عدالت آموزشی و توزیع برابر منابع آموزشی است. در ایران، مدرسه‌های مناطق کم‌برخوردار غالباً فاقد آزمایشگاه استاندارد، معلمان تخصصی، و محتوای به‌روز هستند. این مسئله موجب شده تا آموزش فیزیک در این مناطق، فقط به آموزش نظری محدود شود و فرصت تجربه عملی و درک عمیق مفاهیم علمی از بین برود. این شرایط به تضعیف عدالت آموزشی و گسترش «فقر یادگیری» در مناطق محروم منجر شده است.

برقراری عدالت آموزشی از طریق اختصاص منابع بیشتر به مناطق محروم، به‌ویژه برای تجهیز آزمایشگاه‌ها و جذب معلمان متخصص، گامی اساسی در کاهش شکاف آموزشی میان مناطق گوناگون کشور خواهد بود. علاوه بر بودجه‌بندی هدفمند، نیاز است که برنامه‌ریزی درسی نیز متناسب با شرایط بومی هر منطقه تدوین شود. استفاده از فناوری‌هایی مثل آموزش مجازی و آزمایشگاه‌های دیجیتال نیز می‌تواند کمک کند تا دانش‌آموزان مناطق دورافتاده از فرصت یادگیری باکیفیت محروم نمانند. جذب نیروهای متخصص با مشوق‌های مادی و معنوی نیز در ماندگاری آموزش مؤثر در این مناطق نقش کلیدی دارد.

کمبود برنامه‌های ترویجی و علاقه‌مندسازی دانش‌آموزان به علوم پایه

کمبود برنامه‌های ترویجی، رقابتی و انگیزشی در حوزه علوم پایه به‌ویژه در فیزیک، یکی دیگر از عوامل کاهش

مسیر تحول آموزش فیزیک در آلمان و سیاست‌گذاری‌های مؤثر آن

کشور آلمان، از دهه ۱۹۹۰ میلادی با درک اهمیت علوم پایه در توسعه فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان، سیاست‌هایی کلان را برای اصلاح نظام آموزشی علوم (از جمله فیزیک) آغاز کرد. این مسیر در واکنش به نتایج نگران‌کننده دانش‌آموزان آلمانی در مطالعات بین‌المللی مانند تیمز، ۱۹۹۵ و بعداً پیژا^۱ پایه‌گذاری شد (IEA, 1995).

از سال ۲۰۰۰ به بعد، آلمان برنامه‌ای جامع برای بازنگری در محتوای درسی، روش‌های تدریس و ارزیابی راه‌اندازی کرد. این کشور به جای تمرکز صرف بر نظریه، آموزش فیزیک را با تجربه عملی، آزمایش، مشارکت فعال و حل مسئله پیوند زد (Unesco, 2019). سیاست‌گذاران آلمانی معتقد بودند که آموزش باید به جای انتقال محفوظات، بر درک مفهومی، استدلال علمی و کار گروهی متمرکز شود.

هم‌زمان با این اصلاحات محتوایی، آلمان به سرمایه‌گذاری گسترده در زیرساخت‌های آموزشی نیز پرداخت. براساس گزارش سالانه وزارت فدرال آموزش و تحقیقات آلمان^۲، از دهه ۲۰۱۰ به بعد، سالانه بیش از ۵۰۰ میلیون یورو فقط به تجهیزات آزمایشگاهی اختصاص داده می‌شود (BMBF, 2022). این منابع به صورت هدفمند به مدرسه‌های مناطق گوناگون تخصیص یافته است تا عدالت آموزشی برقرار شود.

از دیگر اقدامات مهم آلمانی، تربیت و بازآموزی معلمان علوم بوده است. نظام آموزش معلمان در آلمان با برگزاری دوره‌های مداوم، معلمان را با روش‌های نوین تدریس، ارزشیابی کیفی و فناوری آموزشی آشنا می‌کند (OECD, 2021).

همچنین آلمان با طراحی برنامه‌هایی چون المپیادهای علمی، بازدید از مراکزهای علمی، پروژه‌های تحقیقاتی دانش‌آموزی و فرهنگ‌سازی عمومی علم تلاش کرده است علاقه نسل جدید به علوم را تقویت کند (Möller and Schäfer, 2019). به همین دلیل، امروزه فیزیک در آلمان نه تنها در سطح مدرسه‌ها بلکه در رسانه، صنعت، سیاست و جامعه نیز جایگاه ویژه‌ای یافته است.

ضرورت آموزش تطبیقی با توسعه پایدار در آموزش

آموزش تطبیقی، به عنوان رویکردی تحلیلی و مبتنی بر شواهد، امکان بررسی ساختارهای موفق آموزشی در کشورهای گوناگون و الگوبرداری هدفمند از آن‌ها را فراهم می‌کند (Schriewer, 2000). در شرایطی که نظام آموزشی ایران در حوزه‌هایی چون منابع مالی، عدالت آموزشی، روش‌های تدریس، و مهارت‌آموزی با چالش‌های گسترده مواجه است، تحلیل تطبیقی نظام‌هایی چون آموزش فیزیک در آلمان می‌تواند راهگشای اصلاح ساختاری و محتوایی باشد (Altbach and Knight, 2007).

از سوی دیگر، توسعه پایدار آموزشی بدون در نظر گرفتن تجربه‌های موفق جهانی امکان‌پذیر نیست. دستیابی به آموزش

علاقه و انگیزه بین دانش‌آموزان ایرانی است. در کشورهای توسعه‌یافته مانند آلمان، برنامه‌هایی چون جشنواره‌های علمی دانش‌آموزی، مسابقه‌های حل مسئله، المپیادهای محلی و کشوری، بازدیدهای علمی و نمایشگاه‌های فیزیک در ترویج فرهنگ علمی نقش پررنگی ایفا می‌کنند (Möller and Schäfer, 2019). این برنامه‌ها نه تنها دانش‌آموزان را به مشارکت فعال در فرایند یادگیری سوق می‌دهند، بلکه به آن‌ها فرصت می‌دهند تا استعدادهای خود را در فضایی جذاب و رقابتی بروز دهند. در مقابل، در ایران فعالیت‌های ترویجی به صورت پراکنده و محدود انجام می‌شود و معمولاً پوشش همگانی ندارد. پژوهش‌های انجام‌شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی (۱۴۰۰) نشان می‌دهند که ۹۰ درصد از دانش‌آموزان ایرانی در طول دوران تحصیل خود در هیچ برنامه علمی ترویجی منسجم در حوزه فیزیک شرکت نکرده‌اند. این کمبود موجب کاهش انگیزه، نشناختن کاربردهای فیزیک و از بین رفتن استعدادهای بالقوه شده است.

برگزاری جشنواره‌های علمی، مسابقه‌های فیزیک و بازدیدهای علمی به صورت منظم در سطح مدرسه‌ها، می‌تواند علاقه‌مندی و مشارکت فعال دانش‌آموزان در فرایند یادگیری فیزیک را افزایش دهد و فضای خشک آموزشی را تغییر دهد. این فعالیت‌ها، باید با برنامه‌ریزی دقیق و فراگیر انجام شوند تا فقط به چند مدرسه خاص محدود نشوند. همچنین حضور معلمان مشتاق و آموزش‌دیده در این برنامه‌ها می‌تواند بر ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان تأثیری مضاعف داشته باشد.

کمبود نیروی کار متخصص و نیاز به آموزش مهارت‌های نوین

در ایران، بسیاری از فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک به دلیل آموزش ندیدن مهارت‌های عملی و کاربردی، توانایی ورود به بازار کار را ندارند. براساس گزارش‌های وزارت علوم ایران، حدود ۶۰ درصد از فارغ‌التحصیلان رشته فیزیک در کشور، بلافاصله بعد از اتمام تحصیل به شغل‌های غیرمرتبط با رشته خود مشغول می‌شوند. نبود ارتباط مؤثر بین دانشگاه و صنعت باعث شده است که دانشجویان با مهارت‌های عملی موردنیاز دنیای واقعی آشنا نشوند. درحالی‌که در کشورهای پیشرفته، دانشجویان فیزیک در پروژه‌های صنعتی و تحقیقاتی مشارکت دارند و مهارت‌های لازم را برای ورود به بازار کسب می‌کنند (National Academics of Sciences, 2012).

طراحی برنامه‌های آموزشی مبتنی بر مهارت و ایجاد فرصت‌های کارآموزی در صنعت برای دانشجویان فیزیک، به آن‌ها کمک می‌کند تا علاوه بر دانش نظری، مهارت‌های موردنیاز برای ورود به بازار کار را نیز کسب کنند.

با کیفیت، فراگیر و برابری محور که از اهداف توسعه پایدار نیز محسوب می‌شود، نیازمند بهره‌گیری از سیاست‌گذاری‌های موفق و بازنگری جدید در شیوه‌های سنتی آموزشی است (Unesco, 2016). آموزش تطبیقی نه تنها شناخت واقع‌بینانه‌تری از نقاط ضعف و قوت آموزش در کشور به‌دست می‌دهد، بلکه به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا در مسیر توسعه متوازن و پایدار گام بردارند.

بنابراین، تلفیق آموزش تطبیقی با اهداف توسعه پایدار، می‌تواند برای تحول در آموزش فیزیک و سایر علوم پایه در ایران بستری فراهم آورد، که به رشد علمی، افزایش توانمندی دانش‌آموزان، و ارتباط مؤثر میان آموزش، پژوهش و بازار کار منجر خواهد شد.

در چنین مدلی، معلمان در انتقال دانش و تربیت نسل آینده نقش کلیدی دارند و باید از آموزش‌های تخصصی و بین‌المللی بهره‌مند شوند.

همچنین سیاست‌گذاران آموزشی باید با نگاهی مقایسه‌ای و آینده‌نگر، نظام آموزشی کشور را به‌سوی پویایی، انعطاف‌پذیری و عدالت علمی سوق دهند (United Nations, 2015).

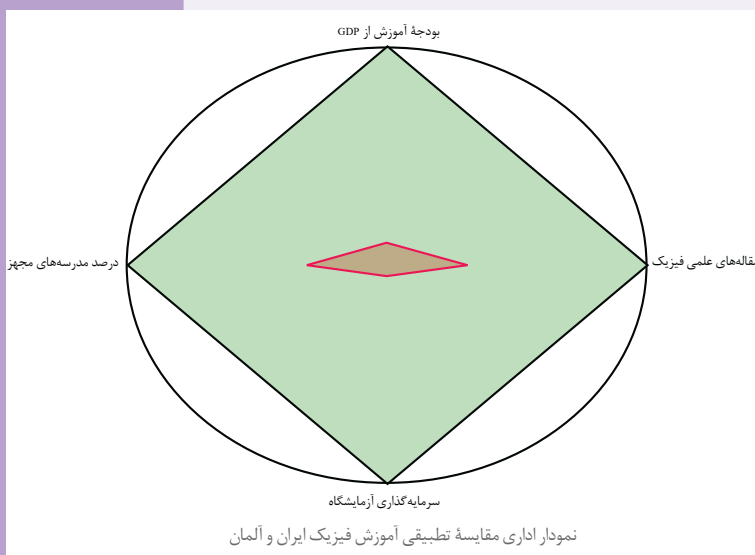
مقایسه تطبیقی

جدول ۱ به‌منظور درک عمیق‌تر تفاوت‌ها و شکاف‌های موجود میان ایران و آلمان در زمینه آموزش فیزیک تهیه شده است. این جدول با بهره‌گیری از داده‌های آماری، اطلاعات کیفی و شاخص‌های کلیدی آموزشی، نمایی کلی و جامع را از وضعیت هر دو کشور نشان می‌دهد. در این جدول تلاش شده است جنبه‌های گوناگون به‌صورت منسجم و مقایسه‌ای نمایش داده شوند تا تصویری روشن از موقعیت فعلی و مسیرهای پیشرفت فراهم شوند.

جدول ۱. مقایسه تطبیقی آموزش فیزیک ایران و آلمان

معیار	ایران	آلمان
سرمایه‌گذاری در آموزش و پژوهش (درصد GDP)	حدود ۳/۰ درصد از تولید ناخالص داخلی (۸۰۰ میلیون دلار)	حدود ۸/۲ درصد از تولید ناخالص داخلی (۱۰۰ میلیارد دلار)
تعداد مقاله‌های علمی در فیزیک	ایران در رتبه ۱۵ جهانی با حدود ۷۰۰۰ مقاله سالانه در فیزیک	آلمان در رتبه ۵ جهانی با حدود ۲۵۰۰۰ مقاله سالانه در فیزیک
میزان سرمایه‌گذاری روی تجهیزات آزمایشگاهی	حدود ۲۰ میلیون دلار سالانه برای مدرسه‌ها و دانشگاه‌ها	حدود ۵۰۰ میلیون یورو سالانه برای تجهیزات آزمایشگاهی
تعداد مدرسه‌های مجهز به آزمایشگاه	حدود ۳۰ درصد مدرسه‌ها دارای آزمایشگاه‌های کامل و پیشرفته	بیش از ۹۰ درصد مدرسه‌ها دارای آزمایشگاه‌های مجهز و پیشرفته

برای درک بهتر تفاوت‌های کلیدی بین نظام آموزش فیزیک در ایران و آلمان، داده‌های اصلی جدول مقایسه‌ای که در بخش پیشین ارائه شد، به‌صورت نمودار راداری نیز نمایش داده شده‌اند. هدف از طراحی این نمودار، ارائه تصویری ساده، شفاف و قابل‌درک از اختلاف‌ها و شکاف‌های آماری میان دو کشور در شاخص‌های کلیدی آموزشی است. این نمودار چهار بُعد اصلی آموزش فیزیک را شامل می‌شود: نسبت بودجه آموزش به تولید ناخالص داخلی (GDP)، تعداد مقاله‌های علمی منتشرشده در حوزه فیزیک، میزان سرمایه‌گذاری سالانه روی تجهیزات و زیرساخت‌های آزمایشگاهی، و درصد مدرسه‌های مجهز به آزمایشگاه‌های پیشرفته.



نتیجه‌گیری

بررسی چالش‌های آموزش فیزیک در ایران نشان می‌دهد که این حوزه با موانعی ریشه‌ای مواجه است که کیفیت یادگیری، انگیزه دانش‌آموزان، و ارتباط آموزش با نیازهای جامعه را به‌شدت تحت تأثیر قرار داده‌اند. در این مقاله تلاش



۶. دهقانی، سعید (۱۳۹۵). چالش‌های آموزش فیزیک در نظام آموزشی ایران. نشریه نوآوری در آموزش، ۷(۲)، ۴۰-۵۲.
7. OECD. (2021). Education at a Glance 2021: OECD Indicators. OECD Publishing.
۸. یوسفی، مهدی؛ شریعتی، علی (۱۴۰۲). بررسی علل ضعف دانش‌آموزان در درک مفاهیم ریاضی و تأثیر آن بر آموزش فیزیک. مجله آموزش و پرورش نوین، ۱۳(۲)، ۳۰-۱۵.
9. IEA. (2023). TIMSS 2023 International Results in Mathematics and Science
10. Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-74.
11. Sadler, D. R. (2009). Indeterminacy in the use of preset criteria for assessment and grading. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 34
۱۲. ایزدی، سمیه و همکاران (۱۴۰۱). تحلیل فضای علمی دانشگاه‌ها در ایران؛ بررسی موانع پژوهشی و آزادی علمی. پژوهش‌نامه علوم انسانی و اجتماعی، ۹(۴)، ۷۰-۵۰.
13. Altbach, Philip G. (2016). *Global Perspectives on Higher Education*. Johns Hopkins University Press.
14. SCImago Journal & Country Rank(2023) SCImago. (2023). Country Rankings. Retrieved from <https://www.scimagojr.com>
۱۵. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۴۰۱). تحلیل وضعیت عدالت آموزشی در ایران.
16. UNESCO (2022). *Global Education Monitoring Report: Inclusion and Education*.
17. Möller, J., & Schäfer, L. (2019). Science Motivation through Outreach Activities. *Journal of Science Education*, 47(3), 112-126.
۱۸. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی (۱۴۰۰). گزارش ارزشیابی برنامه‌های علمی دانش‌آموزی.
19. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2012). *Discipline-Based Education Research: Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering*. The National Academies Press.
20. IEA. (1995). *Third International Mathematics and Science Study (TIMSS 1995)*. IEA.
21. Schriewer, J. (2000). *Comparative Education Methodology in Transition: Towards Reflective Modernization*. *Comparative Education Review*, 44(4), 479-493.
22. Altbach, P. G., & Knight, J. (2007). The Internationalization of Higher Education: Motivations and Realities. *Journal of Studies in International Education*, 11(3-4), 290-305.
23. UNESCO (2016). *Education for People and Planet: Creating Sustainable Futures for All*. Paris: UNESCO.
24. United Nations. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations.
۲۵. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۴۰۲). بررسی وضعیت بودجه آموزش و پژوهش در ایران.
۲۶. وزارت آموزش و پرورش (۱۴۰۱). گزارش توسعه زیرساخت‌های آموزشی در مدارس کشور.
۲۷. سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور (۱۴۰۰). گزارش تجهیزات مدارس ایران.
28. Federal Ministry of Education and Research – BMBF (2022). *Annual Report on Science Equipment Funding in Schools*.
29. OECD (2023). *Education at a Glance 2023: OECD Indicators*.
30. European Commission. (2021). *Education and Training Monitor – Germany*.

شد با تحلیل دقیق هر چالش، راهکارهایی واقع‌بینانه و قابل اجرا پیشنهاد شود؛ راهکارهایی که با اصلاح سیاست‌ها، ارتقای روش‌های تدریس، حمایت مالی، و توجه به عدالت آموزشی می‌توانند آموزش فیزیک را از وضع موجود خارج کنند و به مسیر رشد و تحول بازگردانند.

راهکارهای ارائه‌شده، از حمایت هدفمند دولت و صنعت گرفته تا بازآموزی معلمان، از تقویت آموزش پایه تا توسعه برنامه‌های انگیزشی برای دانش‌آموزان می‌توانند در صورت اجرای هماهنگ و تدریجی، چشم‌اندازی روشن برای آموزش فیزیک در کشور ترسیم کنند. تجربه موفق آلمان نیز نشان می‌دهد با سرمایه‌گذاری برنامه‌ریزی‌شده، ایجاد پیوند میان آموزش و زندگی واقعی، و توجه به مهارت‌های عملی، می‌توان نسلی علاقه‌مند، خلاق و مجهز به دانش فیزیکی تربیت کرد. اکنون زمان آن است که نهادهای آموزشی، سیاست‌گذاران، معلمان و خانواده‌ها با پذیرش مسئولیت مشترک، مسیر تغییر را آغاز کنند تا آینده علمی کشور با تکیه بر علمی بنیادی چون فیزیک، پایه‌گذاری شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Gross Domestic Product (GDP)
2. Research and Development (R&D)
3. International Energy Agency (IEA)
4. Program for International Student Assessment (PISA)
5. BMBF
6. SDG4

منابع

۱. یحیی‌زاده، مهدی (۱۳۹۴). نقش آموزش فیزیک در توسعه پایدار. مجله آموزش فیزیک ایران، ۱۱(۲)، ۳۶-۲۵.
۲. قنبری، نسرين؛ سلیمانی، رضا (۱۳۹۸). کاربردهای علم فیزیک در زندگی روزمره. فصلنامه علوم پایه و مهندسی، ۸(۳)، ۶۸-۵۵.
۳. زارعی، محمد و همکاران (۱۳۹۶). بررسی موانع آموزش مؤثر فیزیک در مدارس متوسطه ایران. پژوهش‌نامه آموزش علوم، ۱۰(۴)، ۹۵-۱۰۸.
۴. اسدی، الهه (۱۴۰۰). نگرش معلمان و دانش‌آموزان نسبت به درس فیزیک. مجله تعلیم و تربیت، ۳۲(۲)، ۵۳-۴۱.
5. UNESCO (2019). *Science Education in Germany: Structure and Innovations*. Paris: UNESCO Publishing.

آموزش فیزیک با استفاده از راهبردهای نوآورانه برای افزایش درک مفاهیم پیچیده با تأکید بر یادگیری فعال

سیده سلمه بلاغی

کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای، دانشگاه دامغان
سرگروه فیزیک شهرستان داراب، استان فارس

سمیه حیدری

گروه علوم زمین، دانشگاه تهران، تهران

چکیده

این مقاله استفاده از بعضی روش‌های نوین و مؤثر تدریس در فیزیک را بررسی می‌کند. آموزش و یادگیری فیزیک مبتنی بر پروژه، یکی از مؤثرترین روش‌ها برای یادگیری عمیق و مفهومی است و درک مفاهیم انتزاعی و پیچیده آن همواره برای دانش‌آموزان از چالش‌های اصلی در آموزش فیزیک به‌شمار می‌رود. مفاهیمی نظیر خطوط میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی، تداخل امواج، به‌دلیل ماهیت غیرملموس و پیچیده، برای بسیاری از دانش‌آموزان قابل‌تصور نیستند. آموزش فیزیک از طریق ادغام با کاربردهای واقعی زندگی به ملموس‌تر شدن درک مفاهیم و توسعه مهارت‌های تفکر، که خود باعث تقویت تفکر انتقادی و مهارت‌های حل مسئله هستند، منجر می‌شود. همچنین باعث درک بهتری از قوانین فیزیک در دانش‌آموزان و ملموس‌تر شدن ایده‌های انتزاعی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آموزش فیزیک، روش‌های نوین، آموزش فعال، یادگیری مشارکتی

مقدمه

با ورود به عصر فناوری، نیاز به آموزش مهارت‌هایی همچون تفکر نقادانه، حل مسئله و یادگیری مستقل بیش از پیش احساس می‌شود. درس فیزیک به‌دلیل ماهیت استنتاجی و تجربی خود، بستر مناسبی برای پرورش این توانایی‌ها فراهم می‌کند؛ به‌شرطی که آموزش آن از حالت منفعل و انتقال‌محور به شیوه‌ای فعال و مشارکت‌جو تغییر یابد. آموزش فعال، دانش‌آموزان را قادر می‌سازد تا از طریق مشاهده، آزمایش، تعامل و تجربه، مفاهیم علمی را کشف و در فرایند یادگیری نقش محوری ایفا کنند. رویکردهای جدیدی برای آموزش فیزیک ظهور کرده‌اند که هدفشان تشویق مشارکت واقعی دانش‌آموزان در فرایند یادگیری و درگیری ذهنی فعال برای کمک به آن‌ها در درک مفاهیم پیچیده است. در میان این رویکردها، یادگیری فعال، مشارکتی و گروهی با استفاده از گفت‌وگو بین دانش‌آموزان یکی از مؤثرترین هاست.

