پژوهش در آموزش علوم تجربی، دوره ۱۲، شماره ۴۲، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۷۸-۶۹

"ویژه‌نامه ششمین همایش ملی آموزش فیزیک"

پژوهش در آموزش علوم تجربی

شاپا الکترونیکی: ۸۸۸۹-۳۱۱۵

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

طراحی و تبیین یک الگوی آموزشی چندرسانه‌ای مبتنی بر دانش تربیتی محتوا (PCK) برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم در فیزیک: مطالعه موردی گذار از زمین مسطح به زمین کروی

فاطمه سلطانی[۱]، سمیه کیانی[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی، گروه آموزش فیزیک، مرکز شهید رجایی، دانشگاه فرهنگیان ، اصفهان. ایران.

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

* نویسنده مسئول: (S.kiani@cfu.ac.ir)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی،

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

کلیدواژه‌ها:
دانش تربیتی محتوا (PCK)،
آموزش فیزیک،
تغییر پارادایم،
طراحی درس‌نامه،
آموزش چندرسانه‌ای.

چکیده

متن چکیده

این مقاله با هدف طراحی و تبیین یک الگوی آموزشی چندرسانه‌ای نوآورانه برای آموزش مفهوم بنیادین «تغییر پارادایم» در حوزه فیزیک، با تمرکز ویژه بر مطالعه موردی گذار تاریخی از باور به «زمین مسطح» به مدل «زمین کروی»، تدوین شده است. آموزش مفاهیم انتزاعی و چالش‌برانگیز مانند «پارادایم» و «تحول پارادایمی»، به دلیل ماهیت مفهومی عمیق و نیاز به درک ابعاد تاریخی–شناختی، همواره یکی از موانع اصلی در مسیر آموزش مؤثر علوم، به‌ویژه در سطوح پایه، محسوب می‌شود. درسنامه‌های سنتی اغلب در انتقال پویایی این تحولات فکری و تجربیات تاریخی ناتوانند. در این پژوهش، با بهره‌گیری از رویکرد توصیفی–تحلیلی و با تکیه بر مبانی نظری دانش تربیتی محتوا (Pedagogical Content Knowledge - PCK)، یک درس‌نامه چندرسانه‌ای جامع طراحی گردید. این درس‌نامه با تلفیق هوشمندانه روایت تاریخی (مانند داستان اراتوستن و مشاهدات ارسطو)، شواهد علمی مستند (شواهد تجربی و استدلال‌های هندسی)، و عناصر دیداری و شنیداری جذاب (مانند تصاویر، نمودارها، انیمیشن‌ها و پیوندهای ویدئویی)، تلاش می‌کند تا درک مفهومی دانش‌آموزان را تقویت کرده و فرایند انتقال مفاهیم انتزاعی را تسهیل نماید. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده ترکیبی از روایت تاریخی قدرتمند همراه با ابزارهای چندرسانه‌ای مدرن، نه تنها فهم عمیق‌تر دانش‌آموزان را ممکن می‌سازد، بلکه با افزایش جذابیت و مشارکت، یادگیری را تسهیل و ماندگارتر می‌کند. علاوه بر این، الگوی طراحی‌شده می‌تواند به‌عنوان یک نمونه عملی و کاربردی برای ارتقای PCK معلمان فیزیک در مواجهه با آموزش مفاهیم پیچیده علمی و تاریخی مورد استفاده قرار گیرد و راه را برای طراحی واحدهای آموزشی مشابه در سایر حوزه‌های علم هموار سازد.

استناد: سلطانی، فاطمه؛ کیانی، سمیه، (۱۴۰۵). طراحی و تبیین یک الگوی آموزشی چندرسانه‌ای مبتنی بر دانش تربیتی محتوا (PCK) برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم در فیزیک: مطالعه موردی گذار از زمین مسطح به زمین کروی. پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱۲ (۴۲)، ۷۸-۶۹.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.23208.1604

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

۱. مقدمه

درک ماهیت علم و چگونگی تحول دانش علمی یکی از اهداف اساسی آموزش علوم و به‌ویژه آموزش فیزیک است (لدرمن، ۲۰۱۳). در این میان، مفاهیمی همچون «پارادایم» و «تغییر پارادایم» از جمله مفاهیم بنیادینی هستند که نقش مهمی در تبیین روند شکل‌گیری، تحول و توسعه دانش علمی ایفا می‌کنند. بر اساس دیدگاه کوهن، پیشرفت علم صرفاً حاصل انباشت تدریجی دانش نیست، بلکه در بسیاری از موارد از طریق تغییرات بنیادین در چارچوب‌های فکری و جایگزینی پارادایم‌های جدید با پارادایم‌های پیشین صورت می‌گیرد (کوهن، ۱۹۹۷). با وجود اهمیت این مفاهیم، آموزش آن‌ها به دانش‌آموزان با چالش‌های متعددی همراه است؛ زیرا درک تغییرات پارادایمی مستلزم فهم هم‌زمان ابعاد تاریخی، فلسفی و شناختی علم است (متیوز، ۲۰۱۴).