هدف اصلی این مقاله، بررسی و تحلیل اثربخشی راهبردهای نوآورانه در آموزش فیزیک با تأکید بر یادگیری

امکان می‌دهد تا مفاهیم فیزیکی را در بافت‌های زندگی واقعی تجربه کنند. از مزیت‌های آن می‌توان به این موارد اشاره کرد: درک عمیق و کاربردی مفاهیم، افزایش انگیزه و مسئولیت‌پذیری، پیوند دانش نظری با مهارت‌های عملی.

یادگیری مشارکتی و مبتنی بر بحث^۲

یکی از رویکردهای اثربخش در آموزش فعال فیزیک، یادگیری گروهی و بحث‌محور است. در این روش، دانش‌آموزان در قالب تیم‌های کوچک به تحلیل مسئله، طرح سؤال‌ها، تبادل ایده‌ها و حل تعاملی مسائل علمی می‌پردازند. معلم در این فرایند به‌عنوان تسهیلگر، با طرح پرسش‌های چالش‌برانگیز، تفکر انتقادی و استدلال علمی دانش‌آموزان را برمی‌انگیزد (Johnson & Johnson, 2014).

در آموزش فیزیک، یادگیری مشارکتی و کار گروهی دقیقاً در همین چارچوب معنا پیدا می‌کند. وقتی دانش‌آموزان در گروه‌های کوچک با هم کار می‌کنند، مفاهیم را توضیح می‌دهند، درباره آن‌ها بحث می‌کنند و به حل مسئله می‌پردازند، نه تنها درک خودشان عمیق‌تر می‌شود، بلکه با گوش‌دادن به دیدگاه‌های گوناگون همسالان، شکاف‌های دانشی خود را نیز پر می‌کنند. این گفت‌وگوها، ابهامات را برطرف و به شکل‌گیری درک مشترک و دقیق‌تر از پدیده‌های فیزیکی کمک می‌کند (Johnson & Johnson, 2009). مطالعه‌ها نشان داده‌اند که این شیوه آموزشی، به شکل معناداری باعث افزایش مشارکت یادگیرندگان، رشد مهارت‌های ارتباطی و تقویت کار تیمی، و توسعه توانایی دفاع از ایده‌ها و دیدگاه‌های علمی می‌شود (Hmelo-Silver, 2004; Prince, 2004).

راهبردهای نوآورانه تدریس فیزیک با تأکید بر کار گروهی

راهبردهایی نظیر «آموزش معکوس»، «یادگیری مبتنی بر پروژه»، «بازی‌وارسازی» و استفاده از «شبیه‌سازی‌های تعاملی» می‌توانند زمینه درک عمیق‌تر مفاهیم انتزاعی را فراهم کنند. این راهبردها با بهره‌گیری از فناوری و کار تیمی، دانش‌آموز را از مصرف‌کننده صرف اطلاعات به تولیدکننده معنا تبدیل می‌کنند.

• در مدل آموزش معکوس، دانش‌آموزان ابتدا ویدئوهای مرتبط با موضوع درسی مربوطه را در خانه تماشا می‌کنند و در کلاس به حل مسائل گروهی می‌پردازند.

• در پروژه‌ای پیرامون تولید جریان برای روشن کردن لامپ، دانش‌آموزان باید یک مدل آزمایشی طراحی و شدت روشنایی آن را تحلیل کنند.

• روش‌های یادگیری مبتنی بر مسئله: چگونه مسائل

فعال، گروه‌محور و مشارکتی است؛ راهبردهایی که در پی آن هستند تا از طریق تعامل، بحث، حل مسئله گروهی و تجربه‌محوری، زمینه درک عمیق‌تر و پایدارتر مفاهیم پیچیده فیزیکی را برای دانش‌آموزان فراهم کنند. این مقاله می‌کوشد با اتکا بر شواهد نظری و تجربی، نقش و کارآمدی این روش‌ها را در مقایسه با شیوه‌های سنتی تدریس بررسی و ارزیابی کند.

مبانی نظری و یادگیری فعال گروه‌محور

براساس نظریه سازنده‌گرایی^۱ یادگیری زمانی مؤثرتر است که دانش‌آموزان خود در فرایند ساخت دانش درگیر باشند. آن‌ها دانش جدید را براساس تجربه‌های پیشین و تعامل با محیط می‌سازند. یادگیری فعال بر مشارکت ذهنی، پرسشگری، بحث و آزمون ایده‌ها در فضای گروهی تأکید دارد. به‌طور مثال، در یک فعالیت گروهی پیرامون قانون دوم نیوتن، گروه‌های دانش‌آموزی با استفاده از حسگرهای نیرو، تغییر شتاب اجسام با جرم‌های متفاوت را اندازه‌گیری می‌کنند و نتیجه‌گیری را با یکدیگر به بحث می‌گذارند. این تجربه، از طریق فعالیت و همکاری، موجب درونی‌سازی بهتر مفاهیم می‌شود. نظریه یادگیری تجربی **دیوید کلب**، نیز به‌طور مستقیم با یادگیری فعال در ارتباط است. کلب بیان می‌کند که یادگیری یک چرخه چهارمرحله‌ای است:

تجربه عینی، مشاهده تأملی، مفهوم‌سازی انتزاعی، و آزمایش فعال (Kolb, 1984). در آموزش فیزیک، این چرخه به‌معنای واقعی کلمه صدق می‌کند. دانش‌آموزان از طریق آزمایش‌ها و مشاهده‌های عملی (تجربه عینی) با پدیده‌های فیزیکی مواجه می‌شوند، سپس به تفکر و تأمل در مورد نتیجه‌ها می‌پردازند (مشاهده تأملی)، پس از آن مفاهیم و قوانین فیزیکی را استخراج می‌کنند (مفهوم‌سازی انتزاعی)، و در نهایت این مفاهیم را در موقعیت‌های جدید به کار می‌برند یا آزمایش‌های جدیدی طراحی می‌کنند (آزمایش فعال). این رویکرد پویا و چرخشی، به دانش‌آموزان امکان می‌دهد تا مفاهیم فیزیک را در بستر واقعیت تجربه کنند و نه تنها به‌خاطر بسپارند، بلکه آن‌ها را واقعاً درک کنند.

یادگیری مبتنی بر پروژه^۲

در این روش، دانش‌آموزان در قالب پروژه‌های واقعی و مسئله‌محور درگیر می‌شوند. پروژه‌ها ممکن است شامل طراحی و ساخت ابزارهای فیزیکی (مانند پل‌های مقاوم، خودروهای نیوتنی، یا سیستم‌های انرژی‌ساز)، تحلیل داده‌های تجربی، یا مدل‌سازی پدیده‌های طبیعی باشند. این رویکرد باعث تقویت مهارت‌های حل مسئله، تفکر انتقادی، خلاقیت و کار گروهی می‌شود و به دانش‌آموزان

واقعی فیزیک را به صورت گروهی حل کنند.

• **روش همتایان^۴:** نقش پرسش و پاسخ گروهی و توضیح مفاهیم به یکدیگر.

• **آزمایش‌های تعاملی گروهی:** طراحی و اجرای آزمایش‌ها به صورت گروهی، بررسی تجربی و تحلیل موردی از اجرای راهبردها در کلاس فیزیک، و تحلیل نتایج واقعی اجرای روش‌های نوین در کلاس‌های فیزیک. بررسی‌ها نشان می‌دهند یادگیری گروهی و فعالیت‌محور، میزان مشارکت، علاقه‌مندی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان را بهبود می‌بخشد. در پژوهشی تنها از معلمانی استفاده شد که روش تدریس فعال را به کار گرفتند. دانش‌آموزانی که از طریق روش فعال آموزش دیدند، پیشرفت تحصیلی بهتر و بالاتری داشتند (حامدی‌خواه، ۱۳۷۷). البته شیوه‌های آموزش مفاهیم فیزیک و کاربرد آن در زندگی به کمک معلمان برای دانش‌آموزان، زمانی کارآمدتر و فعال خواهد بود که معلم از مشارکت حداکثری دانش‌آموزان برای یادگیری در فرایند آموزش استفاده و بستر مناسبی برای این امر در کلاس فراهم کند.

همچنین استفاده از ابزارهای دیجیتالی مانند شبیه‌سازی‌ها در درک مفاهیم دشوار نظیر میدان مغناطیسی، بسیار اثربخش بوده است. به‌طور مثال، در پژوهشی در یک دبیرستان دخترانه شهرستان داراب، دو گروه از دانش‌آموزان موضوع «میدان مغناطیسی» را فرا گرفتند؛ گروه آزمایشی با آموزش مبتنی بر فعالیت‌های گروهی و انجام آزمایش، و گروه شاهد (کنترل) با روش سنتی. گروه آزمایشی در آزمون مفهومی نهایی، به‌طور معناداری عملکرد بهتری داشت.

بررسی موردی و نتیجه‌های تجربی

مطالعه‌های موردی از اجرای دو مورد از راهبردهای نوین در دو کلاس مجزای درس فیزیک واقعی دوره متوسطه دوم در دو پایه متفاوت (دهم، دوازدهم) مورد تحقیق و بررسی قرار گرفتند. **مورد اول (پایه دهم):** آزمایش‌های کتاب درسی به صورت گروهی انجام و تکرار هر آزمایش حداقل سه بار تا حصول نتیجه منطقی به‌طور عملی صورت گرفت. یادگیری عملی از مؤثرترین روش‌ها برای آموزش فیزیک است، زیرا باعث افزایش انگیزه، مشارکت و مسئولیت‌پذیری دانش‌آموزان می‌شود و به آن‌ها کمک می‌کند تا مفاهیم را در عمل تجربه کنند (جوادی بیگان، ۱۴۰۲). به‌طور مثال سرخ کردن سیب‌زمینی یا به‌طور کلی آشنایی کردن به دلیل انتقال حرارت از اجاق گاز به ماهی‌تابه با مبحث ترمودینامیک مرتبط می‌شود.

مورد دوم (پایه دوازدهم): در آموزش معکوس

موضوع‌های درسی، فیلم تهیه‌شده با استفاده از قابلیت‌های پاورپوینت به صورت پویانمایی، پرده‌نگار (اسلاید) و استفاده از شکل‌های رنگی و جذاب در گروه آموزشی مجازی قرار داده می‌شود. سپس در کلاس حضوری، ابتدا مختصری از درس مربوطه توضیح داده می‌شود و متعاقباً حل مسائل به صورت انفرادی توسط دانش‌آموزان با رعایت فاصله مشخص از یکدیگر، هم‌زمان با رفع اشکال به وسیله معلم صورت می‌پذیرد.

جدول ۱. مقایسه نمره‌های امتحان فیزیک دو کلاس دوازدهم متفاوت به دو روش سنتی و آموزش معکوس

نمره‌های امتحان فیزیک فردی به روش سنتی	نمره‌های امتحان فیزیک فردی هدف	نمره‌های امتحان فیزیک گروهی هدف	گروه دانش‌آموزان (پایه دوازدهم)
۱۴	۱۷	۱۸	گروه ۱
۱۶	۱۹		
۶	۱۴		
۱۴	۱۶		
۹	۱۲		
۱۸	۲۰	۱۷	گروه ۲
۷	۱۵		
۱۵	۱۳		
۱۱	۱۳		
۲۰	۱۶		
۱۰	۱۲	۱۹	گروه ۳
۸	۱۷		
۱۳	۱۶		
۱۱	۱۵		
۱۲	۲۰		
۱۴	۱۰	۱۶	گروه ۴
۱۶	۹		
۱۵	۲۰		
۹	۱۱		
۱۰	۱۳		

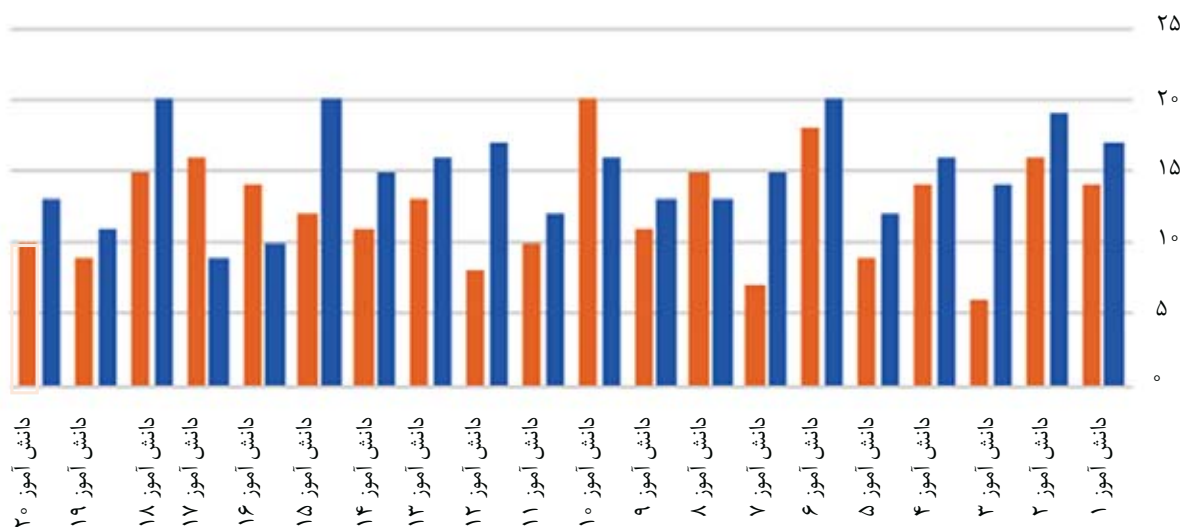


نتیجه‌گیری، کاربردها و پیشنهادها برای آینده آموزش فیزیک

نتیجه‌ها نشان می‌دهند بهره‌گیری از راهبردهای نوآورانه به‌ویژه مبتنی بر همکاری، نه تنها درک مفاهیم دشوار فیزیکی را تسهیل می‌کند، بلکه موجب ارتقای مهارت‌های نرم مانند تفکر انتقادی، ارتباط مؤثر و کار گروهی نیز می‌شود. با این حال، چالش‌هایی مانند مقاومت معلمان در برابر تغییر، کمبود منابع یا زمان، همچنان وجود دارند. یادگیری و فهمیدن مطالب مهم‌ترین و مؤثرترین هدف فعالیت آموزشی است. با توجه به تأثیر روزافزون علم فیزیک و کاربرد آن در زندگی انسان‌ها، جا دارد که برنامه‌ریزان درسی توجه ویژه‌ای را به آموزش مناسب و اثربخش این علم معطوف کنند.



نمودار ۱. مقایسه نمره‌های نهایی درس فیزیک دو کلاس متفاوت دوازدهم با دو روش تدریس سنتی و آموزش معکوس.



■ نمرات امتحان فیزیک فردی هدف

■ نمرات امتحان فیزیک فردی به روش سنتی

ing, vol. 25, no. 3-4, pp. 85-118.

3. Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379.

4. M. J. Prince, (2004). "Does active learning work? A review of the research," *Journal of Engineering Education*, vol. 93, no. 3, pp. 223-231.

5. C. E. Hmelo-Silver, (2004). "Problem-based learning: What and how do students learn?," *Educational Psychology Review*, vol. 16, no. 3, pp. 235-266.

۶. حامدی خواه، ف (۱۳۷۷). بررسی میزان استفاده معلمان از روش‌های تدریس فعال و مقایسه نتیجه‌های عملکرد آموزشی آنان در تدریس علوم تجربی دوره ابتدایی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی.

۷. جوادی بیگان، بهناز؛ امیری، سعید؛ جعفری پورمقدم، فاطمه؛ باقری، ام‌البنین (۱۴۰۲). رویکردهای نوآورانه در آموزش و پرورش، پنجمین همایش ملی پژوهش‌های حرفه‌ای در روان‌شناسی و مشاوره با رویکرد از نگاه معلم.

پیشنهاده‌ها

- طراحی دوره‌های توانمندسازی معلمان فیزیک در زمینه روش‌های نوین؛
- تجهیز کلاس‌ها به فناوری‌های آموزشی و شبیه‌سازی؛
- تدوین محتوای آموزشی متناسب با یادگیری مشارکت.

پی‌نوشت‌ها

1. Constructivism
2. Project- Based Learning (PBL)
3. Collaborative Learning
4. Peer Instruction

منابع

1. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall
2. D. W. Johnson and R. T. Johnson, (2014). "Cooperative learning: Improving university instruction by basing practice on validated theory," *Journal on Excellence in College Teach-*

هوش مصنوعی در فیزیک (مدل سازی، شبیه سازی و کشف)



زهرای حیات

گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، تهران

مسعود علی محمدی

گروه آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، تهران

مقدمه

هوش مصنوعی یکی از پیشرفته ترین شاخه های علوم رایانه ای است که به دستگاه ها و ماشین ها این قابلیت را می دهد تا بدون نیاز به برنامه نویسی دقیق، توانایی یادگیری و انجام وظایف گوناگون را داشته باشند. این فناوری با استفاده از الگوریتم ها، مدل ها و شبکه های عصبی به تحلیل داده ها و اتخاذ تصمیم های پیچیده می پردازد.

هوش مصنوعی در زمینه های گوناگونی از جمله پردازش زبان طبیعی، خودروهای خودران و حتی در حل مسائل علمی و مهندسی کاربرد دارد. سرعت پیشرفت در این حوزه، به ویژه در سال های اخیر، باعث شده است تا هوش مصنوعی به ابزاری ضروری برای حل مسائل پیچیده در بسیاری از صنایع تبدیل شود. مسائل فیزیکی شامل معادله ها، پدیده ها و سیستم هایی هستند که قوانین فیزیکی حاکم بر آن ها به طور دقیق قابل مدل سازی و پیش بینی است. از مسائل ساده مانند حرکت اجسام گرفته تا مسائل پیچیده تر در حوزه های مکانیک کوانتومی، ترمودینامیک، الکترومغناطیس و... فیزیک به دنبال درک و توضیح چگونگی رفتار جهان طبیعی است. حل این مسائل می تواند به کمک مدل های ریاضی و شبیه سازی های

چکیده

هوش مصنوعی در سال های اخیر تحولی شگرف در بسیاری از زمینه ها ایجاد کرده است و یکی از مهم ترین کاربردهای آن، حل مسائل فیزیکی است. این مقاله به بررسی نقش هوش مصنوعی در تحلیل و حل مسائل پیچیده فیزیکی می پردازد. هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم های پیشرفته یادگیری ماشین و شبکه های عصبی، قادر است تا معادله های پیچیده فیزیکی را تحلیل کند و به سرعت به نتیجه های دقیق برسد. علاوه بر این، شبیه سازی های تعاملی و مدل سازی های مبتنی بر هوش مصنوعی به دانشمندان و مهندسان کمک می کند تا مسائل فیزیکی متفاوت را در محیط های پیچیده و غیرقابل مشاهده آزمایش کنند. این مقاله همچنین به بررسی ابزارهای گوناگون مبتنی بر هوش مصنوعی، که برای آموزش و حل مسائل فیزیکی استفاده می شوند، می پردازد. در نهایت، چالش ها و فرصت های استفاده از هوش مصنوعی در فیزیک را بررسی می کند و به آینده این فناوری در این حوزه اشاره خواهد کرد.

کلیدواژه ها: هوش مصنوعی، فیزیک، مسئله، فناوری، شبکه، ماشین، برنامه کاربردی

پیچیده انجام شود، اما بسیاری از مسائل فیزیکی به دلیل پیچیدگی‌های ذاتی یا مقیاس‌های بزرگ، برای حل به شیوه‌های سنتی بسیار چالش برانگیز هستند. ترکیب هوش مصنوعی با مسائل فیزیکی یک انقلاب در حل چالش‌های پیچیده علمی ایجاد کرده است.

الگوریتم‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی، قادرند الگوهای پیچیده در داده‌های فیزیکی را شناسایی کنند و پیش‌بینی‌های دقیقی ارائه دهند. این ترکیب نه تنها توانسته سرعت و دقت حل مسائل فیزیکی را به‌طرز چشمگیری افزایش دهد، بلکه در شبیه‌سازی‌های پیچیده، طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌های عظیم نیز تحول بزرگی ایجاد کرده است. در چندین سال اخیر، مقاله‌های علمی متعددی به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در حل مسائل فیزیکی پرداخته‌اند. این مقاله‌ها معمولاً به دو بخش اصلی تقسیم می‌شوند، استفاده از هوش مصنوعی برای حل معادله‌های فیزیکی پیچیده و استفاده از آن در شبیه‌سازی و مدل‌سازی سیستم‌های فیزیکی (Walecka, 2022).

یکی دیگر از زمینه‌های تحقیقاتی در این حوزه استفاده از هوش مصنوعی برای پردازش داده‌های آزمایشگاهی و بهبود دقت نتیجه‌های تجربی است. مقاله‌های گوناگون به نحوه استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش‌ها و استخراج الگوهای جدید در مسائل فیزیکی پرداخته‌اند (www.deeplook.ir). این روند به‌ویژه در فیزیک مواد و فیزیک هسته‌ای کاربرد دارد. در مجموع، مقاله‌های علمی در این حوزه نشان می‌دهند که استفاده از هوش مصنوعی در فیزیک نه تنها موجب افزایش سرعت و دقت در حل مسائل فیزیکی می‌شود، بلکه زمینه‌های جدیدی را برای تحقیقات و کاربردهای فیزیکی ایجاد کرده است. در این مقاله قرار است به تأثیر و کارکرد هوش مصنوعی در فیزیک و چگونگی تحلیل داده‌های فیزیکی در حل مسائل آن با استفاده از هوش مصنوعی بپردازیم.

تأثیر هوش مصنوعی بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی مسائل فیزیکی

هوش مصنوعی به‌طور فزاینده‌ای در مدل‌سازی و شبیه‌سازی مسائل فیزیکی کاربرد پیدا کرده است و در این زمینه تأثیر زیادی داشته است. این تأثیرها را می‌توان در چندین جنبه گوناگون مشاهده کرد:

اول، شبیه‌سازی‌های پیچیده‌تر و سریع‌تر: در بسیاری از مسائل فیزیکی، به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند دینامیک سیالات، فیزیک ذرات و فیزیک کوانتومی، شبیه‌سازی‌های دقیق نیاز به محاسبات سنگین و زمان‌بر دارند. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند به تسریع این شبیه‌سازی‌ها کمک کنند و حتی در

برخی موارد به جای استفاده از روش‌های سنتی، مدل‌های مبتنی بر داده ایجاد کنند که سریع‌تر عمل کنند. مثلاً، در شبیه‌سازی‌های دینامیک سیالات، استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی رفتار مایعات می‌تواند سرعت محاسبات را به‌طور چشمگیری افزایش دهد.

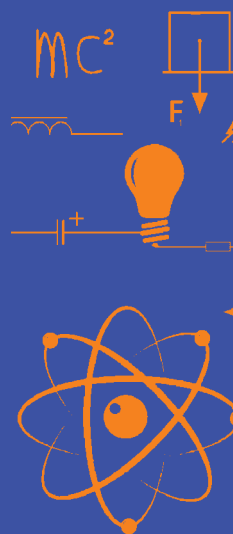
دوم، بهینه‌سازی و کشف مدل‌های جدید: در بسیاری از حوزه‌های فیزیک، بهینه‌سازی و کشف مدل‌های جدید یکی از چالش‌های اصلی است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند به‌طور خودکار پارامترهای بهینه را برای مدل‌های فیزیکی جست‌وجو کنند و حتی مدل‌های جدیدی را پیشنهاد دهند که به‌خوبی رفتار سیستم‌های فیزیکی را توصیف کنند. برای مثال استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای بهینه‌سازی طراحی‌ها در سیستم‌های فیزیکی مانند موتورهای فضاپیما یا قطارهای فوق سریع.

سوم، پردازش داده‌های پیچیده و بزرگ: داده‌های تجربی و آزمایشگاهی که در بسیاری از زمینه‌های فیزیک جمع‌آوری می‌شوند معمولاً بسیار پیچیده‌اند و حجم زیادی دارند. هوش مصنوعی و به‌ویژه یادگیری ماشین به تحلیل و استخراج اطلاعات مفید از این داده‌های پیچیده کمک می‌کنند. برای مثال، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند به شناسایی الگوهای پنهان در داده‌ها و استخراج نتایج مهم کمک کند. مثلاً در رصدخانه‌های نجومی، هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل داده‌های رصدی استفاده می‌شود تا شواهد جدیدی از رویدادهای نجومی را شبیه‌سازی یا پیش‌بینی کند.

چهارم، پیش‌بینی و شبیه‌سازی فرایندهای کوانتومی: در فیزیک کوانتومی، برخی مسائل به دلیل پیچیدگی‌های محاسباتی، به‌ویژه در مقیاس‌های بزرگ‌تر یا در زمان‌های طولانی، بسیار دشوار است. هوش مصنوعی به کمک روش‌هایی مانند الگوریتم‌های شبکه عصبی و یادگیری عمیق می‌تواند در شبیه‌سازی این فرایندها کمک کند و مدل‌های دقیق‌تری را پیشنهاد دهد. مثلاً، پیش‌بینی ویژگی‌های سیستم‌های کوانتومی پیچیده (www.press.araku.ac.ir) مانند سیستم‌های چندذره‌ای، برنامه پیشنهادی در این زمینه کامسول است. کامسول یک نرم‌افزار شبیه‌سازی است که می‌تواند به کمک الگوریتم‌های هوش مصنوعی به مدل‌سازی و شبیه‌سازی مسائل فیزیکی پیچیده بپردازد. این نرم‌افزار به شما این امکان را می‌دهد که از داده‌های بزرگ استفاده کنید و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری انجام دهید.

هوش مصنوعی و نقش آن در حل معادله‌های دیفرانسیل در فیزیک

معادله‌های دیفرانسیل به‌عنوان ابزارهای ریاضیاتی برای



مدل‌سازی بسیاری از پدیده‌های طبیعی از جمله حرکت، گرما، الکتریسیته و بسیاری دیگر از پدیده‌های فیزیکی استفاده می‌شوند. اولین نکته این است که معادله‌های دیفرانسیل معمولاً به صورت تحلیلی قابل حل نیستند و به همین دلیل از روش‌های عددی مانند روش‌های تفاضل محدود و غیره برای حل آن‌ها استفاده می‌شود. در برخی از تحقیقات، از شبکه‌های عصبی به عنوان روشی برای یافتن تقریبی مناسب برای حل معادله‌های دیفرانسیل استفاده شده است. این شبکه‌ها قادرند ویژگی‌های پیچیده معادله‌ها را شبیه‌سازی کنند. دومین نکته، هوش مصنوعی می‌تواند به طور اکتشافی راه‌حل‌هایی برای معادله‌های دیفرانسیل پیدا کند که حتی انسان‌ها قادر به یافتن آن‌ها نیستند. این روش‌ها می‌توانند شامل جست‌وجوی راه‌حل‌های دقیق‌تر برای معادله‌های پیچیده‌تر یا یافتن الگوهایی در مجموعه‌های بزرگ داده‌ها باشند.

سومین نکته، در حل معادله‌های دیفرانسیل، از فن‌های (تکنیک‌های) یادگیری تقویتی برای حل مسائل پیچیده‌تر مانند بهینه‌سازی و بهبود الگوریتم‌های عددی استفاده می‌شود. در اینجا، عامل هوش مصنوعی با آزمون و خطا یاد می‌گیرد که چگونه بهترین راه حل را برای مسئله ارائه دهد. برنامه پیشنهادی در این زمینه دیپ‌ایکس‌دی‌ای^۱ است که یک کتابخانه برای یادگیری عمیق است و می‌تواند برای حل معادله‌های دیفرانسیل در فیزیک و علوم مهندسی استفاده شود. این کتابخانه به کمک شبکه‌های عصبی می‌تواند معادله‌های دیفرانسیل پیچیده را بدون نیاز به حل تحلیلی محاسبه کند.

هوش مصنوعی در کشف قوانین فیزیکی ناشناخته (از داده‌های بزرگ تا مدل‌های جدید)

در دنیای امروز، حجم بسیار زیادی از داده‌های فیزیکی، از آزمایش‌ها، شبیه‌سازی‌ها و مشاهده‌ها به دست می‌آید. این داده‌ها می‌توانند پیچیده و پراکنده باشند و استخراج الگوهای مفید از آن‌ها برای کشف قوانین فیزیکی جدید می‌تواند چالش برانگیز باشد. هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین، به ویژه یادگیری عمیق، قادر است تا از این داده‌ها، الگوهای پیچیده‌ای استخراج کند. مثلاً در رصدهای نجومی؛ داده‌های به دست آمده از تلسکوپ‌ها و رصدخانه‌ها می‌توانند حاوی الگوهای ناشناخته‌ای باشند. هوش مصنوعی می‌تواند این داده‌ها را تحلیل کند و به کشف پدیده‌های جدید، مانند ستارگان جدید یا مواد تاریک، کمک کند. همچنین کاربردهای زیادی در شکارات سیارات، امواج گرانشی، آسمان در حال تغییر و همگرایی گرانشی دارد (www.iraninfuturist.com).

هوش مصنوعی می‌تواند به کشف مدل‌های ریاضی جدید برای توصیف پدیده‌های فیزیکی کمک کند. الگوریتم‌های

هوش مصنوعی، به ویژه یادگیری ماشین تابعی، می‌توانند مدل‌های ریاضی جدیدی را برای فرایندهای فیزیکی از داده‌های آزمایشی و شبیه‌سازی‌ها استخراج کنند. به طور مثال مدل‌سازی سیستم‌های غیرخطی: در بسیاری از مسائل فیزیکی، سیستم‌های غیرخطی به طور مستقیم قابل مدل‌سازی نیستند. هوش مصنوعی می‌تواند روابط پیچیده و ناشناخته میان متغیرهای گوناگون را شناسایی و مدل‌هایی را برای این سیستم‌ها ایجاد کند. هوش مصنوعی به ویژه در پیش‌بینی رفتار سیستم‌ها کاربرد دارد. سیستم‌های فیزیکی پیچیده ممکن است تعداد زیادی متغیر داشته باشند که تعامل‌های آن‌ها در سطح ریزمقیاس (میکروسکوپی) یا کلان (ماکروسکوپی) به راحتی قابل پیش‌بینی نیستند. از این رو، هوش مصنوعی می‌تواند در پیش‌بینی وضعیت آینده سیستم‌های فیزیکی که برای مدل‌سازی نیاز به داده‌های زیادی دارند، کمک کند. به طور مثال، پیش‌بینی وضعیت جوی: هوش مصنوعی می‌تواند به شبیه‌سازی و پیش‌بینی وضعیت جوی با دقت بالاتر از روش‌های معمول کمک کند. این شامل پیش‌بینی‌های مربوط به طوفان‌ها، بارش‌ها، و تغییرات آب‌وهوایی است. همچنین، پیش‌بینی فرایندهای فیزیکی در مواد جدید: هوش مصنوعی می‌تواند به پیش‌بینی خواص مواد جدید (مانند مواد نیمه‌هادی یا مواد نانو) براساس ویژگی‌های ریزمقیاس آن‌ها کمک کند. می‌توان از هوش مصنوعی برای کشف روابط ناشناخته بین متغیرها و حتی کشف قوانین جدید فیزیکی استفاده کرد. این به ویژه در زمینه‌هایی مانند فیزیک ذرات، فیزیک ماده چگال و فیزیک نظری مفید است. هوش مصنوعی با شناسایی الگوهای پنهان و روابط میان داده‌ها، می‌تواند به فیزیک دانان در کشف قوانین جدید کمک کند که حتی ممکن است تاکنون در نظر گرفته نشده باشند. به طور مثال، کشف نظریه‌های جدید در فیزیک: هوش مصنوعی می‌تواند به کشف روابط جدید در فیزیک ذرات، مانند رفتارهای پیچیده ذرات زیراتمی که از طریق مدل‌های کلاسیک قابل توضیح نیستند، کمک کند. همچنین می‌تواند به شناخت سیستم‌های فیزیکی پیچیده مانند سیالات، گازها یا سیستم‌های زیستی‌ای (بیولوژیکی) که ممکن است حاوی ویژگی‌های ناشناخته باشند، کمک کند. هوش مصنوعی می‌تواند این ویژگی‌های ناشناخته را شناسایی کند و حتی روش‌هایی برای شبیه‌سازی رفتار این سیستم‌ها ایجاد کند.

به طور مثال، شبیه‌سازی جریان‌های سیال: با استفاده از هوش مصنوعی، می‌توان جریان‌های سیال پیچیده را شبیه‌سازی کرد و ویژگی‌های ناشناخته آن‌ها را استخراج کرد که در مدل‌های سنتی قابل شبیه‌سازی نبوده‌اند. برنامه پیشنهادی در این زمینه سکوهای هوش مصنوعی گوگل/پای‌تورچ است. این ابزارها می‌توانند در کشف الگوهای جدید

در داده‌های فیزیکی بزرگ کمک کنند. با استفاده از این سکوها می‌توان مدل‌های پیچیده‌ای را برای کشف قوانین ناشناخته در فیزیک توسعه داد.

کاربرد شبکه‌های عصبی در حل مسائل بهینه‌سازی در فیزیک

شبکه‌های عصبی در حل مسائل بهینه‌سازی در فیزیک کاربردهای زیادی دارند، زیرا می‌توانند به مدل‌سازی، شبیه‌سازی و جست‌وجوی بهینه‌تری برای مسائلی که پیچیدگی‌های زیاد یا رفتار غیرخطی دارند، کمک کنند. اول، در بسیاری از مسائل فیزیک، یافتن مقادیر بهینه برای پارامترها به منظور تطبیق مدل‌های فیزیکی با داده‌های تجربی یک چالش بزرگ است. شبکه‌های عصبی می‌توانند برای بهینه‌سازی این پارامترها به‌طور خودکار و کارآمد استفاده شوند. به عنوان مثال، در شبیه‌سازی رفتار مواد، شبکه‌های عصبی می‌توانند پارامترهای مربوط به خواص مواد مانند رسانایی یا ضریب انبساط حرارتی را بهینه‌سازی کنند. دوم، شبکه‌های عصبی می‌توانند برای شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده فیزیکی که شامل تعامل‌های غیرخطی یا تعامل‌های بسیار زیاد بین ذرات هستند، استفاده شوند. به عنوان مثال، در دینامیک مولکولی یا سیستم‌های فازی، شبکه‌های عصبی می‌توانند به شبیه‌سازی دقیق‌تری بپردازند (Goodfellow & et al., 2016) و از آن برای بهینه‌سازی ویژگی‌های سیستم مانند انرژی کل یا خواص مواد استفاده کنند.

سوم، در بسیاری از مدل‌های فیزیکی، تعیین شرایط اولیه مناسب برای شروع شبیه‌سازی بسیار اهمیت دارد. شبکه‌های عصبی می‌توانند برای پیش‌بینی شرایط اولیه بهینه برای شبیه‌سازی‌هایی مانند دینامیک سیستم‌های چندذره‌ای یا شبیه‌سازی‌های ترمودینامیکی استفاده شوند.

چهارم، در بسیاری از مشکلات بهینه‌سازی فیزیکی، هدف این است که یک تابع هدف (مثلاً انرژی کل سیستم) را حداقل یا حداکثر کنیم. شبکه‌های عصبی، به‌ویژه از طریق روش‌های یادگیری تقویتی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی مبتنی بر یادگیری عمیق، می‌توانند برای یافتن بهینه‌ترین راهبردها (استراتژی‌ها) و پارامترهای سیستم‌ها به کار روند.

پنجم، در طراحی مواد نوین، شبکه‌های عصبی می‌توانند برای پیش‌بینی و بهینه‌سازی خواص مواد مانند رسانایی حرارتی، استحکام مکانیکی، و ویژگی‌های الکتریکی یا نوری استفاده شوند. این فرایند به‌طور خاص در علم مواد و مهندسی مواد اهمیت دارد، جایی که به دنبال یافتن ترکیب‌های بهینه برای دستیابی به خواص مورد نظر هستیم. برنامه پیشنهادی در

این زمینه آپتونا^۲ است. این برنامه یک ابزار یادگیری ماشین است که برای بهینه‌سازی پارامترها و حل مسائل بهینه‌سازی در فیزیک (مانند بهینه‌سازی طراحی سیستم‌های مکانیکی یا مسیرهای پرتوهای نوری) به کار می‌رود.

تحلیل داده‌های فیزیکی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین

تحلیل داده‌های فیزیکی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین به معنای استفاده از فن‌ها (تکنیک‌ها) و مدل‌های یادگیری ماشین برای استخراج اطلاعات و پیش‌بینی‌های مفید از داده‌های فیزیکی است. در این فرایند، داده‌های اندازه‌گیری‌شده از آزمایش‌های فیزیکی یا شبیه‌سازی‌ها، به مدل‌های یادگیری ماشین تغذیه می‌شوند تا از الگوها و روابط پنهان در آن‌ها بهره‌برداری شود. این روش‌ها می‌توانند در زمینه‌های گوناگونی مانند فیزیک ذرات، فیزیک مواد، فیزیک نجومی و حتی شبیه‌سازی‌های پیچیده‌تر در علوم مهندسی کاربرد داشته باشند. در اینجا، به توضیح برخی از مراحل و کاربردهای آن می‌پردازیم.

مراحل تحلیل داده‌های فیزیکی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین

۱. **جمع‌آوری داده‌ها:** در ابتدا، داده‌های فیزیکی از آزمایش‌ها یا شبیه‌سازی‌ها جمع‌آوری می‌شوند. این داده‌ها می‌توانند شامل مقادیر گوناگونی از پارامترهای فیزیکی مانند دما، فشار، انرژی، موقعیت ذرات، سرعت و غیره باشند.

۲. **پیش‌پردازش داده‌ها:** داده‌ها معمولاً نیاز به پیش‌پردازش دارند. این مراحل شامل حذف نویز، بهنجار (نرمال) سازی داده‌ها، پرکردن داده‌های گمشده، و تبدیل داده‌ها به قالبی است که برای الگوریتم‌های یادگیری ماشین قابل استفاده باشند.

۳. **انتخاب ویژگی‌ها:** انتخاب ویژگی‌های مناسب و حذف ویژگی‌های غیرضروری یا زائد برای کاهش پیچیدگی مدل و بهبود دقت پیش‌بینی بسیار مهم است.

۴. **انتخاب مدل یادگیری ماشین:** در این مرحله، الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند رگرسیون خطی، درخت‌های تصمیم، شبکه‌های عصبی، ماشین بردار پشتیبانی (اس‌وی‌ام)^۴، و الگوریتم‌های خوشه‌بندی انتخاب می‌شوند. انتخاب مدل بستگی به نوع مسئله و پیچیدگی داده‌ها دارد.

الگوریتم‌های محبوب در تحلیل داده‌های فیزیکی عبارت‌اند از: رگرسیون خطی و رگرسیون چندجمله‌ای که برای پیش‌بینی مقادیر عددی از داده‌ها استفاده می‌شوند،



درخت تصمیم و جنگل تصادفی برای مدل‌سازی روابط پیچیده و غیرخطی بین ویژگی‌ها، شبکه‌های عصبی برای مسائل پیچیده‌تر و داده‌های بزرگ که به مدل‌های غیرخطی نیاز دارند، ماشین بردار پشتیبانی برای مسائل طبقه‌بندی و پیش‌بینی در فضاهای ویژگی‌های بزرگ، الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای شناسایی الگوها و گروه‌های داده‌ای مشابه و آموزش مدل که مدل انتخاب‌شده با استفاده از داده‌های آموزشی آموزش داده می‌شود. در این مرحله، مدل یاد می‌گیرد که چگونه به ورودی‌های گوناگون پاسخ دهد و بهترین پیش‌بینی‌ها را انجام دهد.

۵. ارزیابی مدل: پس از آموزش مدل، عملکرد آن با استفاده از داده‌های آزمایشی ارزیابی می‌شود. معیارهای گوناگونی مانند دقت، خطای میانگین مربعات و منحنی، می‌توانند برای ارزیابی مدل استفاده شوند.

۶. پیش‌بینی و تحلیل نتیجه‌ها: پس از ارزیابی مدل، از آن برای پیش‌بینی رفتارهای فیزیکی در شرایط متفاوت یا برای شبیه‌سازی وضعیت‌های پیچیده‌تر استفاده می‌شود. برنامه پیشنهادی در این زمینه سایکیت‌لرن^۵ است، که یک کتابخانه محبوب برای یادگیری ماشین است و می‌تواند برای تحلیل و استخراج ویژگی‌های مهم از داده‌های آزمایشگاهی و مشاهده‌ای در فیزیک استفاده شود.

هوش مصنوعی و آزمایش‌های فیزیکی تحلیل داده‌ها تا طراحی آزمایش‌ها

هوش مصنوعی و آزمایش‌های فیزیکی در تحلیل داده‌ها و طراحی آزمایش‌ها نقش بسیار مهمی دارند. این فرایندها به‌طور خاص در حوزه‌های گوناگون علمی و صنعتی به کمک تحلیل داده‌ها، شبیه‌سازی، و بهینه‌سازی آزمایش‌ها و سیستم‌ها می‌آیند. در ادامه، هر یک از این جنبه‌ها را توضیح می‌دهیم:

۱. هوش مصنوعی در تحلیل داده‌ها: با افزایش داده‌های شما کاوش داده‌ها سخت‌تر و وقت‌گیرتر می‌شود. تجزیه و تحلیل داده‌های هوش مصنوعی از فن‌های (تکنیک‌های) گوناگون هوش مصنوعی برای به‌دست‌آوردن بینش‌های ارزشمند از حجم زیادی از داده‌ها استفاده می‌کند (www.behfablab.com).

هوش مصنوعی به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی، و دیگر روش‌های (تکنیک‌های) پیشرفته قادر است حجم زیادی از داده‌های پیچیده را تحلیل و الگوهای معناداری از آن‌ها استخراج کند. این فرایند در آزمایش‌های فیزیکی، به‌ویژه در زمانی که داده‌ها به شکل حجیم و پیچیده هستند، بسیار کاربردی است. در تحلیل داده‌های آزمایشی، مدل‌های یادگیری نظارت‌شده می‌توانند

برای پیش‌بینی نتایج بر اساس داده‌های ورودی استفاده شوند، درحالی‌که مدل‌های یادگیری غیرنظارت‌شده به کشف الگوهای پنهان و ساختار داده‌ها می‌پردازند. همچنین، در آزمایش‌های فیزیکی، هوش مصنوعی می‌تواند به پیش‌بینی نتایج آزمایش‌ها براساس داده‌های موجود کمک کند. این پیش‌بینی‌ها می‌توانند به محققان کمک کنند تا تصمیم‌های بهتری در طراحی آزمایش‌های آینده بگیرند.

۲. آزمایش‌های فیزیکی: آزمایش‌های فیزیکی به‌منظور درک و تأیید فرضیه‌های علمی انجام می‌شوند. این آزمایش‌ها می‌توانند به انواع گوناگونی تقسیم شوند، از جمله آزمایش‌های آزمایشگاهی، آزمایش‌های میدانی، و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری. داده‌های حاصل از این آزمایش‌ها برای تأیید یا رد نظریه‌های علمی استفاده می‌شوند. برای آزمایش‌های فیزیکی که انجام آن‌ها به دلایل هزینه یا محدودیت‌های فنی دشوار است، می‌توان از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای استفاده کرد. این شبیه‌سازی‌ها می‌توانند رفتار سیستم‌های پیچیده را مدل‌سازی کنند.

۳. تحلیل داده‌ها در آزمایش‌های فیزیکی: پس از انجام آزمایش‌های فیزیکی، داده‌های حاصل باید تحلیل شوند. این تحلیل‌ها شامل مراحل گوناگونی هستند که هوش مصنوعی می‌تواند در آن‌ها دخیل باشد. **اول، پردازش داده‌ها:** در ابتدا داده‌ها باید تمیز و پردازش شوند تا خطاهای احتمالی اصلاح و اطلاعات مهم استخراج شود. **دوم، مدل‌سازی داده‌ها:** مدل‌سازی ریاضی و آماری می‌تواند برای تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی نتایج استفاده شود. الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند در این مرحله برای شبیه‌سازی و تجزیه و تحلیل دقیق‌تر داده‌ها کمک کنند. **سوم، آزمایش‌های بهینه‌سازی:** با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان آزمایش‌ها را بهینه‌سازی کرد، یعنی انتخاب شرایط و پارامترهای آزمایش به‌گونه‌ای که بهترین نتایج را بدهند. **چهارم، طراحی آزمایش‌ها با استفاده از هوش مصنوعی:** یکی از مزیت‌های استفاده از هوش مصنوعی در طراحی آزمایش‌ها، بهینه‌سازی فرایند طراحی و کاهش تعداد آزمایش‌های مورد نیاز برای رسیدن به نتیجه‌های مطلوب است.

در این بخش، هوش مصنوعی می‌تواند در چنین مواردی کمک کند: **۱. بهینه‌سازی پارامترهای آزمایش:** به‌جای انجام آزمایش‌های زیادی برای یافتن شرایط بهینه، الگوریتم‌های هوش مصنوعی پارامترهایی را که بیشترین تأثیر را بر نتیجه دارند، شناسایی کنند. **۲. پیش‌بینی نتایج آزمایش:** با استفاده از داده‌های قبلی، مدل‌های هوش مصنوعی می‌توانند پیش‌بینی کنند کدام تنظیمات آزمایشی ممکن است بهترین نتیجه‌ها را ایجاد کنند. **۳. کاهش هزینه‌ها و زمان:** هوش مصنوعی می‌تواند فرایند طراحی

آزمایش‌ها را سرعت ببخشد و هزینه‌ها را کاهش دهد، زیرا نیاز به آزمایش‌های فیزیکی کمتری است.

برنامه پیشنهادی در این زمینه لب‌ویو + یادگیری ماشین (ماشین‌لرنینگ) است، که یک سکو برای طراحی آزمایش‌های فیزیکی و تحلیل داده‌ها است و می‌تواند به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای بهبود طراحی آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شود.

آینده هوش مصنوعی در حل مشکل‌های معادله‌های حرکت در فیزیک کلاسیک و کوانتومی

آینده هوش مصنوعی در حل مشکل‌های معادله‌های حرکت در فیزیک کلاسیک و کوانتومی به‌طور چشمگیری تحول خواهد داشت و به محققان ابزارهای جدید و قدرتمندی برای تحلیل و شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده فیزیکی ارائه می‌دهد.

در ادامه، به نقش هوش مصنوعی در هر دو زمینه فیزیک کلاسیک و کوانتومی و چگونگی تأثیر آن بر حل معادله‌های حرکت می‌پردازیم.

۱. هوش مصنوعی در فیزیک کلاسیک: در فیزیک کلاسیک، معادله‌های حرکت معمولاً توسط معادله‌های دیفرانسیل نیوتن، لاگرانژ یا هامیلتون توصیف می‌شوند. این معادله‌ها برای سیستم‌های ساده و متوسط قابل حل هستند، اما وقتی سیستم‌ها پیچیده‌تر شوند (مثل سیستم‌های چندذره‌ای یا سیستم‌های غیرخطی)، حل آن‌ها دشوار می‌شود.

اول، شبیه‌سازی سریع‌تر و دقیق‌تر: هوش مصنوعی می‌تواند شبیه‌سازی‌های پیچیده‌ای را که نیاز به حل عددی معادله‌های دیفرانسیل دارند، سریع‌تر و دقیق‌تر انجام دهد. الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به‌ویژه شبکه‌های عصبی، می‌توانند به‌عنوان ابزارهایی برای تقریب حل معادله‌های حرکت در سیستم‌های پیچیده عمل کنند.

دوم، الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای حل معادله‌ها: هوش مصنوعی می‌تواند در طراحی الگوریتم‌های بهینه برای حل معادله‌های حرکت کمک کند. به‌ویژه، الگوریتم‌های تکاملی و بهینه‌سازی ذرات می‌توانند برای پیدا کردن شرایط بهینه در مسائل پیچیده و سیستم‌های دینامیکی غیرخطی استفاده شوند.

سوم، مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده: به‌جای حل دقیق معادله‌های حرکت، هوش مصنوعی می‌تواند به شبیه‌سازی رفتار سیستم‌های پیچیده بپردازد و با استفاده از داده‌های آزمایشی، مدل‌هایی بسازد که رفتار سیستم را با دقت زیادی پیش‌بینی کنند.

۲. هوش مصنوعی در فیزیک کوانتومی (Goodfellow)

(2016, et al.): در فیزیک کوانتومی، معادله‌های حرکت پیچیده‌تر می‌شوند. معادله شرودینگر برای سیستم‌های کوانتومی در اکثر مواقع نیاز به حل دقیق ندارد و به روش‌های تقریب عددی وابسته است. هوش مصنوعی می‌تواند این روش‌ها را بهبود بخشد و راه‌حل‌های جدیدی برای مسائل کوانتومی ارائه دهد.

اول، حل معادله شرودینگر با شبکه‌های عصبی: یکی از چالش‌های اصلی در فیزیک کوانتومی حل معادله شرودینگر برای سیستم‌های چندذره‌ای است که نیاز به محاسبه‌های سنگین و پیچیده دارد. هوش مصنوعی، به‌ویژه یادگیری عمیق، می‌تواند به‌سرعت و دقت زیادی این معادله‌ها را حل کند و پیش‌بینی‌هایی برای سیستم‌های کوانتومی پیچیده ارائه دهد.

دوم، شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی: هوش مصنوعی می‌تواند برای شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی پیچیده‌ای که محاسبه رفتار آن‌ها با روش‌های کلاسیک زمان‌بر است، استفاده شود. همچنین، هوش مصنوعی می‌تواند برای شبیه‌سازی مواد کوانتومی و رفتار ذرات در شرایط خاص مفید باشد.

سوم، الگوریتم‌های یادگیری برای کشف ویژگی‌های کوانتومی: یکی دیگر از کاربردهای هوش مصنوعی در فیزیک کوانتومی کشف ویژگی‌های جدید سیستم‌های کوانتومی است. به‌عنوان مثال، شبکه‌های عصبی می‌توانند برای شناسایی و پیش‌بینی خواص جدید مواد کوانتومی یا پدیده‌های عجیب دیگر مورد استفاده قرار گیرند.

چهارم، توسعه الگوریتم‌های کوانتومی: هوش مصنوعی می‌تواند در توسعه الگوریتم‌های کوانتومی نیز کمک کند. به‌طور خاص، الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند به جست‌وجوی الگوریتم‌های کوانتومی جدید برای حل مسائل دشوار کمک کنند. این شامل کشف الگوریتم‌هایی برای شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی یا جست‌وجوی بهترین روش‌ها برای حل معادله‌های کوانتومی پیچیده است.

دستگاه‌های کوانتومی و یادگیری ماشین: در آینده، هوش مصنوعی می‌تواند با استفاده از دستگاه‌های کوانتومی برای بهبود سرعت و دقت پردازش داده‌ها ترکیب شود. این ترکیب می‌تواند به حل سریع‌تر و دقیق‌تر معادله‌های حرکت کوانتومی کمک کند و روش‌های جدیدی را برای شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی پیچیده ارائه دهد. برنامه پیشنهادی در این زمینه اپن‌ای‌جیم + فیزیکس انجین^۷ است، که می‌تواند برای شبیه‌سازی مسائل پیچیده در فیزیک کلاسیک و کوانتومی استفاده شود. این ابزار می‌تواند به کمک فیزیک‌موتورها مدل‌های فیزیکی حرکت ذرات و سیستم‌های پیچیده را شبیه‌سازی کند.



برنامه‌های هوش مصنوعی برای استفاده رایگان دانش آموزان

برای دانش آموزان، چندین برنامه هوش مصنوعی و ابزار رایگان وجود دارد که می‌توانند در حل مسائل فیزیکی از آن‌ها کمک بگیرند. این ابزارها به دانش آموزان این امکان را می‌دهند تا مفاهیم فیزیکی را بهتر درک و مسائل را به صورت رایگان حل کنند.

۱. **جوجو جبر**^۱: این ابزار کاملاً رایگان است و برای حل مسائل ریاضی و فیزیک مناسب است. شما می‌توانید از آن برای شبیه‌سازی مسائل فیزیکی، ترسیم نمودارها و انجام محاسبات استفاده کنید. همچنین، این برنامه محیطی تعاملی دارد که به دانش آموزان کمک می‌کند تا مفاهیم فیزیکی را به صورت بصری درک کنند.

۲. **فت اینتراکتیو سیمپولیشنز**^۲: این برنامه شبیه‌سازی‌های تعاملی در زمینه‌های گوناگون فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و ریاضیات دارد. این ابزار به صورت رایگان در دسترس است و می‌تواند به دانش آموزان کمک کند تا مفاهیم فیزیکی را به راحتی از طریق تجربه شبیه‌سازی‌ها درک کنند.

۳. **ولفرم آلفا**^۳: این ابزار به صورت رایگان به دانش آموزان این امکان را می‌دهد تا مسائل گوناگون فیزیکی را وارد و نتیجه‌ها را به سرعت دریافت کنند. اگرچه برای دسترسی به برخی ویژگی‌های پیشرفته، نیاز به اشتراک وجود دارد، اما بسیاری از قابلیت‌ها به صورت رایگان در دسترس هستند.

۴. **سیمپای**^۴: کتابخانه پایتون برای انجام محاسبات نمادین و حل مسائل ریاضی و فیزیکی طراحی شده است. این برنامه رایگان است و می‌تواند در حل معادلات فیزیکی، انتگرال‌گیری و دیگر محاسبات مفید باشد. به دانش آموزان این امکان را می‌دهد تا به راحتی مسائل پیچیده فیزیکی را حل کنند.

۵. **مایکروسافت ماثماتیکس**^۵: این ابزار رایگان به شما کمک می‌کند تا مسائل ریاضی و فیزیکی را حل کنید. این نرم‌افزار به طور خاص برای استفاده در مدرسه‌ها طراحی شده است و می‌تواند در محاسبات گوناگون کمک کند.

۶. **فیفوکس**^۶: این برنامه برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و حل مسائل فیزیکی با استفاده از گوشی‌های هوشمند طراحی شده است. کاربران می‌توانند از حسگرهای گوشی خود برای اندازه‌گیری داده‌های مختلف مانند شتاب، سرعت، دما و فشار استفاده کنند و از این داده‌ها برای حل مسائل فیزیکی استفاده کنند.

۷. **گوگل لنز**^۷: اگر دانش آموزان با مسائل خاصی روبه‌رو هستند و نمی‌دانند چگونه باید شروع کنند، گوگل لنز، می‌تواند به آن‌ها کمک کند. آن‌ها می‌توانند عکس‌هایی از مسائل فیزیکی یا فرمول‌ها بگیرند و این برنامه به آن‌ها راه‌حل‌ها یا منابع مشابه را ارائه می‌دهد.

۸. **خان آکادمی**^۸: این برنامه به طور مستقیم با هوش مصنوعی در ارتباط نیست، اما منابع آموزشی فراوانی در زمینه فیزیک دارد.

که به دانش آموزان کمک می‌کند تا مسائل را حل کنند و مفاهیم را به طور واضح یاد بگیرند. این برنامه به طور رایگان در دسترس است و شامل ویدئوها و تمرین‌های تعاملی است.

۹. **سیمپم**^۹: این برنامه بیشتر برای حل مسائل ریاضی و فیزیکی است که نیاز به استفاده از فرمول‌های پیچیده دارند. این برنامه به دانش آموزان کمک می‌کند تا مراحل حل مسائل را درک کنند و آن‌ها را به طور گام‌به‌گام پیش ببرند. استفاده از این ابزارها می‌تواند به دانش آموزان کمک کند تا درک بهتری از مفاهیم فیزیکی پیدا کنند و مسائل خود را به راحتی حل کنند.

نتیجه‌گیری

در مجموع، استفاده از هوش مصنوعی در فیزیک می‌تواند باعث پیشرفت‌های چشمگیر در تحقیق و توسعه فناوری‌های جدید شود و مشکل‌های پیچیده‌تری را که روش‌های سنتی قادر به حل آن‌ها نیستند، حل کند، اما هنوز به دلیل محدودیت‌هایی که دارد (مانند نیاز به داده‌های بزرگ یا نبود شفافیت در تصمیم‌گیری) به دقت و نظارت انسانی نیاز است. این برنامه‌ها به طور کلی می‌توانند در حل مسائل فیزیکی از جمله حرکت، انرژی، گرانش، و معادله‌های پیچیده فیزیکی به شما کمک کنند. از آن‌ها می‌توانید در خانه، مدرسه یا در محیط‌های دانشگاهی برای یادگیری و انجام آزمایش‌های علمی استفاده کنید. استفاده از این برنامه‌ها به شما کمک می‌کند تا مفاهیم فیزیک را بهتر درک و مسائل را به طور دقیق‌تر حل کنید. پیشنهاد می‌شود، برای استفاده از هوش مصنوعی به صورت موردی و براساس تحلیل دقیق نیازها و شرایط مسئله تصمیم گرفته شود. مزیت‌های آن بیشتر از عیب‌هایش است و اگر شرایط به کارگیری آن فراهم باشد، استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند به طور چشمگیری به بهبود کارایی، دقت و سرعت حل مسائل فیزیکی کمک کند.

پی‌نوشت‌ها

1. DeepXDE
2. Google AI Platform / PyTorch
3. aptuna
4. Support Vector Machine (SVM)
5. Scikit-learn
6. LabVIEW + Machine Learning
7. OpenAI Gym + Physics Engines
8. GeoGebra
9. PhET Interactive Simulations
10. Wolfram Alpha
11. SymPy
12. Microsoft Mathematics
13. Phyphox
14. Google Lens
15. Khan Academy
16. SymbMath

منابع

1. Goodfellow; Ian., Bengio; Yoshua., and Courville; Aaron, (2016). **Deep Learning**, The MIT Press.
2. Walecka; J. D., (2022). **Introduction to Quantum Mechanics**, World Scientific Publishing Company.
3. <https://www.deeplook.ir> (1397).
4. https://www.press.araku.ac.ir/book_401027.html (1402).
5. <https://www.google.com/amp/s/civilica.com/1/160776/amp/>
6. www.iraninfuturist.com
7. <https://www.behfalah.com>
8. <https://www.daneshbejo.ir/2024/11/22>



طراحی ساعت آفتابی ابداعی در فضای داخلی



غلامحسین رستگارنسب

عضو حرفه‌ای انجمن نجوم ایران و دبیر پژوهش

بهار قربانی، ستایش تقی‌زاده

دانش‌آموزان دبیرستان فرزنانگان حضرت زینب(س) دوره دوم، ناحیه ۲ شهر ری

چکیده

این پژوهش مدلی نوآورانه برای تعیین زمان محلی از فضای داخلی برج طغرل ارائه کرد. در این مدل که نوعی ساعت آفتابی نامیده می‌شود، مسیر تابش نور خورشید پس از ورود به فضای داخلی استوانه و حرکت آن روی دیواره داخلی سازه، به‌عنوان مبنای تعیین زمان خورشیدی در نظر گرفته می‌شود. به‌منظور دستیابی به این هدف، حرکت ظاهری خورشید با استفاده از اصول نجوم کروی مدل‌سازی شده و با در نظر گرفتن ابعاد هندسی سازه و عرض جغرافیایی محل، مسیر نوری خورشید بر بدنه داخلی استوانه به‌صورت ریاضی استخراج شده است. حاصل این مدل‌سازی، ترسیم منحنی‌هایی بر دیواره داخلی سازه است



که امکان خواندن زمان خورشیدی را در فضای داخلی فراهم می‌کند. برای ارزیابی دقت مدل، یک شبیه‌ساز اختصاصی در محیط جئوجبرا^۱ طراحی و عملکرد ساعت براساس موقعیت واقعی خورشید بررسی شد. نتیجه‌ها نشان دادند، الگوسازی این روش روی سازه داخلی برج طغرل، قابلیت نمایش زمان را دارد و همچنین مدل ارائه‌شده قابلیت تعمیم به سازه‌های استوانه‌ای با ابعاد و موقعیت جغرافیایی متفاوت را داراست.

کلیدواژه‌ها: ساعت آفتابی، برج طغرل، معادله‌های نجوم کروی، سمت و ارتفاع خورشید

مقدمه

ساعت‌های آفتابی از قدیمی‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری زمان هستند (وبگاه B2n.ir)، این ساعت‌ها که به انواع گوناگونی مانند افقی، استوانه‌ای، عمودی یا دیواری ساخته می‌شوند، زمان را برحسب سایه شاخص نشان می‌دهند. نوع خاصی از این ساعت‌ها نیز ساعت استوانه‌ای است که از روی جداره خارجی استوانه‌ای ساعت قابل تشخیص است (وبگاه B2n.ir). این پژوهش مدلی نوین برای نمایش زمان خورشیدی در فضای داخلی سازه‌های استوانه‌ای ارائه می‌دهد که مسیر تابش نور خورشید و تصویر آن بر کف و دیواره‌ها، مبنای ساعت قرار می‌گیرد. برای بررسی عملی و تعیین پارامترهای عددی، از مشخصات واقعی برج طغرل استفاده شد. با این حال هدف اصلی، ارائه مدلی عمومی است که قابلیت اجرا بر بناهای استوانه‌ای با ابعاد و موقعیت جغرافیایی گوناگون را داشته باشد.

تحقیقات متعددی به طراحی و تحلیل ساعت‌های آفتابی در فضای باز و با شکل‌های متفاوت پرداخته‌اند، از جمله مدل‌های کلاسیک و بی‌فیلار^۲ که مسیر نور و زمان خورشیدی را با دقت بالا پیش‌بینی می‌کنند (غلامی، ۱۳۹۷). با این حال، مطالعه‌ای مستقل و جامع درباره عملکرد ساعت آفتابی در فضای داخلی سازه‌های استوانه‌ای در منابع علمی منتشر نشده است. پژوهش حاضر با مدل‌سازی مسیر نور خورشید درون برج طغرل این خلأ را پر کرده است و روشی نوین برای تعیین زمان خورشیدی در چنین فضاهایی ارائه می‌دهد.

بحث و بررسی

تحلیل معادله‌های هندسی و نجوم کروی

تعیین زمان با ساعت آفتابی مستلزم دانستن مسیر حرکت ظاهری خورشید است که بر پایه نجوم کروی تحلیل می‌شود (محمدزاده، ۱۳۷۵). اگرچه خورشید در واقعیت نسبتاً ثابت است و زمین به دور آن می‌چرخد، در چارچوب این علم با فرض مرکزگرایی زمین، حرکت خورشید به صورت نسبی بررسی می‌شود. تابش مایل نور خورشید در فضای داخلی سازه

استوانه‌ای، منحنی‌های بیضی‌شکل ایجاد می‌کند (مهدوی، ۱۳۹۳). برای استخراج زمان خورشیدی، حضيض این مقاطع بیضی به عنوان پرتوی مرجع انتخاب می‌شود و تحلیل‌های هندسی براساس آن انجام می‌گیرد. حرکت نور و تغییر مکان سایه‌ها روی دیواره و کف استوانه، مبنای ساختار این ساعت را شکل می‌دهد و امکان تعمیم این روش به سایر سازه‌های استوانه‌ای با ابعاد و عرض جغرافیایی گوناگون فراهم می‌شود.

حرکت سالیانه خورشید روی کره سماوی در امتداد دایره البروج، اساس تعریف تاریخ و فصل‌هاست. از آنجا که صفحه دایره البروج با صفحه استوای سماوی زاویه‌ای به اندازه میل دایره البروج (ε) می‌سازد، مختصات خورشید را می‌توان در هر زمان با استفاده از روابط مثلثات کروی بیان کرد.

برای توصیف موقعیت خورشید، دو مختصه اصلی به کار می‌رود: **میل خورشید (δ):** فاصله زاویه‌ای خورشید از صفحه استوای سماوی.

$$\delta = \sin^{-1}(\sin \varepsilon \cdot \sin \lambda)$$

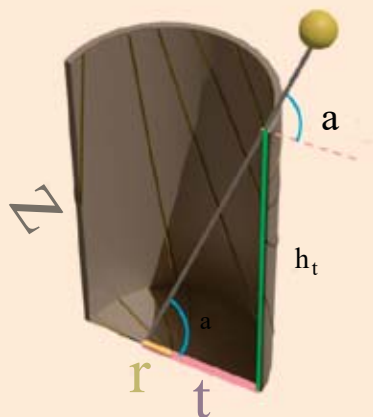
بعد خورشید (α): فاصله زاویه‌ای خورشید از نقطه اعتدال بهاری روی استوای سماوی.

$$\tan \delta = \tan \varepsilon \cdot \tan \lambda$$

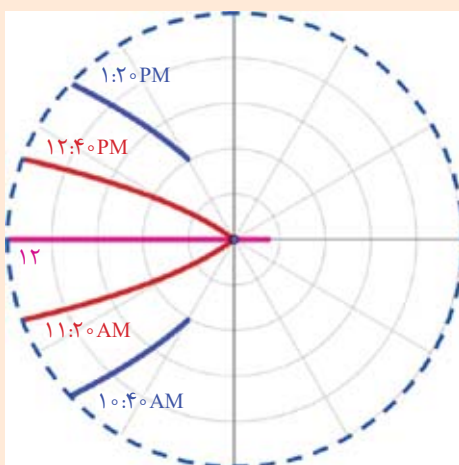
از آنجا که حرکت خورشید روی دایره البروج تقریباً یکنواخت است، طول خورشیدی (λ) را می‌توان به صورت تابعی از تاریخ نوشت؛ به این معنا که با گذشت هر روز، خورشید به اندازه $\frac{360}{365/25}^\circ$ روی دایره البروج جابه‌جا می‌شود. بنابراین، تاریخ

به طور مستقیم با طول خورشید و در نتیجه با میل و بعد آن در ارتباط است. به بیان دیگر، تاریخ را می‌توان هم برحسب حرکت روی دایره البروج و هم برحسب تغییرات میل و بعد آن تعریف کرد. این ارتباط دقیق میان زمان، حرکت ظاهری خورشید و مختصات سماوی، بنیان محاسبات تقویم‌های خورشیدی و جدول‌های نجومی را تشکیل می‌دهد.

داده می‌شود تا مؤلفه‌های طولی و عرضی آن روی دیواره محاسبه شوند. از آنجا که این نقطه در آسمان مختصات سماوی نیز دارد، با این تطبیق، مختصات پرتو در فضای داخلی برج با مختصات سماوی خورشید یکسان‌سازی می‌شود.



پارامترهای خورشیدی، شامل ارتفاع a و سمت A خورشید هستند که با انتخاب برج طغرل به عنوان موقعیت مبنا، سایر پارامترهای لازم از طریق روابط نجوم کروی محاسبه می‌شوند تا زمان خورشیدی تعیین شود. این زمان براساس حرکت ظاهری و نظام‌مند خورشید به‌دست می‌آید.



با رسم تابعی که ارتفاع برخورد پرتوی نور با دیواره را برحسب زاویه ساعتی خورشید نشان می‌دهد، می‌توان زمان را در فضای داخلی برج طغرل مشخص کرد. انتخاب نمودار دکاریتی برای نمایش دیواره به دلیل قابلیت ترسیم معادله‌های دوبعدی و تبدیل استوانه به مستطیل است. این تبدیل امکان بررسی هندسی و شبیه‌سازی حرکت نور در فضای داخلی را ساده

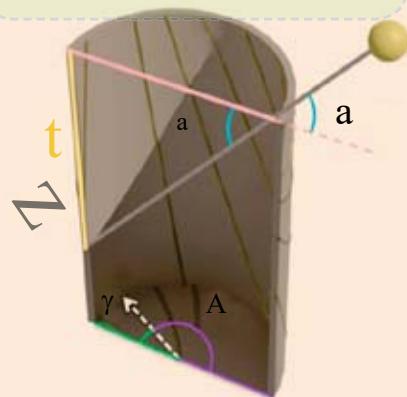


$$R: = \text{شعاع استوانه} = 1$$

$$\varphi: = \text{عرض جغرافیایی} = 35.7^\circ$$

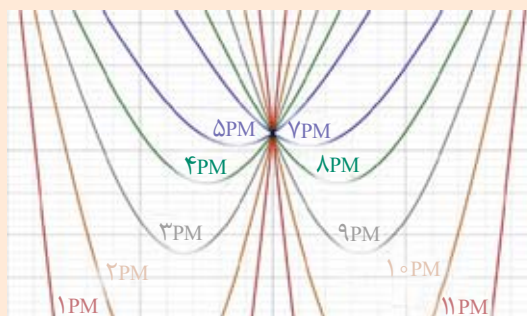
$$h_t: = \text{ارتفاع استوانه} = \frac{40}{11}$$

$$H_t: = \text{زاویه ساعتی}$$



تعیین زمان در فضای داخلی برج طغرل

برای تحلیل مسیر نور خورشید روی دیواره داخلی استوانه، ابتدا پرتویی (حضیض بیضی) به عنوان مرجع انتخاب می‌شود تا موقعیت خورشید در آسمان به صورت نقطه‌ای فرض شود. مختصات این نقطه با پارامترهای استوانه (ارتفاع و شعاع) تطبیق





کرده است و پایه‌ای برای طراحی ساعت آفتابی استوانه‌ای فراهم می‌آورد.

از معادله‌های نجوم کروی نتیجه می‌شود:

$$\left\{ \begin{array}{l} y : h_t - 2 \left[\frac{-\sin(\varphi) \cos(\gamma) + \left(\frac{\sin(\gamma)}{\tan(H_t)} \right)}{\cos(\varphi)} \right] \\ x : y \end{array} \right\}$$

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نشان داده شد که می‌توان با تکیه بر معادله‌های نجوم کروی و بررسی حرکت ظاهری و نظام‌مند خورشید، زمان خورشیدی را نه تنها در فضای باز، بلکه در فضای داخلی یک سازه با هندسه استوانه‌ای نیز استخراج کرد. با تطبیق مختصات سماوی خورشید با پارامترهای هندسی برج طغرل، مسیر تابش نور روی دیواره و کف داخلی مدل‌سازی شد و رابطه‌ای مستقیم و قابل محاسبه میان موقعیت نور و زمان خورشیدی به دست آمد. تحلیل ضوابط به دست آمده از دیواره در دستگاه دکارتی و کف برج در دستگاه قطبی نشان داد که انتخاب دستگاه مختصات متناسب با هندسه فضا، در ساده‌سازی معادله‌ها و خوانایی نتیجه‌ها نقشی کلیدی دارد. نتیجه‌های حاصل از شبیه‌سازی و تطبیق عددی نشان می‌دهند که مدل ارائه شده انسجام درونی دارد و فرض‌های به کار رفته در آن، رفتار واقعی نور خورشید را با دقت قابل قبول بازنمایی می‌کنند.

بر این اساس، می‌توان مدل پیشنهادی را به عنوان یک ساعت آفتابی داخلی معتبر در نظر گرفت که قابلیت تشخیص زمان خورشیدی را دارد. این روش، ضمن همخوانی با رفتار واقعی نور خورشید در فضای داخلی این برج تاریخی، محدود به برج طغرل نبوده است و می‌تواند به عنوان الگویی عمومی برای طراحی ساعت‌های آفتابی داخلی در سازه‌های استوانه‌ای با شرایط هندسی و جغرافیایی گوناگون به کار رود. بدین ترتیب، پیوندی عملی میان نجوم کروی و هندسه برقرار شده است.

پی‌نوشت‌ها

1. GeoGebra
2. bifilar

منابع

1. <https://B2n.ir/jj6450>
2. <https://B2n.ir/xh2075>
۳. دنی ساووا. ساعت‌های آفتابی. ترجمه صمد غلامی. ناشر: نشر رمز.
۴. ولیام مارشان اسمارت، نجوم کروی. ترجمه جسور محمدزاده. ناشر: مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
۵. مهدوی، محمدرضا (۱۳۹۳). هندسه تحلیلی و جبر خطی: مقاطع مخروطی. ناشر: روشنگران امروز.

با جای گذاری رابطه $\gamma = 180^\circ - A$ و ارتفاع خورشید، ضابطه نهایی $f(x)$ به دست می‌آید. در نهایت، این تابع برای زاویه‌های ساعتی گوناگون ترسیم می‌شود.

در ادامه رویکرد به کار رفته برای دیواره، در تحلیل کف برج نیز مختصات سماوی خورشید با پارامترهای هندسی برج تطبیق داده می‌شوند. در این حالت، برای ارتفاع‌های بالاتر خورشید، محل برخورد پرتو از دیواره به کف منتقل می‌شود. با در نظر گرفتن دیواره استوانه به عنوان شاخص عمودی، طول سایه بر کف بر حسب ارتفاع خورشید محاسبه می‌شود و با کسر شعاع برج، فاصله شعاعی مرز روشن-تاریک از مرکز استوانه به دست می‌آید.

از آنجا که نقطه‌های برخورد نور روی کف به طور طبیعی با فاصله از مرکز و جهت تابش توصیف می‌شوند، نمایش مسئله در مختصات قطبی انتخاب می‌شود. در این چارچوب، زاویه قطبی متناظر با سمت خورشید بوده و مختصات شعاعی تابعی از ارتفاع خورشید است. پارامترهای خورشیدی (سمت و ارتفاع) از روابط نجوم کروی و بر حسب میل خورشید، زاویه ساعتی و عرض جغرافیایی برج طغرل استخراج می‌شوند. در نهایت، نمودار کف به صورت یک خم پارامتری و بر حسب زاویه ساعتی ترسیم می‌شود.

از معادله‌های نجوم کروی نتیجه می‌شود:

$$\left\{ \begin{array}{l} r : R - \frac{h_t}{\tan(a)} \\ \theta : \gamma \end{array} \right\}$$

مطابق بخش قبل، پس از تبدیل‌های جبری، ضابطه تابع تشکیل شده و نمودار قطبی برای بازه $23^\circ/5' \pm \leq \delta \leq 23^\circ/5' -$ (تغییرات میل خورشید در طول سال) و زاویه ساعت‌های گوناگون ترسیم می‌شود.

بدین ترتیب، با تطبیق مختصات سماوی خورشید و موقعیت پرتو روی دیواره و کف برج، امکان تعیین زمان از الگوی نور فراهم می‌شود.



فیزیک و روش‌های تولید الکتریسیته

اسفند بار معتمدی

انگلیسی برگزار می‌شد، جذب کرد؛ به‌طوری که مفاهیم چند سخنرانی علمی را جمع‌آوری، چاپ و صحافی کرد و در یکی از جلسه‌ها آن را به دیوی رئیس انستیتوی سلطنتی لندن داد و از او درخواست کرد که در آزمایشگاه این مؤسسه به کار مشغول شود. دیوی با دریافت نسخه این سخنرانی‌ها بسیار خوش حال شد و او را برای نظافت آزمایشگاه استخدام کرد. اما هوش و علاقه‌مندی فارادی سبب شد که به روش کارهای علمی و آزمایشگاهی با سرعت آشنا شود و با اینکه برای نظافت استخدام شده بود، خود به کارهای علمی دست بزند. وقتی **ناپلئون بناپارت**، همفری دیوی را برای سخنرانی به پاریس دعوت کرد، او فارادی را همراه خود برد. این سفر سبب شد که فارادی علاوه بر فرانسه به کشورهای دیگر اروپا سفر کند و زبان فرانسه و کمی از زبان‌های دیگر اروپایی را فرا بگیرد و با دانشمندان این کشورها آشنا و به کشف قانون القای الکترومغناطیسی و ساختن مولد، موتور و مبدل الکتریکی مفتخر شود.

قانون القای الکترومغناطیسی، یکی از قوانین تجربی فیزیک، بر این اساس استوار است که در هر مدار الکتریکی، که در میدان مغناطیسی وابسته به زمان قرار داشته باشد، نیروی محرکه الکتریکی (cmf) به‌وجود می‌آید (دانشنامه فیزیک، جلد اول، ص ۱۶۷).

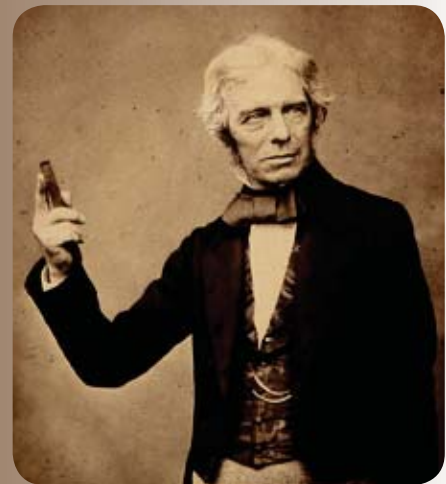
فارادی زندگی ساده علمی داشت و خانه او معمولی بود. او عاشق یادگرفتن و یاددادن علم بود و هر چهارشنبه برای دانش‌آموزان در لندن آزمایش‌های علمی انجام می‌داد. این کار پس از فوتش نیز در همان آزمایشگاه ادامه یافت.

روش‌های تولید الکتریسیته

با روش‌های گوناگون می‌توان انرژی‌های مکانیکی، حرارتی، شیمیایی، نورانی و هسته‌ای را به الکتریسیته تبدیل کرد. به اختصار به توضیح هر یک می‌پردازیم:

نیروگاه‌های حرارتی: مواد اولیه که در این نیروگاه به کار می‌رود، انواع سوخت‌های فسیلی شامل زغال‌سنگ، نفت و گاز است. در توربین‌های بخار هر کدام از این سوخت‌ها می‌تواند آب را گرم و به بخار تبدیل کند. این بخار چرخ‌های توربین متصل به

با توجه به ناترازی‌هایی که در موضوع مهم برق در کشور به‌وجود آمده است، در این مقاله موضوع چگونگی فناوری‌های تولید الکتریسیته را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. برای تولید الکتریسیته از نیروگاه‌های حرارتی، آبی، بادی، خورشیدی و هسته‌ای استفاده می‌شود. همه این روش‌ها بر اثر تبدیل انواع انرژی به انرژی الکتریکی مربوط است و همه بر پایه علم فیزیک در شاخه‌های الکترومغناطیس، مکانیک، ترمودینامیک و فیزیک هسته‌ای قرار دارند و مورد بحث هستند.



تولید الکتریسیته براساس قانون القای الکترومغناطیسی، کشف فارادی، است. **مایکل فارادی** (۱۱۷۰ ش / ۱۷۹۱ م - ۱۲۴۶ ش / ۱۸۲۶ م) شیمی‌دان و فیزیک‌دان انگلیسی است. پدرش نعل‌بند بود و پای اسبان را نعل می‌کرد. اما مایکل هنوز ۱۳ سال نداشت که پدرش مرد. او عهده‌دار مخارج خانواده شد اما زورش به پای اسب‌ها نمی‌رسید و به‌ناچار نتوانست شغل پدر را ادامه دهد، پس در یک کتاب‌فروشی به شاگردی پرداخت. در این کتاب‌فروشی به خواندن کتاب‌هایی که می‌فروختند یا صحافی می‌کردند، بسیار علاقه‌مند شد. همین علاقه‌مندی او را به شنیدن سخنرانی‌های علمی که در آزمایشگاه **همفری دیوی** شیمی‌دان معروف

سرعت در حال افزایش است. در پشت‌بام خانه‌ها نیز می‌توان از این روش استفاده کرد.

نیروگاه‌های زمین‌گرمایی: در بعضی نقاط زمین، آب و بخار گرم بالا می‌آیند. چنانچه در مسیر جریان این آب یا هوای گرم توربینی قرار گیرد، چرخ‌های توربین می‌توانند به حرکت درآیند، به مولد برق انرژی منتقل کنند و الکتریسیته تولید شود. این کار حتی در دریاهایی که چشمه‌های آب گرم دارند نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

نیروگاه‌های هسته‌ای: در اثر شکافت هسته‌ای اتم‌های سنگین بعضی از عناصر مانند اورانیوم و تبدیل شدن به عناصر سبک، مقدار زیادی گرما تولید می‌شود. این گرما می‌تواند آب یا هوا را بسیار گرم کند. گرمای آن در توربین‌های بخار سبب به حرکت درآوردن مولدهای برق می‌شود. مشکل عمده استفاده از این نیروگاه‌ها، پسماندهای پرتوزاست که بسیار خطرناک‌اند.



آمار تولید برق نیروگاه‌ها به انواع روش‌ها

آژانس بین‌المللی انرژی نشان می‌دهد که در سال ۲۰۲۶-۲۰۲۵ آمار تولید برق نیروگاه‌ها به این صورت است:

۱. سوخت‌های فسیلی زغال‌سنگ و گاز بیشترین منبع انرژی الکتریکی و تولید برق جهان هستند و ۶۱ درصد تولید جهانی را شامل‌اند که این درصد رو به کاهش است. باید به این موضوع توجه کرد که سوخت زغال‌سنگ رو به کاهش و مصرف گاز رو به افزایش است.

۲. حدود ۳۰ درصد تولید برق از انرژی آب، باد و نور خورشید (انرژی‌های تجدیدپذیر) تأمین می‌شود. این درصد در حال افزایش است.

۳. بخش دیگر تولید برق مربوط به تبدیل انرژی هسته‌ای، انرژی آب و بخار گرم زمین، و انرژی جزرومد آب دریاهاست.

فناوران و دانشمندان می‌کوشند که راه‌های سریع‌تر، آسان‌تر و با بازده بیشتری بیابند تا هوای زمین بیش از این آلوده و ناپاک نباشد.

مولد برق (ژنراتور) در میدان مغناطیسی را به حرکت درمی‌آورد و جریان متناوب الکتریکی تولید می‌کند. بسیاری از کشورهای جهان از این روش استفاده می‌کنند. این روش سبب می‌شود که دمای هوای محیط افزایش یابد و انواع آلاینده‌ها در فضا پراکنده شود، به‌ویژه وقتی از سوخت‌های سنگین مانند مازوت استفاده می‌شود.



نیروگاه‌های آبی: این نوع نیروگاه را در کنار مسیر جریان آب و در جاهایی مانند پشت سدها که سرعت خروج آب زیاد است، می‌سازند. آب ذخیره و رها شده سبب چرخاندن توربین آبی می‌شود. توربین آبی مولد برق را به حرکت درمی‌آورد و حاصل جریان برق است. این روش پایدار است و محیط را آلوده نمی‌کند. به شرط آنکه سد در مکانی ساخته شود که آب به حد کافی در پشت سد ذخیره شود. متأسفانه در ایران در سال‌های کم‌آبی با این روش مشکلات کمبود برق و ناترازی به‌وجود می‌آید.

نیروگاه بادی: این نیروگاه در مکان‌هایی ساخته می‌شود که باد همواره و با سرعت زیاد بوزد. از این روش در ایران برای اولین بار در منجیل گیلان استفاده شد و هنوز کار می‌کند. از آن پس، این روش در دیگر نقاط بادخیز کشور مورد استفاده قرار گرفت.

نیروگاه خورشیدی: در این نیروگاه‌ها از خانک‌های (سلول‌های) فتوالکتریک (فتوولتائیک) استفاده می‌شود. خانک (سلول) فتوالکتریک به‌طور مستقیم نور خورشید را به جریان الکتریکی تبدیل می‌کند. از این روش در مکان‌هایی استفاده می‌شود که تابش خورشید زیاد است. در ایران این روش با



کاربرد فناوری واقعیت افزوده (ای آر) به عنوان راهبردی نوآورانه برای بهبود آموزش مفاهیم اپتیک در فیزیک

زهره معبودی تمای

دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران

راضیه تلاشکی

دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران

چکیده

یکی از چالش برانگیزترین بخش‌های آموزش فیزیک، مفاهیم اپتیکی نظیر شکست نور، بازتاب، تداخل و پراش است که به دلیل ماهیت انتزاعی و سه بعدی‌شان، درک آن‌ها برای دانش آموزان دشوار است. محدودیت‌های ابزارهای آموزشی سنتی مانند آزمایشگاه‌های فیزیکی نیز بر این مشکل می‌افزاید. در این میان، فناوری واقعیت افزوده (ای آر)^۱ به عنوان یک ابزار آموزشی نوین، امکان تجربه‌ای تعاملی، ملموس و چندحسی را فراهم می‌کند که در آن مفاهیم انتزاعی به شیوه‌ای بصری و قابل تعامل ارائه می‌شوند. بهره‌گیری از ای آر در آموزش اپتیک موجب افزایش انگیزه، بهبود درک مفهومی و ارتقاء یادگیری پایدار می‌شود. با این حال، اجرای موفق این فناوری نیازمند بومی‌سازی محتوا، آموزش معلمان، تأمین تجهیزات مناسب و مدیریت صحیح بارشناختی است. مقاله حاضر با مرور مطالعه‌ها و نمونه‌های کاربردی، نشان می‌دهد که واقعیت افزوده می‌تواند آموزش فیزیک را متحول کند و پل ارتباطی مؤثری بین نظریه (تئوری) و تجربه عملی فراهم آورد؛ به شرط آنکه به درستی و در چارچوب نظام آموزشی ایرانمان طراحی و پیاده‌سازی شود.

کلیدواژه‌ها: واقعیت افزوده، یادگیری تعاملی، فناوری‌های نوین آموزشی، آموزش فیزیک، آموزش اپتیک



مقدمه

فیزیک به عنوان یکی از علوم پایه و بنیادی در توسعه فناوری‌های نوین و فهم عمیق‌تر پدیده‌های طبیعی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. در میان شاخه‌های گوناگون فیزیک، اپتیک به دلیل برخورداری از مفاهیم پیچیده و غالباً انتزاعی مانند شکست نور، بازتاب، پراش و تداخل، یکی از دشوارترین حوزه‌ها برای آموزش و یادگیری به شمار می‌آید. این پدیده‌ها به دلیل غیرقابل مشاهده مستقیم بودن و ماهیت سه بعدی‌شان، برای بسیاری از دانش‌آموزان و حتی دانشجویان، درک بصری و مفهومی آسانی ندارند. روش‌های سنتی آموزش فیزیک، که معمولاً به توضیحات نظری و انجام آزمایش‌های فیزیکی محدود می‌شوند، با چالش‌هایی نظیر محدودیت ابزارآلات، هزینه‌های بالای تجهیزات آزمایشگاهی و پیچیدگی در اجرای برخی آزمایش‌ها مواجه‌اند. این محدودیت‌ها می‌توانند موجب کاهش اثربخشی آموزش و ایجاد فاصله میان مفاهیم نظری و درک عملی دانش‌آموزان شوند.

در این میان، فناوری‌های نوین به خصوص واقعیت افزوده یا (ای آر) به عنوان یک ابزار آموزشی نوآورانه ظرفیت‌های جدید و چشمگیری را برای بهبود فرایند آموزش فراهم کرده‌اند. واقعیت افزوده با توانایی تلفیق تصویرهای دیجیتال، پویانمایی (انیمیشن)‌های سه بعدی و اطلاعات تعاملی در محیط واقعی، امکان مشاهده و تعامل با مفاهیم پیچیده اپتیکی را در قالبی ملموس‌تر و جذاب‌تر فراهم می‌کند. این فناوری به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد مفاهیم انتزاعی را به صورت بصری و پویا تجربه کنند که می‌تواند یادگیری را عمیق‌تر، ماندگارتر و معنادارتر سازد. مطالعه‌های متعددی نشان داده‌اند که استفاده از واقعیت افزوده در آموزش علوم به ویژه فیزیک باعث افزایش انگیزه، بهبود درک مفاهیم پیچیده، ارتقاء توانایی حل مسئله و تسهیل یادگیری تعاملی می‌شود (Wu & et al. 2013).

همچنین تحقیقاتی که به بررسی تأثیر واقعیت افزوده بر یادگیری مفاهیم اپتیکی پرداخته‌اند، نشان داده‌اند که این فناوری می‌تواند به کاهش ابهامات ذهنی دانش‌آموزان و بهبود فهم آن‌ها از پدیده‌هایی مانند شکست نور و پراش کمک شایانی کند (Ibáñez & et al. 2018).

علاوه بر همه این‌ها، واقعیت افزوده امکان ایجاد محیط‌های یادگیری غنی از تعامل را فراهم می‌کند که در آن دانش‌آموزان می‌توانند مفاهیم را نه تنها مشاهده کنند، بلکه با آن‌ها بازی کنند، آزمایش‌های مجازی انجام دهند و بازخورد فوری دریافت کنند؛ امری که در روش‌های سنتی کمتر امکان‌پذیر است. این امر باعث می‌شود تا یادگیری فیزیک به ویژه در زمینه اپتیک به تجربه‌ای جذاب و مؤثر تبدیل شود.

فناوری واقعیت افزوده (ای آر) و مبانی نظری آن در آموزش

واقعیت افزوده یکی از فناوری‌های نوین و تحول‌آفرین در حوزه آموزش و یادگیری است که با افزودن داده‌ها، تصویرها، صداها و عناصر دیجیتال به محیط واقعی، تجربه‌ای ترکیبی و تعاملی برای کاربران فراهم می‌کند. این فناوری با استفاده از ابزارهایی مانند تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها، عینک‌های هوشمند و هدست‌های مخصوص، امکان مشاهده هم‌زمان محیط واقعی و لایه‌های اطلاعات دیجیتال را فراهم می‌آورد و کاربران می‌توانند به‌طور فعال با این اطلاعات مجازی تعامل داشته باشند (AZ-uma, 1997). واقعیت افزوده به گونه‌ای طراحی شده است که اطلاعات دیجیتال به شکلی هوشمند و هماهنگ با محیط واقعی قرار می‌گیرند؛ به‌طوری‌که این اطلاعات نه تنها به صورت بصری، بلکه از طریق صوت، حرکت‌ها و حتی بازخوردهای لمسی نیز قابل دریافت هستند. این ویژگی باعث می‌شود کاربران در تجربه‌ای چندحسی قرار گیرند که در آن ادراک و یادگیری تقویت می‌شود. به عبارت دیگر ای آر فراتر از نمایش صرف اطلاعات است و با فراهم آوردن تعامل مستقیم و بلادرنگ با محیط و داده‌ها، یادگیری را به فرایندی فعال و جذاب تبدیل می‌کند (Billinghurst & Andreas, 2012).

برخلاف واقعیت مجازی^۲ که کاربر را کاملاً از محیط واقعی جدا و وارد دنیایی کاملاً مصنوعی می‌کند، واقعیت افزوده پلی میان دنیای فیزیکی و دیجیتال ایجاد کرده و با افزودن اطلاعات به محیط واقعی، تجربه‌ای غنی‌تر و هوشمندتر ارائه می‌دهد (Milgram & Kishino, 1994). این ویژگی باعث می‌شود که ای آر نه تنها برای آموزش، بلکه در حوزه‌های پزشکی، صنعتی و مهندسی نیز بسیار کاربردی باشد.

در حوزه آموزش، استفاده از ای آر موجب می‌شود تا مفاهیم پیچیده و انتزاعی به صورت ملموس‌تر و قابل درک‌تر برای فراگیرندگان ارائه شود. برای مثال، دانش‌آموزان می‌توانند با مشاهده مدل‌های سه بعدی از سازه‌های علمی یا تاریخی، به جای تکیه صرف بر متن و تصویرهای دوبعدی، به تجربه‌ای فراگیر و چندبعدی دست یابند.

همچنین در آموزش‌های پزشکی، ای آر امکان مشاهده و تعامل با آناتومی بدن را به صورت زنده و دقیق فراهم می‌کند که این امر می‌تواند یادگیری عملی و حفظ مهارت‌ها را به شدت بهبود بخشد (Bacca-Acosta & Baldiris, 2014). یا در صنایع و مهندسی، واقعیت افزوده به تکنسین‌ها و مهندسان این امکان را می‌دهد تا با دریافت راهنمایی‌های تصویری و اطلاعات فنی

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از ای‌آر در آموزش موجب افزایش انگیزه، بهبود درک مفاهیم پیچیده و ارتقاء یادگیری فعال می‌شود (Ibáñez & et al. 2018).

ای‌آر در آموزش مفاهیم اپتیک

کتاب‌های درسی فیزیک، که بخش عمده یادگیری در مدرسه‌ها را تشکیل می‌دهند، معمولاً شامل متن‌های توصیفی، تصویرهای دوبعدی و نمودارهای ساده در بحث اپتیک هستند. این شیوه‌های سنتی، اگرچه پایه‌ای و ضروری به‌شمار می‌آیند، اما در انتقال مفاهیم پیچیده و انتزاعی حوزه اپتیک، مانند شکست نور، بازتاب، پراش و تداخل اغلب ناکافی‌اند. این مفاهیم، به‌دلیل ماهیت سه‌بعدی و دینامیک خود، برای بسیاری از دانش‌آموزان به‌ویژه کسانی که یادگیری‌شان بیشتر مبتنی بر مشاهده و تجربه عملی است، دشوار هستند. تصویرهای دوبعدی و توضیحات متنی، توانایی نمایش کامل مسیر و رفتار نور در محیط‌های گوناگون را ندارند و نمی‌توانند حس عمق، تغییرات زاویه‌ای و تأثیر متقابل عوامل متفاوت را به‌صورت ملموس منتقل کنند.

در این زمینه، فناوری واقعیت افزوده یا (ای‌آر) به‌عنوان ابزاری نوین و مؤثر، می‌تواند این خلأ یادگیری را به‌شکلی چشمگیر پر کند. واقعیت افزوده با ترکیب دنیای واقعی و عناصر دیجیتال سه‌بعدی، امکان مشاهده و تعامل مستقیم دانش‌آموز با مدل‌های شبیه‌سازی شده مفاهیم اپتیکی را فراهم می‌آورد. به این ترتیب، دانش‌آموزان می‌توانند با استفاده از گوشی‌های هوشمند یا تبلت‌های خود، از طریق اسکن کدهای پاسخ سریع یا تصویرهای تعبیه‌شده در کتاب‌های درسی، به محتوای تعاملی ای‌آر دسترسی داشته باشند. این محتواها اغلب شامل پویانمایی‌های سه‌بعدی، نمایش مسیر پرتوهای نور در محیط‌های گوناگون، مدل‌سازی تغییر مسیر نور در شکست، تغییر زاویه بازتاب در آینه‌های تخت و خمیده، و آزمایش‌های مجازی تعاملی هستند که امکان تغییر پارامترهای گوناگون مانند زاویه تابش، جنس محیط و فاصله‌ها را به دانش‌آموز می‌دهند.

به‌طور خاص، مفهوم شکست نور که تغییر مسیر پرتوهای نور هنگام عبور از یک محیط به محیط دیگر است، در محیط ای‌آر به‌صورت سه‌بعدی و پویا قابل مشاهده است. دانش‌آموزان می‌توانند با تنظیم زاویه‌های تابش و تغییر مواد محیط (مانند هوا، آب یا شیشه) مسیر دقیق پرتوهای نور را دنبال کنند و برای مثال قانون اسنل را به‌صورت تعاملی تجربه کنند، این تجربه به آن‌ها کمک می‌کند تا به درک عمیق‌تر و ملموس‌تری از مفاهیم هندسی و فیزیکی نور برسند. همچنین بازتاب نور

هم‌زمان با مشاهده دستگاه‌ها و تجهیزات، کارایی و دقت خود را افزایش دهند و خطاهای انسانی را کاهش دهند. این کاربردهای گسترده نشان می‌دهد که ای‌آر به‌عنوان یک فناوری چندوجهی، توانایی تحول در نحوه یادگیری و انجام کارها را دارد.

همچنین، با پیشرفت فناوری‌های مرتبط مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و پردازش ابری، قابلیت‌های ای‌آر روزبه‌روز افزایش می‌یابد و تجربه‌های تعاملی پیچیده‌تر و شخصی‌سازی‌شده‌تری ارائه می‌دهد که می‌تواند به فراگیرندگان کمک کند در محیط‌های یادگیری پویا و واقع‌گرایانه‌تر، دانش و مهارت‌های خود را توسعه دهند.

مطابق نظریه یادگیری چندحسی^۳، هنگامی که یادگیرنده در فرایند یادگیری به‌طور هم‌زمان از چند حس گوناگون مانند بینایی، شنوایی و لامسه استفاده می‌کند، درگیری ذهنی افزایش می‌یابد و اطلاعات عمیق‌تر و پایدارتر در حافظه بلندمدت ثبت می‌شوند (Shams & Seitz, 2008). این نظریه مبتنی بر این فرض است که تحریک چندگانه حواس، مسیرهای عصبی متعددی را فعال و یادگیری را تسهیل می‌کند.

پس واقعیت افزوده به‌عنوان ابزاری قدرتمند، بستری مناسب برای پیاده‌سازی یادگیری چندحسی فراهم می‌کند. نمایش تصویرهای سه‌بعدی، ارائه صداها و تعاملی و امکان تعامل فیزیکی با اشیای مجازی، یادگیرندگان را در محیطی چندحسی قرار می‌دهد که اطلاعات از کانال‌های گوناگون حسی دریافت و پردازش می‌شوند (Billinghurst & Andreas, 2012). این امر به‌ویژه برای فراگیرندگانی که سبک‌های یادگیری متنوعی دارند، مانند فراگیرندگان بصری و لمسی بسیار مؤثر است. علاوه بر آن، نظریه شناختی یادگیری چندرسانه‌ای ریچارد مایر (۲۰۰۱) اهمیت ترکیب کانال‌های گوناگون حسی برای ارائه اطلاعات را برجسته می‌کند. مایر معتقد است که مغز انسان ظرفیت محدودی برای پردازش اطلاعات در هر کانال حسی دارد و ارائه متوازن و هم‌زمان اطلاعات از طریق کانال‌های بصری و شنیداری، بارشناختی اضافی را کاهش می‌دهد و یادگیری را تسهیل می‌کند. این مدل که تحت عنوان نظریه بارشناختی شناخته می‌شود، به طراحی محیط‌های یادگیری کمک می‌کند تا با کاهش بار اضافی، درک و سازمان‌دهی بهتر اطلاعات را فراهم آورند (Sweller, 1988).

ترکیب فناوری واقعیت افزوده با اصول یادگیری چندحسی و نظریه یادگیری چندرسانه‌ای مایر می‌تواند محیط‌های یادگیری تعاملی، جذاب و مؤثرتری خلق کند که نیازهای شناختی و حسی فراگیرندگان را به‌صورت متوازن و بهینه پاسخ می‌دهد.

استفاده از فناوری واقعیت افزوده تعاملی تر و عملی تر می شود. به جای اینکه دانش آموزان فقط از کتاب های خشک فیزیک و فقط مطالب نظری (تئوری) استفاده کنند، می توانند آزمایش های فیزیکی را به صورت مجازی و در محیط سه بعدی ببینند و با آن ها تعامل داشته باشند (<https://arphysics.de>).

در ایران نیز تلاش هایی برای تولید چنین محتوایی در چارچوب برنامه درسی ملی آغاز شده است. ایده های واقعیت افزوده در آموزش فیزیک و یادگیری با هوش مصنوعی در حال توسعه و رشد هستند، ولی نسبت به کشورهای پیشرفته مثل آلمان یا شرکت های بین المللی مثل واقعیت افزوده در آموزش^۴ هنوز خیلی جای کار دارند.

چالش های به کارگیری ای آر در آموزش اپتیک – سازگاری محتوا با برنامه درسی

محتوای ای آر باید مطابق با استانداردهای آموزش فیزیک و برنامه درسی کشور باشد تا معلمان و دانش آموزان بتوانند آن را به راحتی به کار ببرند. محتوای ای آر باید دقیقاً با اهداف آموزشی کتاب درسی در بحث اپتیک هماهنگ باشد؛ به گونه ای که مفاهیمی مانند قوانین بازتاب و شکست نور، تشکیل تصویر در آینه ها و عدسی ها، و پدیده های نوری به صورت ملموس و تعاملی به دانش آموزان ارائه شود. این هم راستایی تضمین می کند که معلمان بتوانند از این فناوری به عنوان مکملی برای آزمایش های کلاسی و ابزاری برای آموزش بهتر استفاده کنند.

– توانمندسازی معلمان در کاربرد ای آر برای آموزش اپتیک

معلمان باید به مهارت های فنی و تربیتی مجهز شوند تا بتوانند فناوری ای آر را به صورت مؤثر در کلاس درس به کار گیرند، زیرا نبود آموزش تخصصی برای معلمان در استفاده از فناوری های نوین باعث کاهش اثربخشی این ابزارها می شود. دوره های ضمن خدمت حضوری یا مجازی (در وبگاه Ltms) بستر مناسبی برای این کار هستند.

– فراهم کردن تجهیزات مناسب برای اجرای محتوای ای آر اپتیک

تجهیزات سخت افزاری مانند گوشی های هوشمند و تبلت های دارای دوربین و حسگرهای پیشرفته برای اجرای برنامه های ای آر ضروری است. به دلیل هزینه بر بودن برخی تجهیزات و زیرساخت های مورد نیاز، لازم است توجه ویژه ای به مدرسه های کم برخوردار و روستایی شود تا نابرابری در بهره مندی از این فناوری رفع گردد و فرصت یادگیری برابر برای تمام دانش آموزان فراهم آید.

چه در آینه های تخت و چه خمیده با شبیه سازی های دقیق به دانش آموز امکان می دهد که تأثیر تغییرات شکل و زاویه آینه را مشاهده و فرضیه های گوناگون را در محیطی ایمن و بدون محدودیت تجهیزات آزمایش کنند.

از سوی دیگر، پدیده هایی مانند تداخل و پراش که در آزمایش های واقعی مشاهده آن ها دشوار و نیازمند تجهیزات پیشرفته است، در بستر واقعیت افزوده به صورت پویانمایی های سه بعدی و شبیه سازی های تعاملی قابل نمایش و فهم هستند. دانش آموزان می توانند الگوهای تداخل نور، نوارهای روشن و تاریک ناشی از تفاوت فاز نور و تأثیر تغییر فاصله مسیرها را به وضوح ببینند و تغییرات آن ها را در زمان واقعی دنبال کنند. این نوع تجربه های بصری و تعاملی به شدت در افزایش علاقه، مشارکت و درک مفاهیم کمک می کنند.

تحقیقات و تجربیات آموزشی متعددی نشان داده اند که به کارگیری فناوری واقعیت افزوده در آموزش مفاهیم علمی، به ویژه در حوزه های پیچیده ای مانند اپتیک، باعث افزایش انگیزه دانش آموزان، تعمیق فهم مفاهیم و بهبود یادگیری بلندمدت می شود (Kencana & et al. 2021). همچنین در پژوهش های انجام شده بر اهمیت توسعه محتوای واقعیت افزوده به زبان فارسی تأکید شده است تا امکان دسترسی و بهره برداری مؤثرتر دانش آموزان فارسی زبان از این فناوری فراهم شود و یادگیری مفاهیم دشوار فیزیکی تسهیل گردد (فاطمی سیدبیگلر، ۱۴۰۲).

از منظر عملی، بسیاری از مدرسه ها و دانشگاه ها به دلیل محدودیت های مالی و تجهیزات تخصصی، قادر به اجرای آزمایش های کامل و دقیق اپتیکی نیستند. در این شرایط، واقعیت افزوده امکان انجام آزمایش های مجازی، تعاملی و زنده را فراهم می کند که دانش آموزان می توانند پارامترهای آزمایش را به دلخواه تغییر دهند و نتیجه های آن را به صورت آنی مشاهده کنند. این قابلیت علاوه بر کاهش هزینه ها، افزایش ایمنی و دسترسی آسان، فرصت تکرار و یادگیری عمیق تر را فراهم می سازد.

نمونه های کاربردی

کتاب های درسی هوشمند: برخی انتشارات در دنیا، نسخه هایی از کتاب های فیزیک را منتشر کرده اند که همراه با برنامه (اپلیکیشن) های ای آر ارائه می شوند و دانش آموزان با هدف آموزش تعاملی و چندحسی به آن ها مراجعه می کنند.

برنامه (اپلیکیشن) های آموزشی: در یک برنامه که زیر نظر متخصصان آلمانی طراحی شده است، یادگیری فیزیک با



برای جلوگیری از سردرگمی و خستگی ذهنی دانش‌آموزان از جمله ضرورت‌های اساسی در این مسیر است. در نهایت، اگر واقعیت افزوده به‌صورت اصولی و بومی‌سازی‌شده وارد نظام آموزشی کشور شود، می‌تواند به پل ارتباطی میان دانش نظری و تجربه عملی تبدیل شود و آموزش فیزیک را به تجربه‌ای جذاب، فراگیر و مؤثر برای دانش‌آموزان ایرانی بدل کند. باین‌حال، موفقیت در بهره‌برداری از این فناوری نیازمند مواردی همچون آموزش معلمان و تولید محتوای متناسب با نیازهای بومی است.

پی‌نوشت‌ها

1. Augmented Reality (AR)
2. Virtual Reality (VR)
3. Multisensory Learning Theory
4. Augment Education

منابع

1. Wu; Hsin-Kai, Lee; Silvia Wen-Yu, Chang; Hsin-Yi, Liang; Jyh-Chong, (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education, Computers & Education, Vol. 62.
2. Ibáñez; María Blanca; Delgado Kloos; Carlos, (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review, Computers & Education, Vol. 123.
3. Azuma; Ronald T., (1997). A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, 355-385.
4. Billinghurst; Mark, Duenser; Andreas, (2012). Augmented Reality in the Classroom, Computer, Vol. 45.
5. Milgram; Paul, Kishino; Fumio, (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, IEICE Transactions on Information and Systems (Vol. E77 D, no. 12).
6. Bacca-Acosta, Jorge; Silvia Baldiris, (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications, Educational Technology & Society, Vol. 17, pp. 133-149.
7. Shams, L.; A. R. Seitz, (2008) Benefits of multisensory learning, Trends in Cognitive Sciences, Vol. 12, No. 11.
8. Billinghurst, Mark; Andreas, Duenser, (2012). Augmented Reality in the Classroom, Computer, Vol. 45, No. 7.
9. Mayer, Richard E., (2001). Multimedia Learning, Cambridge University Press.
10. Sweller, John, (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning, Cognitive Science, Vol. 12, No. 2.
11. Kencana, H. P., Iswanto, B. H., and Wibowo, F. C., (2021). Augmented Reality Geometrical Optics (AR-GiOs) for Physics Learning in High Schools, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 2019, No. 1.
۱۲. فاطمی سیدیگلو، شهلا (۱۴۰۲). واقعیت افزوده در آموزش فیزیک، دومین کنفرانس ملی مطالعات خانواده و مدرسه.
13. <https://arphysics.de>
14. Vidak, Andrej, Iva Movre Šapić, Vedran Mešić, and Vlatka Gomzi, (2023). Augmented Reality Technology in Teaching about Physics: A Systematic Review of Opportunities and Challenges, European Journal of Physics, Vol. 44, No. 1.

– بومی‌سازی محتوای ای‌آر با محوریت آموزش اپتیک

توجه به فرهنگ، زبان و نیازهای محلی در طراحی محتوای ای‌آر ضروری است تا دانش‌آموزان ارتباط بهتری با آن برقرار کنند. اغلب محتوای ای‌آر به زبان انگلیسی و براساس استانداردهای آموزشی خارجی توسعه‌یافته است و محتوای فارسی و سازگار با برنامه درسی ایران محدود است. محتوا باید متناسب با زبان فارسی و فرهنگ ایرانی طراحی و مثال‌ها و کاربردها باید با شرایط روزمره و علمی کشور منطبق باشد. تولید محتوا براساس آزمایش‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی موجود در مدرسه‌های ایران، موجب افزایش درک بهتر دانش‌آموزان خواهد شد.

– مدیریت بارشناختی در ارائه مفاهیم اپتیک با ای‌آر

مفاهیم اپتیک به‌دلیل ماهیت بصری و چندوجهی بودنشان، ممکن است بارشناختی زیادی را ایجاد کنند. طراحی محتوای ای‌آر باید به‌گونه‌ای باشد که دانش‌آموزان بتوانند به‌تدریج و مرحله‌به‌مرحله با پدیده‌های نوری آشنا شوند و از ارائه اطلاعات پیچیده و چندگانه هم‌زمان پرهیز و بازخوردهای مناسب و ساده ارائه شود. این امر به جلوگیری از خستگی ذهنی و حفظ تمرکز دانش‌آموزان کمک شایانی خواهد کرد.

در مطالعه‌ای سیستماتیک بر ۹۶ مقاله، بهبود درک مفهومی و انگیزه یادگیری با استفاده از ای‌آر در آموزش فیزیک گزارش شد، اما هشدار داده شد که طراحی نامناسب محتوا و پیچیدگی محیط ای‌آر می‌تواند باعث افزایش بارشناختی و خستگی ذهنی دانش‌آموزان شود (Vidak & et al. 2023).

نتیجه‌گیری

با توجه به دشواری‌های آموزش مفاهیم انتزاعی و سه‌بعدی اپتیک در کتاب‌های درسی فعلی و کمبود امکانات آزمایشگاهی در بسیاری از مدرسه‌های کشور، به‌ویژه در مناطق کم‌برخوردار، فناوری واقعیت افزوده (ای‌آر) می‌تواند راهکاری نوآورانه و مؤثر برای بهبود آموزش فیزیک باشد. این فناوری با ایجاد تجربه‌های ملموس، تعاملی و چندحسی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مفاهیمی مانند شکست نور، بازتاب، پراش و تداخل را به‌صورت عینی و قابل فهم درک کنند. تجربه‌های موفق جهانی و تلاش‌های اولیه‌ای که آغاز شده‌اند، نشان می‌دهند استفاده هدفمند از ای‌آر می‌تواند به افزایش انگیزه، درک بهتر مفاهیم و یادگیری پایدار دانش‌آموزان منجر شود. باین‌حال، برای بهره‌برداری مؤثر از این فناوری در مدرسه‌های ایرانی، لازم است محتواهای آموزشی متناسب با زبان فارسی، فرهنگ بومی و اهداف برنامه درسی ملی طراحی شوند. همچنین، توانمندسازی معلمان، تأمین تجهیزات لازم و مدیریت صحیح محتوای دیجیتال



کاربرد مفاهیم فیزیک ماده چگال در آموزش متوسطه با رویکرد یادگیری مبتنی بر تجربه و فناوری های نوین

عطیه برادران هزاوه

دبیر دبیرستان، دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک ماده چگال دانشگاه اراک

چکیده

درک آن ها بدون بهره گیری از روش های تعاملی و عمیق، برای دانش آموزان دشوار خواهد بود (Mirzajani & Saedi, 2020). در میان شاخه های گوناگون فیزیک، فیزیک ماده چگال از جمله حوزه های پیشرفته و نوین (مدرن) محسوب می شود. این شاخه به بررسی ویژگی های فیزیکی مواد در مقیاس اتمی و مولکولی می پردازد. موضوع هایی مانند رسانایی، ابررسانایی، مغناطیس، اثر هال و ساختارهای بلوری در این حوزه جای می گیرند. با وجود نقش پررنگ این مباحث در فناوری های روزمره نظیر تراشه های پردازنده، ترانزیستورها، صفحه های لمسی، حافظه های مغناطیسی و سامانه های تصویربرداری ام آر آی، جایگاه آن ها در کتاب های درسی مدرسه های ایران بسیار محدود است (Jalilvand & Ahmadi, 2021).

یکی از دلایل های این کم توجهی، دشواری در ساده سازی و انتقال مطالب پیچیده به زبان قابل فهم برای دانش آموزان است. علاوه بر آن، کمبود تجهیزات آموزشی مناسب و نبود منابع بومی و قابل استفاده در کلاس درس نیز این مسئله را تشدید کرده اند. این در حالی است که اگر مفاهیم ماده چگال به درستی آموزش داده شوند، می توانند راهی برای آشنایی فراگیرندگان با دنیای فناوری باشند (سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی، ۱۴۰۰). در این مقاله، سعی شده است الگویی نوآورانه، کاربردی و قابل اجرا برای آموزش مفاهیم فیزیک ماده چگال در مدرسه های متوسطه ارائه شود. این الگو بر پایه سه محور اصلی طراحی شده است. این محورها شامل تجربه های روزمره دانش آموزان (مانند کار با گوشی های هوشمند و کارت های بانکی)، فناوری های نوین آموزشی (مانند واقعیت افزوده و شبیه سازی های تعاملی)، و روش های یادگیری فعال و پروژه محور هستند.

هدف اصلی این رویکرد، تسهیل درک مفاهیم دشوار، افزایش جذابیت درس فیزیک برای دانش آموزان و توانمندسازی معلمان

فیزیک ماده چگال به دلیل ماهیت انتزاعی و پیچیده اش، یکی از دشوارترین مباحث در آموزش متوسطه محسوب می شود. این پژوهش با هدف ارائه الگویی نو برای آموزش مفاهیم کلیدی این حوزه، به استفاده از فعالیت های مبتنی بر زندگی روزمره، فناوری های تعاملی و رویکرد آموزش پروژه محور^۱ می پردازد. در این راستا، پنج فعالیت عملی شامل مشاهده اثر هال، ساخت مدار ال ای دی^۲، شبیه سازی میدان مغناطیسی در حافظه، بررسی تبخیر الکل، و مدل سازی ابررسانایی طراحی و اجرا شدند. یافته های مطالعه ای موردی با مشارکت ۳۲ دانش آموز پایه یازدهم نشان داد که درک مفاهیم و علاقه مندی به فیزیک در گروه آزمایش، نسبت به گروه کنترل، به صورت قابل توجه افزایش یافته است. اگرچه چالش هایی مانند کمبود امکانات آزمایشگاهی، ضعف در بهره گیری از فناوری های نو، و محدودیت های برنامه درسی وجود دارد، اما نتیجه ها نشان می دهند که رویکردی تلفیقی و مبتنی بر تجربه می تواند به یادگیری عمیق و پایدار مطالب دشوار فیزیکی در سطح متوسطه منجر شود با این حال، پایداری بلندمدت یادگیری نیاز به بررسی بیشتر دارد.

کلیدواژه ها: آموزش فیزیک، فیزیک ماده چگال، یادگیری فعال، واقعیت افزوده، پروژه محور

مقدمه

فیزیک یکی از ستون های اصلی علوم پایه است و در پیشرفت فناوری، صنعت، پزشکی و بسیاری دیگر از حوزه های زندگی بشر نقشی اساسی ایفا می کند. با این حال، آموزش فیزیک در سطح متوسطه همواره با چالش هایی روبه رو بوده است. دلیل اصلی آن، ماهیت انتزاعی و پیچیده بسیاری از مفاهیم این علم است که

در استفاده از ابزارهای آموزشی نوین است. هدف این است که چنین الگویی بتواند در جهت بهبود کیفیت آموزش فیزیک در مدرسه‌های کشور گامی مؤثر باشد.

تعریف فیزیک ماده چگال

فیزیک ماده چگال^۴ شاخه‌ای از فیزیک است که به مطالعه خواص فیزیکی ماده در حالت‌های چگال مانند جامدات و مایعات می‌پردازد. این شاخه ترکیبی از مکانیک کوانتومی، مکانیک آماری و الکترومغناطیس را برای توصیف پدیده‌هایی مانند رسانایی^۵، مغناطیس^۶، ابررسانایی^۷ و ساختار بلورین^۸ به کار می‌گیرد (Ashcroft & Mermin, 1976; Horowitz & Hill, 2015).

پیشینه پژوهشی و تأثیر آموزش مفاهیم پیچیده در دوره متوسطه

پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که بهره‌گیری از روش‌های نوین آموزشی مانند یادگیری مبتنی بر پروژه^۹ و استفاده از فناوری‌های نو ظهور می‌تواند به شکل قابل توجهی در درک بهتر موضوع‌های پیشرفته‌ای نظیر فیزیک ماده چگال مؤثر باشد (Horowitz & Hill, 2015). برای نمونه، استفاده از فناوری‌هایی نظیر واقعیت افزوده^{۱۰} در آموزش مباحث دشوار به بهبود درک مفهومی و افزایش میزان یادگیری در میان دانش‌آموزان منجر شده است (حسینی، ۱۴۰۰). همچنین، استفاده از رویکردهای پروژه‌محور در آموزش موضوع‌هایی چون ابررسانایی، موجب افزایش انگیزه یادگیری در فراگیرندگان شده است (خالقی و احمدی، ۱۳۹۹). فعالیت‌هایی همچون ساخت پروژه‌های فیزیکی در محیط‌های کارگاهی نوآورانه به رشد تفکر انتقادی و خلاقیت کمک کرده‌اند. ترکیب فناوری با آموزش مفاهیم انتزاعی علمی بر میزان مشارکت شناختی و ارتقاء سطح خلاقیت فراگیرندگان تأثیر مثبتی داشته است (فلاح، ۱۴۰۱).

این روش‌ها به‌ویژه با رویکرد استیم^{۱۱} هم‌راستا هستند، که یادگیری یکپارچه و بین‌رشته‌ای را ترویج می‌دهد و بر حل مسائل واقعی از طریق تلفیق علوم، فناوری، مهندسی، هنر و ریاضیات تأکید دارد (خالقی و احمدی، ۱۳۹۹). همچنین، مدل یادگیری پنج‌ای^{۱۲} که از مدل سه‌مرحله‌ای یادگیری^{۱۳} توسعه یافته و بعداً به مدل هفت‌ای^{۱۴} تعمیم داده شده است، چارچوبی مناسب برای طراحی فعالیت‌های آموزشی در این پژوهش فراهم کرده است (زیمانسکی و دیتمن، ۱۳۹۲).

تحلیل نظری شیوه پیشنهادی آموزش مفاهیم فیزیک ماده چگال

با توجه به ماهیت انتزاعی مباحث فیزیک ماده چگال مانند ابررسانایی، مغناطیس و رسانایی الکتریکی، یادگیری این مباحث در سطح آموزش متوسطه همواره با چالش‌های مفهومی و

شناختی همراه بوده است. نظریه‌های یادگیری سازنده‌گرایانه^{۱۵} به‌ویژه در شکل‌های عملی آن مانند یادگیری مبتنی بر پروژه و یادگیری از طریق تجربه، تأکید دارند که فراگیرندگان زمانی مباحث پیچیده علمی را بهتر درک می‌کنند که آن‌ها را در بستر زندگی روزمره و از طریق فعالیت‌های معنادار لمس کنند (فلاح، ۱۴۰۱). در این راستا، استفاده از فناوری‌های نوین مانند واقعیت افزوده، ابزارهای دیجیتال تعاملی و سناریوهای شبیه‌سازی شده نه تنها باعث ارتقای جذابیت آموزش می‌شوند، بلکه امکان مدل‌سازی پدیده‌های پیچیده را برای فراگیرندگان فراهم می‌کنند؛ چیزی که در شرایط سنتی کلاس درس ممکن نیست (حسینی، ۱۴۰۰).

از دیدگاه نظریه بارشناختی^{۱۶} کاهش بار غیرضروری شناختی از طریق عینی‌سازی مفاهیم و استفاده از فناوری می‌تواند فهم مطالب انتزاعی مانند جهت مغناطش، اثر هال یا رفتار رساناها را تسهیل کند. همچنین، نظریه دوگانه پردازش^{۱۷} بر نقش ترکیب تصویرها و اطلاعات کلامی تأکید دارد؛ این مقاله با استفاده از ابزارهای تصویری و فیزیکی از این دیدگاه نیز بهره برده است (زیمانسکی و دیتمن، ۱۳۹۹).

از منظر مدل هفت‌ای یادگیری، که در چارچوب یادگیری علوم در مدرسه‌ها توصیه می‌شود، الگوی ارائه‌شده در مقاله از طریق فعالیت‌های طراحی‌شده، فراگیرنده را درگیر می‌کند^{۱۸}، بستر تجربه‌ورزی را فراهم می‌کند^{۱۹}، از طریق بحث گروهی و تحلیل نتیجه‌ها به تبیین مفاهیم علمی منجر می‌شود^{۲۰}، و با ارزیابی و بسط دانش^{۲۱} یادگیری را تکمیل کرده است. این رویکرد با توصیه‌های پژوهش‌های اخیر برای تحول در آموزش مطالب پیشرفته فیزیکی در مدرسه‌ها هم‌راستا است. در مجموع از منظر نظری، این الگو با تکیه بر اصول یادگیری فعال، سازنده‌گرایی اجتماعی، تلفیق فناوری و یادگیری مبتنی بر مسئله، بنیان نظری قابل‌اتکایی دارد. با این حال در پیاده‌سازی این مدل، نیاز به تطبیق آن با شرایط بومی، منابع آموزشی و سطح علمی معلمان، ضروری به نظر می‌رسد.

روش‌شناسی پژوهش

برای بررسی کارایی الگوی پیشنهادی، پژوهش به صورت نیمه تجربی^{۲۲} با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون همراه با گروه کنترل طراحی و اجرا شد. جامعه آماری تحقیق شامل ۳۲ دانش‌آموز دختر پایه یازدهم رشته ریاضی فیزیک در دو مدرسه متفاوت (یکی دولتی و دیگری غیرانتفاعی) در شهرستان کمijan بود. برای اطمینان از Z همگنی گروه‌ها، پیش‌آزمون با استفاده از آزمون پیشرفت تحصیلی انجام شد و نتیجه‌ها نشان داد که تفاوت معناداری بین گروه‌های آزمایش و کنترل وجود ندارد ($p < 0.05$). فراگیرندگان به صورت تصادفی به دو گروه کنترل و آزمایش تقسیم شدند. گروه آزمایش به مدت پنج هفته با روش پروژه‌محور همراه با فناوری و فعالیت‌های عملی آموزش

رسانا یا نیمه‌رسانا در حضور میدان مغناطیسی منحرف می‌شود و ولتاژ عرضی ایجاد می‌کند. این اثر در صفحه‌های لمسی گوشی‌ها و لپ‌تاپ‌ها برای تشخیص موقعیت انگشت کاربرد دارد و ارتباط مفهومی مؤثری بین فراگیرنده و زندگی روزمره ایجاد شد (Hall, 1879).

با استفاده از یک سیم حامل جریان، آهن‌ربای نعل اسبی و ولت‌متر دیجیتال، دانش‌آموزان ولتاژ عرضی ناشی از انحراف را بارها در میدان مغناطیسی اندازه‌گیری کردند.

– حافظه‌های مغناطیسی و ذخیره‌سازی اطلاعات
مواد مغناطیسی^{۲۷} قابلیت حفظ جهت مغناطش را دارند و در حافظه‌های مغناطیسی استفاده می‌شوند. آموزش این مفهوم با نمایش براده آهن در میدان مغناطیسی و مدل‌سازی جهت‌گیری مغناطیسی امکان‌پذیر است (Chappert & et al., 2007).
براده آهن روی کاغذ در مجاورت آهن‌ربا ریخته شد تا خطوط میدان مغناطیسی قابل مشاهده شود. سپس مفهوم ذخیره‌سازی اطلاعات با جهت‌گیری مغناطیسی در حافظه‌ها مانند هارددیسک و فلش بررسی شد. دانش‌آموزان با ساخت مدل ساده‌ای از حافظه مغناطیسی، رمزگذاری داده‌ها را شبیه‌سازی کردند.

– ترمودینامیک آماری و عملکرد یخچال
مفاهیم ترمودینامیکی^{۲۸} از جمله قانون دوم، به‌صورت کاربردی در یخچال‌ها دیده می‌شوند. تبخیر مبرد باعث جذب گرما و خنک‌شدن محیط می‌شود (زیمانسکی و دیتمن، ۱۳۹۹).
تبخیر الکل برای نمایش جذب گرما و کاهش دما به‌عنوان مثالی از قانون دوم ترمودینامیک استفاده شد. با تبخیر الکل، افت دما در سطح ظرف مشاهده شد و مفهوم گرمای نهان تبخیر، جذب گرما و قانون دوم ترمودینامیک به‌صورت تجربی آموخته شد.

– ابررساناها و قطارهای مغناطیسی
ابررساناها^{۲۹} موادی هستند که در دمای بسیار پایین مقاومت الکتریکی آن‌ها به صفر می‌رسد و میدان مغناطیسی را دفع می‌کنند (اثر میسنر^{۳۰}). این ویژگی در ساخت قطارهای مغناطیسی شناور و ام‌آرآی کاربرد دارد. طراحی مدل‌های آموزشی ساده برای مشاهده این پدیده توصیه می‌شود (Tinkham, 2004).
برای درک مفهوم مقاومت صفر، می‌توان رابطه (۱) را بررسی کرد.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

در شرایط ابررسانایی، با وجود عبور جریان ($I \neq 0$)، ولتاژ

دیدند؛ درحالی‌که گروه کنترل آموزش سنتی را دنبال کرد. لازم به ذکر است که مفاهیم فیزیک ماده چگال (نیمه‌رسانایی، مغناطیس، اثر هال، ابررسانایی و گرما) در سرفصل‌های مستقیم کتاب‌های درسی فیزیک پایه یازدهم وجود ندارند. بنابراین، برای گروه کنترل، محتوای آموزشی به‌صورت تشریحی و با استفاده از جزوه‌های مکمل مبتنی بر کتاب‌های درسی فیزیک عمومی و مفاهیم مرتبط (مانند قوانین الکتریسیته و مغناطیس) ارائه شد. برای سنجش میزان تأثیر این الگو بر یادگیری و نگرش فراگیرندگان، از دو ابزار پژوهشی استفاده شد:

الف) آزمون پیشرفت تحصیلی طراحی شده توسط پژوهشگر شامل ۲۰ سؤال استاندارد از مفاهیم کلیدی فیزیک ماده چگال (نیمه‌رسانایی، مغناطیس، اثر هال، ابررسانایی و گرما) با ضریب پایایی ۰/۸۴ (محاسبه‌شده با روش آلفای کرونباخ^{۳۱}).
سؤال‌های آزمون شامل مفاهیمی چون شناسایی نوع مواد از طریق نمودار رسانایی، تحلیل جریان در مدارهای نیمه‌هادی، جهت‌گیری مغناطیسی، و تفسیر پدیده اثر هال بودند. برای نمونه، یکی از سؤال‌ها چنین بود: «در یک مدار دارای دیود نوری، در صورت معکوس‌شدن قطب‌ها چه رفتاری مشاهده می‌شود؟» (پیوست ۱: نمونه‌سؤالات آزمون).

ب) پرسش‌نامه نگرش به درس فیزیک با ۱۵ گویه پنج‌گزینه‌ای بر پایه مقیاس لیکرت، که روایی آن را پنج نفر از استادان علوم تربیتی تأیید کردند. گویه‌های پرسش‌نامه نگرش، ابعاد علاقه، انگیزه و اعتمادبه‌نفس را سنجیدند. تحلیل آماری با استفاده از آزمون t مستقل برای مقایسه میانگین‌ها و تحلیل کوواریانس^{۳۲} جهت کنترل متغیرهای مزاحم صورت گرفت.

مثال‌های کاربردی برای آموزش مفاهیم ماده چگال

– تلفن همراه و مدارهای نیمه‌رسانا
نیمه‌رساناها^{۳۵} موادی هستند که رسانایی آن‌ها بین رسانا و نارسانا قرار دارد. این مواد در ساخت تراشه‌ها و پردازنده‌های الکترونیکی کاربرد دارند. با طراحی پروژه‌هایی مانند ساخت مدار ساده، می‌توان دانش‌آموزان را با نحوه عبور جریان، جهت جریان، مقاومت و عملکرد قطعات الکترونیکی آشنا کرد (Horowitz & Hill, 2015).

با استفاده از باتری، دیود، مقاومت و برد، یک مدار الکتریکی ساده طراحی کردند. سپس با تغییر جهت جریان، عملکرد دیود نوری را بررسی و پدیده‌های پلاریته، رسانایی جهت‌دار و ولتاژ شکست را مشاهده و تحلیل کردند. این فعالیت مفاهیم نظری نیمه‌رسانایی را به شکلی ملموس تبدیل کرد.

– صفحه‌های لمسی و اثر هال
اثر هال^{۳۶} پدیده‌ای است که در آن جریان الکتریکی در یک

(V) صفر می‌شود و در نتیجه $R = 0$ خواهد بود. این ویژگی در فیزیک ماده چگال به پدیده اثر میسنر نیز پیوند دارد، که در آن خطوط میدان مغناطیسی از داخل ابررسانا دفع می‌شوند (Tinkham, 2004).

با توجه به محدودیت تجهیزات، از ویدئوهای معتبر آزمایشگاهی و شبیه‌سازی واقعیت افزوده استفاده شد. دانش‌آموزان مشاهده کردند که چگونه در دمای بحرانی، مقاومت الکتریکی به صفر می‌رسد و میدان مغناطیسی از جسم ابررسانا دفع می‌شود. پدیده شناوری آهنربا بر سطح دیسک ابررسانا به صورت مجازی تدریس شد.

در صورت مجهز بودن آزمایشگاه، می‌توان این آزمایش را نیز انجام داد: دیسک ابررسانا را با نیتروژن مایع سرد می‌کنیم تا به دمای بحرانی برسد. سپس آهنربا را روی آن قرار می‌دهیم و به دلیل اثر میسنر، آهنربا به صورت معلق و شناور باقی می‌ماند.

چالش‌های اجرایی و راهکارهای پیشنهادی برای مدرسه‌های ایران

آموزش فیزیک ماده چگال در مدرسه‌های ایران، برای اجرای الگوهای نوین با موانع ساختاری و اجرایی متعددی مواجه است. مهم‌ترین چالش‌ها و راهکارهای پیشنهادی در ادامه بررسی می‌شوند.

– کمبود تجهیزات و زیرساخت‌های آزمایشگاهی

در بسیاری از مدرسه‌ها، حتی در مناطق شهری، ابزارهایی مانند منبع تغذیه، دیود، تابلوهای (بردهای) آموزشی یا حسگرهای ساده موجود نیستند. این کمبود در مدرسه‌های دولتی مناطق روستایی شدیدتر بوده و اجرای آموزش عملی را به شدت محدود می‌کند (سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، ۱۴۰۰؛ Mirza-jani & Saeedi, 2020).

راهکار پیشنهادی: تهیه بسته‌های آزمایشگاهی کم‌هزینه و قابل حمل با اجزای ساده مانند مولتی‌متر، سلول خورشیدی، آهن‌ربا، دیود، ترمیستور و بردهای آردینو می‌تواند جایگزین تجهیزات گران‌قیمت شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کیت‌های آزمایشگاهی کوچک و ارزان، توانسته‌اند یادگیری مفاهیم را به طور قابل توجهی در محیط‌های آموزشی کم‌منبع افزایش دهند (فلاح، ۱۴۰۱).

– ضعف آموزش معلمان در فناوری‌های نوین

بسیاری از معلمان فیزیک، با فناوری‌هایی مانند واقعیت افزوده، آموزش مبتنی بر پروژه یا برنامه‌سازی آشنایی کافی ندارند و در برابر استفاده از این روش‌ها مقاومت نشان می‌دهند (Jalilvand & Ahmadi, 2021).

راهکار پیشنهادی: برگزاری دوره‌های ضمن خدمت هدفمند

با محوریت طراحی پروژه، کار با سنسورها و نرم‌افزارهای آموزشی می‌تواند دانش معلمان را ارتقا و مقاومت آن‌ها را در برابر روش‌های نو کاهش دهد. مطالعات نشان می‌دهند که آموزش عملی و پروژه‌محور برای معلمان اثربخشی بیشتری نسبت به کارگاه‌های نظری داشته است.

نمونه‌ای از ابزارهای قابل استفاده برای آموزش مفاهیم فیزیک با واقعیت افزوده، برنامه‌های کاربردی مانند جئوجبرا-آر^۳، مرج کیوب ای آر^۳ یا آگمنت^{۳۳} هستند که امکان مدل‌سازی سه‌بعدی ساختارهای بلوری، میدان مغناطیسی و جریان در مدار را با استفاده از گوشی هوشمند فراهم می‌کنند.

– برنامه درسی فشرده و تمرکز بر حل سؤال‌های چندگزینه‌ای

ساختار برنامه درسی در پایه یازدهم فرصت کافی برای اجرای فعالیت‌های عملی یا یادگیری عمیق فراهم نمی‌کند. تمرکز نظام ارزشیابی نیز همچنان بر آزمون سراسری (کنکور) و سؤال‌های چندگزینه‌ای (تست) است و انگیزه‌ای برای تدریس پروژه‌محور در مدرسه‌ها وجود ندارد (Mirzajani & Saeedi, 2020).

راهکار پیشنهادی: بازطراحی بخشی از محتوای کتاب‌های درسی فیزیک با رویکرد پروژه‌محور و گنجاندن مفاهیم فناورانه (مانند واقعیت افزوده، داده‌برداری دیجیتال و کاربردهای فیزیک در زندگی) می‌تواند شرایط لازم برای اجرای آموزش‌های نوین را فراهم کند. همچنین، ارزشیابی جایگزین مانند ارائه پروژه، آزمایش‌های عملی یا سخنرانی کلاسی به جای سؤال‌های چندگزینه‌ای، در کشورهایی موفق در آموزش علوم تجربه شده و موفق بوده‌اند (خالقی و احمدی، ۱۳۹۹؛ زیمانسکی و دیتمن، ۱۳۹۹).

نتیجه‌های تجربی و تحلیل داده‌ها

در طول پنج هفته اجرای برنامه آموزشی، گروه آزمایش که با روش پروژه‌محور و فناوری‌محور آموزش دیدند، در مقایسه با گروه کنترل که از روش سنتی استفاده کردند، عملکرد بهتری نشان دادند. میانگین نمره‌های آزمون پیشرفت تحصیلی در گروه آزمایش $16/88$ (انحراف معیار $= 0/75$) و در گروه کنترل $13/17$ (انحراف معیار $= 0/37$) بود (جدول ۱ و شکل ۲). آزمون t مستقل نشان داد که این تفاوت از نظر آماری معنادار است ($t(62) = 4/52$, $P < 0/01$). همچنین، تحلیل کوواریانس با کنترل متغیرهای مزاحم نظیر نمره‌های پیش‌آزمون و نوع مدرسه (دولتی یا غیرانتفاعی) انجام شد و نتیجه‌ها تأیید کردند که اثر روش آموزشی پروژه‌محور معنادار است ($F(1/61) = 12/34$, $P < 0/01$). این یافته‌ها نشان‌دهنده تأثیر مثبت روش پیشنهادی بر یادگیری دانش‌آموزان است. در پرسش‌نامه مربوط به نگرش نسبت به درس فیزیک نیز، ۷۸٪ از دانش‌آموزان گروه آزمایش اظهار کردند که علاقه‌مندی

بحث و نتیجه گیری نظری

نتیجه‌های به‌دست آمده از اجرای الگوی آموزش مبتنی بر پروژه در مفاهیم فیزیک ماده چگال نشان داد که استفاده از آموزش پروژه‌محور مبتنی بر فناوری و فعالیت‌های تجربی می‌تواند فهم مطالب فیزیک ماده چگال را به‌طور معناداری افزایش دهد. این یافته با اصول نظری یادگیری سازنده‌گرایانه هم‌راستاست؛ نظریه‌ای که بر فعال بودن یادگیرنده در فرایند ساخت دانش و یادگیری در زمینه‌های واقعی و معنادار تأکید دارد.

این الگو با نظریه بارشناختی و کدگذاری دوگانه هم‌راستاست و با کاهش بار شناختی غیرضروری، مباحث را در حافظه تثبیت می‌کند. با بهره‌گیری از ابزارهای چندحسی و تعاملی، بخشی از بار شناختی غیرضروری حذف و امکان تمرکز دانش‌آموز بر موضوع‌های اصلی فراهم می‌شود. افزون بر آن، استفاده از تصویرها، مدل‌ها و شبیه‌سازی‌های واقعیت افزوده باعث پردازش موازی اطلاعات تصویری و کلامی شده و به تثبیت مفاهیم منجر می‌شود (فلاح، ۱۴۰۱).

این پژوهش همچنین نشان می‌دهد پیوند بین نظریه و عمل، حتی در محیط آموزشی محدود مانند مدرسه‌های دولتی ایران، با طراحی مناسب و انطباق محتوایی امکان پذیر است. پژوهش‌ها اشاره کرده‌اند که یادگیری پروژه‌محور نه تنها درک عمیق‌تری از مفاهیم علمی ایجاد می‌کند، بلکه به رشد تفکر انتقادی و انگیزه‌مندی علمی نیز منجر می‌شود (فلاح، ۱۴۰۱؛ زیمانسکی و دیتمن، ۱۳۹۹).

بنابراین، پژوهش حاضر تنها گزارش یک تجربه آموزشی نیست، بلکه تلاشی است برای اثبات قابلیت اجرای الگوهای نظری نوین در بستر آموزشی ایران با تکیه بر بومی‌سازی، انعطاف و بهره‌گیری هدفمند از فناوری‌های در دسترس. اگرچه نتیجه‌های پژوهش نشان‌دهنده تأثیر معنادار روش آموزش مبتنی بر پروژه در مدت کوتاه (پنج هفته) است، اما ارزیابی بلندمدت پایداری یادگیری و ماندگاری انگیزه دانش‌آموزان صورت نگرفته و این موضوع یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر به‌شمار می‌رود. برای جبران این کاستی پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از ارزیابی‌های تأخیری^{۳۴} در بازه‌های زمانی سه یا شش‌ماهه استفاده شود تا دوام مفاهیم در حافظه بلندمدت و ماندگاری نگرش علمی بررسی شود.

با این حال، پژوهش‌های مشابه در زمینه آموزش مبتنی بر تجربه نشان داده‌اند که مطالب آموخته‌شده از طریق پروژه‌های عملی، نسبت به روش‌های سنتی در حافظه بلندمدت پایداری بیشتری دارند (خالقی و احمدی، ۱۳۹۹). لذا می‌توان با احتیاط نتیجه گرفت که احتمال دوام یادگیری نیز در این الگو زیاد بوده است.

پیشنهادهای اجرایی مبتنی بر منابع علمی

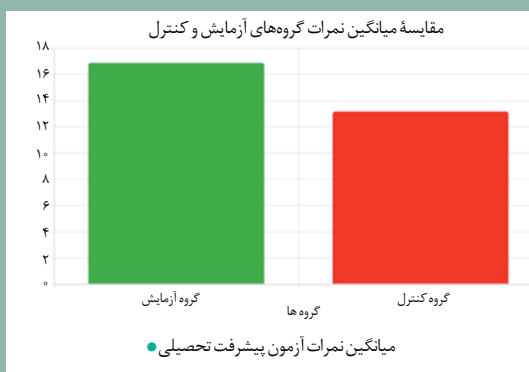
۱. پروژه‌هایی با استفاده از حسگرها، واقعیت افزوده و برنامه‌نویسی ساده در برنامه درسی گنجانده شود تا آموزش

آن‌ها به فیزیک و رشته‌های مرتبط افزایش یافته است. این یافته‌ها با نتیجه‌های مصاحبه‌های کیفی نیز تقویت شد. یکی از فراگیرندگان اظهار کرد: «بررسانا برایم فقط یک کلمه عجیب بود، اما وقتی مشاهده کردم آهنربا روی آن شناور می‌ماند، تازه متوجه شدم واقعاً چیست.»

این بازخوردها نشان می‌دهد که حتی تجربه‌های ساده عملی می‌توانند در فهم مطالب پیچیده مؤثر باشند و اعتمادبه‌نفس علمی دانش‌آموزان را افزایش دهند. به شرط آنکه چنین رویکردی با پشتیبانی اجرایی، آموزش معلمان و اصلاح نظام ارزشیابی همراه شود، می‌توان از آن به‌عنوان راهی کاربردی برای ارتقاء فهم مباحث دشوار فیزیکی در سطح متوسطه بهره گرفت.

جدول ۱. نتایج مقایسه آماری نمره‌های پیشرفت تحصیلی بین گروه‌های آزمایش و کنترل

گروه	بیشترین نمره	کم‌ترین نمره	انحراف معیار	میانگین
آزمایش	۱۸/۳	۱۵/۵	۰/۷۵	۱۶/۸۸
کنترل	۱۴	۱۲/۵	۰/۳۷	۱۳/۱۷



اختلاف میانگین ۳/۷ واحد بین دو گروه، با توجه به انحراف معیار پایین هر دو گروه، از نظر آماری معنادار است (با فرض آزمون t و مقدار $p > 0.05$). پراکندگی بیشتر نمره‌ها در گروه آزمایش نشان‌دهنده تنوع سطح یادگیری است که معمولاً در آموزش پروژه‌محور طبیعی است. گروه کنترل با انحراف معیار پایین‌تر و میانگین ثابت‌تر نشان می‌دهد که آموزش سنتی در تغییر سطح یادگیری تأثیر کمتری دارد.

فیزیک کاربردی تر گردد.

۲. از فناوری واقعیت افزوده برای مدل سازی ساختارهای مولکولی استفاده شود.

فعالیت پیشنهادی: مشاهده ساختار بلوری با واقعیت افزوده ابزار: برنامه کاربردی (اپلیکیشن) ای آر، گوشی هوشمند

فعالیت: مشاهده ساختار سه بعدی بلور، تحلیل صفحه های اتمی

۳. یادگیری مبتنی بر مسئله^{۳۵} برای تحلیل وسایل روزمره پیاده سازی شود (فلاح، ۱۴۰۱).

فعالیت پیشنهادی: چه عواملی باعث افزایش دمای گوشی هوشمند می شوند؟

- تحلیل عملکرد پدازنده، باتری، و اثرات ترمودینامیکی
- ارتباط با قانون دوم ترمودینامیک

۴. آزمایش های خانگی و کم هزینه برای یادگیری مباحث کلیدی اجرا شوند (Chappert & et al., 2007).

۵. با دعوت از دانشجویان تحصیلات تکمیلی برای برگزاری کارگاه ها، پیوند میان دانشگاه و مدرسه تقویت گردد.

در حالی که استفاده از روش هایی مانند یادگیری مبتنی بر پروژه و فناوری واقعیت افزوده پیش تر در آموزش فیزیک مورد توجه قرار گرفته، نوآوری رویکرد حاضر در آن است که موضوع های پیچیده فیزیک ماده چگال را به صورت هدفمند با فناوری های ملموس و روزمره در زندگی فراگیرندگان تلفیق می کند. برخلاف پژوهش هایی که عمدتاً بر مطالب پایه ای فیزیک نظیر نیرو، حرکت یا گرما تمرکز داشته اند، در این طرح آموزشی برای نخستین بار تلاش شده است تا مباحث پیشرفته تری مانند ابررسانایی، اثر هال و حافظه مغناطیسی در قالب پروژه های ساده، قابل اجرا و قابل درک برای سطح متوسطه طراحی شوند. از جمله نوآوری های دیگر می توان به طراحی فعالیت های عملیاتی نظیر مدل سازی اثر میسنر و تحلیل عملکرد صفحه های لمسی با استفاده از ابزارهای در دسترس اشاره کرد؛ فعالیت هایی که شبیه سازی مفاهیم کوانتومی را در محیط کلاس درس ممکن می کنند. این جنبه از طراحی آموزشی، که به ندرت در پژوهش های پیشین مورد توجه بوده، امکان درک عمیق تری از پدیده های فیزیکی را در سطح آموزش عمومی فراهم می کند (خالقی و احمدی، ۱۳۹۹؛ فلاح، ۱۴۰۱).

توضیح در مورد منبع مقاله: این پژوهش به صورت بومی طراحی و اجرا شده است و هیچ گونه ترجمه ای از رساله های خارجی نیست. تمامی فعالیت ها و محتواها با توجه به شرایط آموزشی ایران و نیازهای دانش آموزان متوسطه طراحی شده اند.

نتیجه گیری و پیشنهادها

نتیجه های این پژوهش به وضوح نشان می دهند که استفاده

از روش های نوین آموزشی، به ویژه ترکیب فناوری، تجربه های ملموس و آموزش پروژه محور، می تواند در یادگیری مطالب پیچیده فیزیکی در دوره متوسطه بسیار مؤثر باشد. این روش نه تنها باعث بهبود عملکرد تحصیلی دانش آموزان شد، بلکه نگرش آن ها را نسبت به درس فیزیک تغییر داد و علاقه مندی آن ها به علم را نیز افزایش داد. بر همین اساس، لازم است محتوای کتاب های درسی فیزیک بازبینی و بازطراحی شود. در این بازطراحی، فعالیت های پروژه محور، رویکردهای مسئله محور و مفاهیم فناورانه مانند استفاده از حسگرها، داده برداری دیجیتال و کاربردهای واقعی فیزیک باید جایگاه مشخصی پیدا کنند (Mirzajani & Saeedi, 2020).

همچنین، برگزاری دوره های ضمن خدمت برای معلمان فیزیک، با تمرکز بر فناوری آموزشی، طراحی پروژه های عملی، و بهره گیری از آموزش مجازی ضروری است. این دوره ها می توانند مقاومت در برابر روش های جدید را کاهش دهند و انگیزه لازم را برای اجرای این شیوه ها در کلاس ایجاد کنند (Jalilvand & Ahmadi, 2021). از سوی دیگر، به جای تمرکز صرف بر خرید تجهیزات گران قیمت، می توان بسته هایی کم هزینه و قابل حمل تهیه کرد که شامل ابزارهایی مانند مولتی متر، سلول خورشیدی، یا حسگرهای پایه باشد. این بسته ها امکان اجرای آزمایش های ساده و خلاقانه را حتی در مدرسه های با امکانات محدود فراهم می کنند (سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی، ۱۴۰۰).

پیشنهاد دیگر، تولید محتوای واقعیت افزوده با رویکرد بومی شده است. این محتواها می توانند مفاهیم دشواری مانند میدان مغناطیسی، امواج یا نسبیت را با استفاده از گوشی های هوشمند برای فراگیرندگان قابل درک تر و جذاب تر کنند.

در نهایت، نظام نمره دهی نیز باید تغییر کند. به جای تکیه بر آزمون های چند گزینه ای (تست زنی)، لازم است سنجش هایی طراحی شود که مهارت هایی مانند تفکر انتقادی، تحلیل و درک مفهومی را ارزیابی کند. ارزیابی پایانی با ارائه پروژه، سخنرانی کلاسی یا گزارش علمی جایگزین آزمون های چند گزینه ای شود تا مهارت های تحلیل، خلاقیت و تفکر انتقادی نیز سنجیده شوند (Jalilvand & Ahmadi, 2021).

تجربه این پژوهش نشان داد که با وجود همه چالش ها، آموزش مباحث پیشرفته فیزیکی به روش های خلاقانه کاملاً امکان پذیر است؛ مشروط بر آنکه با برنامه ریزی دقیق و حمایت اجرایی همراه باشد. با توجه به نتیجه های به دست آمده، اجرای این الگوی آموزشی در مدرسه های متوسطه، حتی با امکانات محدود امکان پذیر است. معلمان می توانند با استفاده از ابزارهای ساده، برنامه های رایگان واقعیت افزوده و پروژه های کم هزینه، گام مؤثری در آموزش مفاهیم دشوار فیزیک بردارند. تقویت مهارت های آموزشی معلمان و ایجاد انعطاف در محتوای درسی، از الزامات پیاده سازی موفق این رویکرد است.

10. Hall, E. H. (1879). On a new action of the magnet on electric currents. American Journal of Mathematics, 2(3), 287–292.
11. Chappert, C., Fert, A., & Van Dau, F. N. (2007). The emergence of spin electronics in data storage. Nature Materials, 6(11), 813–823.
12. Tinkham, M. (2004). Introduction to Super conductivity (2nd ed.). Dover Publications.

پیوست ۱: نمونه سؤالات آزمون پیشرفت تحصیلی

۱. در یک مدار دارای دیود نوری، در صورت معکوس شدن قطب‌ها چه رفتاری مشاهده می‌شود؟

الف) دیود روشن می‌شود (ب) دیود خاموش می‌ماند

ج) جریان معکوس افزایش می‌یابد (د) ولتاژ شکست رخ می‌دهد

پاسخ صحیح: (ب) دیود خاموش می‌ماند

۲. اثر هال در کدام یک از موارد زیر کاربرد دارد؟

الف) تشخیص موقعیت انگشت در صفحات لمسی (ب) تولید انرژی خورشیدی

ج) ذخیره‌سازی اطلاعات در حافظه‌های مغناطیسی (د) خنک‌سازی یخچال‌ها

پاسخ صحیح: الف) تشخیص موقعیت انگشت در صفحات لمسی

۳. در یک ماده ابررسانا، مقاومت الکتریکی در دمای بحرانی به چه مقداری می‌رسد؟

الف) بی‌نهایت (ب) صفر

ج) مقداری ثابت

د) وابسته به جریان

پاسخ صحیح: (ب) صفر

۴. قانون دوم ترمودینامیک در عملکرد یخچال‌ها چگونه نمود پیدا می‌کند؟

الف) افزایش دمای محیط

ب) جذب گرما از طریق تبخیر مبرد

ج) کاهش مقاومت الکتریکی

د) تولید میدان مغناطیسی

پاسخ صحیح: (ب) جذب گرما از طریق تبخیر مبرد

۵. جهت‌گیری مغناطیسی در حافظه‌های مغناطیسی برای چه هدفی استفاده می‌شود؟

الف) افزایش سرعت پردازش

ب) ذخیره‌سازی اطلاعات

ج) کاهش مصرف انرژی

د) تولید ولتاژ عرضی

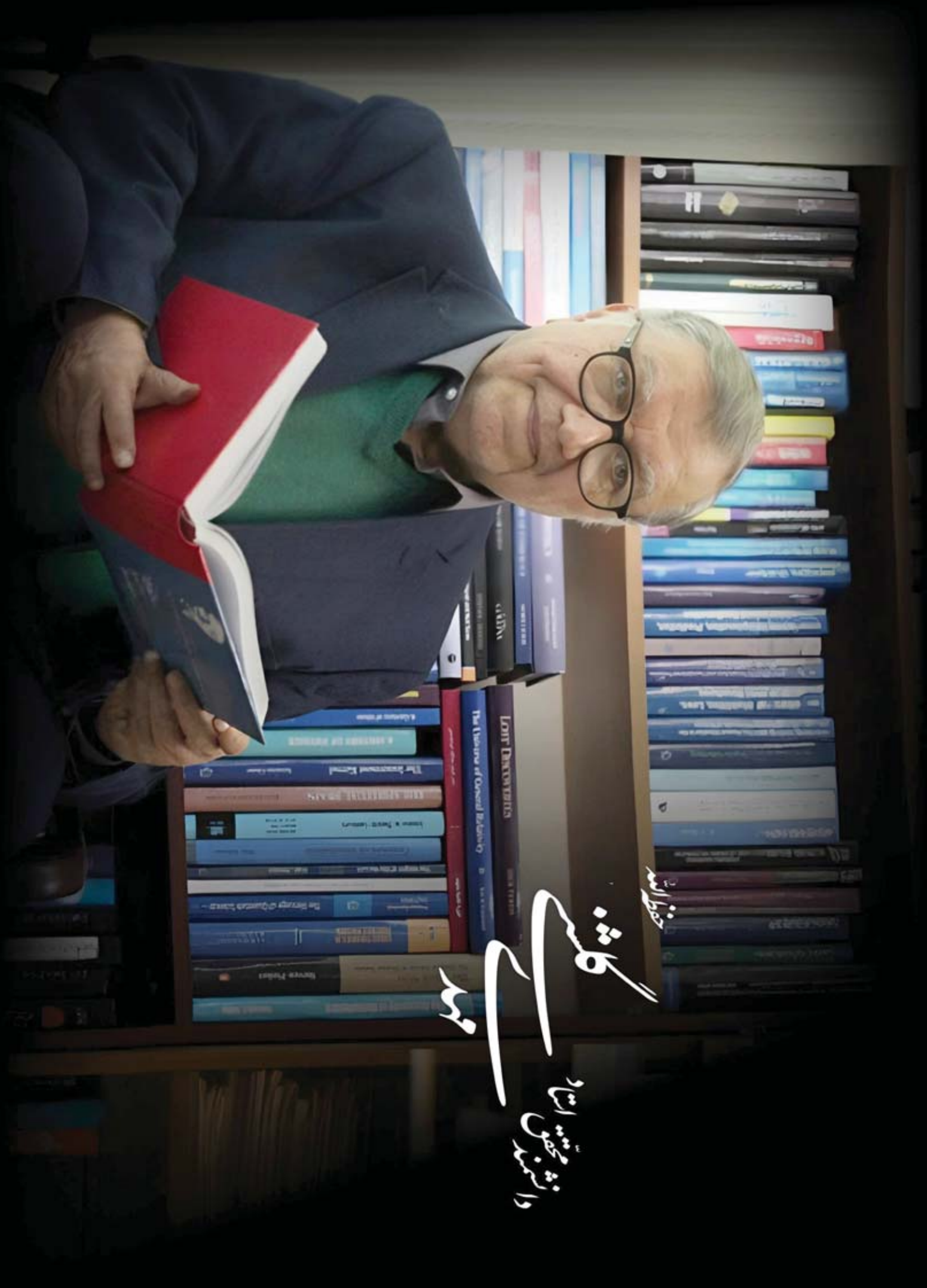
پاسخ صحیح: (ب) ذخیره‌سازی اطلاعات

پی‌نوشت‌ها

1. Project-Based Learning – PBL 2. LED 3. MRI
4. Condensed Matter Physics 5. Conductivity 6. Magnetism
7. Superconductivity 8. Crystal Structure
9. Project-Based Learning 10. Augmented Reality
11. STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics)
12. 5E MODEL (Engage, Explore, Explain, Extend, Evaluate)
13. (Engage, Explore, Explain)
14. 7E MODEL (Engage, Elicit, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate, Extend)
15. Constructivism 16. Cognitive Load Theory
17. Dual Coding Theory
18. Engage, Elicit 19. Explore 20. Explain, Elaborate
21. Evaluate, Extend 22. quasi-experimental
23. Cronbach's Alpha 24. ANCOVA 25. Semiconductors
26. Hall Effect 27. Magnetic Materials 28. Thermodynamics
29. Superconductors 30. Meissner Effect 31. GeoGebra-AR
32. Merge Cube AR 33. Augment 34. Delayed Post-test
35. PBL

منابع

1. Mirzajani, H., & Saeedi, Z. (2020). Barriers to active learning in Iranian schools: Perspectives of teachers and administrators. International Journal of Educational Development, 74, 102168.
2. Jalilvand, M. R., & Ahmadi, H. (2021). Challenges of implementing educational technology in Iranian high schools: A qualitative study. Journal of Educational Technology Development and Exchange, 14(2), 56–70.
۳. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. چالش‌ها و راهکارهای آموزش علوم در مدارس ایران. دفتر تألیف کتاب‌های درسی عمومی و متوسطه نظری. (۱۴۰۰).
4. Ashcroft, N. W., & Mermin, N. D. (1976). Solid State Physics. Holt, Rinehart and Winston.
۵. Horowitz, P., & Hill, W. (۲۰۱۵). The Art of Electronics. (3rd ed.). Cambridge University Press.
۶. حسینی، ف. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر واقعیت افزوده بر درک مفاهیم نیمه‌رسانا. مجله آموزش فیزیک، ۱۲(۲)، ۴۵–۵۸.
۷. خالقی، س، احمدی، ن. (۱۳۹۹). کاربرد آموزش پروژه‌محور در یادگیری مفاهیم ابررسانایی. فصلنامه نوآوری در آموزش علوم، ۱۰(۱)، ۷۵–۹۰.
۸. فلاح، مهدی. (۱۴۰۱). بررسی خلأ آموزش مفاهیم ماده چگال در کتاب‌های درسی متوسطه. نشریه نوآوری در آموزش فیزیک، ۲(۱)، ۵۳–۶۶.
۹. زیمانسکی، م. و دیتمن، ر. (ترجمه: محمدرضا پوراسماعیل). (۱۳۹۲). حرارت و ترمودینامیک (چاپ هفتم). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.



دانشمند محقق استاد
حفظ اللہ



IN BIG TROUBLE

طراح: محمد رضا دوست محمدی