در آموزش فیزیک، مفاهیم انتزاعی معمولاً برای دانش‌آموزان دشوارتر از مفاهیم عینی و قابل مشاهده هستند. بسیاری از دانش‌آموزان علم را مجموعه‌ای از حقایق قطعی و تغییرناپذیر تلقی می‌کنند و درک پویایی دانش علمی و نقش شواهد در تغییر نظریه‌ها برای آنان آسان نیست (جلینیک، ۲۰۲۴).

یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه، استفاده از تاریخ علم است. روایت تحولات تاریخی دانش علمی این امکان را فراهم می‌آورد که دانش‌آموزان با فرایند شکل‌گیری نظریه‌ها، ظهور ناهنجاری‌ها، مقاومت در برابر ایده‌های جدید و در نهایت پذیرش دیدگاه‌های نوین آشنا شوند (متیوز، ۲۰۱۴؛ لی و گیو، ۲۰۲۱).

از سوی دیگر، پژوهش‌های حوزه آموزش علوم نشان داده‌اند که استفاده از فناوری‌های چندرسانه‌ای می‌تواند در تسهیل یادگیری مفاهیم پیچیده و انتزاعی مؤثر باشد (جانسون و مایر، ۲۰۰۹). همچنین، چارچوب دانش تربیتی محتوا (PCK) بر اهمیت طراحی راهبردهای آموزشی متناسب با ماهیت مفاهیم علمی و ویژگی‌های یادگیرندگان تأکید دارد (شالمن، ۲۰۱۳؛ کایند، ۲۰۰۹).

گذار تاریخی از باور به «زمین مسطح» به مدل «زمین کروی» نمونه‌ای شاخص از یک تغییر پارادایمی است که می‌تواند بستری مناسب برای آموزش این مفهوم فراهم سازد. این رویداد تاریخی نه‌تنها دارای شواهد تجربی و استدلال‌های علمی متعددی است، بلکه ظرفیت بالایی برای بازنمایی مراحل مختلف تغییر پارادایم در چارچوب نظری کوهن دارد.

از سوی دیگر، پژوهش‌های حوزه آموزش علوم نشان داده‌اند که استفاده از فناوری‌های چندرسانه‌ای می‌تواند در تسهیل یادگیری مفاهیم پیچیده و انتزاعی مؤثر باشد. تلفیق عناصر دیداری، شنیداری و تعاملی، امکان تجسم بهتر مفاهیم و افزایش مشارکت فعال فراگیران را فراهم می‌کند. همچنین، چارچوب دانش تربیتی محتوا (PCK) بر اهمیت طراحی راهبردهای آموزشی متناسب با ماهیت مفاهیم علمی و ویژگی‌های یادگیرندگان تأکید دارد. با وجود پژوهش‌های متعدد درباره PCK، تاریخ علم و آموزش چندرسانه‌ای، مطالعات محدودی به طراحی یک الگوی آموزشی منسجم پرداخته‌اند که این سه حوزه را به‌طور هم‌زمان برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم تلفیق کند.

بر این اساس، ضرورت انجام پژوهش حاضر از نیاز به ارائه الگویی آموزشی برای تدریس مفاهیم انتزاعی مرتبط با ماهیت علم و تغییرات علمی ناشی می‌شود. پژوهش حاضر با تکیه بر چارچوب دانش تربیتی محتوا و بهره‌گیری از ظرفیت‌های تاریخ علم و آموزش چندرسانه‌ای، به طراحی و تبیین یک درسنامه چندرسانه‌ای برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم از طریق مطالعه موردی گذار از زمین مسطح به زمین کروی می‌پردازد.

هدف پژوهش:

طراحی و تبیین یک الگوی آموزشی چندرسانه‌ای مبتنی بر دانش تربیتی محتوا (PCK) برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم در آموزش فیزیک با استفاده از مطالعه موردی گذار از زمین مسطح به زمین کروی.

سؤال پژوهش:

چگونه می‌توان با بهره‌گیری از چارچوب دانش تربیتی محتوا و ابزارهای چندرسانه‌ای، یک الگوی آموزشی مؤثر برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم در آموزش فیزیک طراحی کرد؟

۲. پیشینه پژوهش

۱.۲ پیشینه نظری پژوهش

یکی از چارچوب‌های نظری تأثیرگذار در آموزش علوم، مفهوم دانش تربیتی محتوا است که نخستین بار توسط شالمن (۲۰۱۳) مطرح شد. دانش تربیتی محتوا به توانایی معلم در تلفیق دانش موضوعی با دانش آموزشی برای ارائه مؤثر مفاهیم علمی اشاره دارد. این چارچوب بر این اصل تأکید می‌کند که معلمان علاوه بر تسلط بر محتوای علمی، باید از دشواری‌های یادگیری دانش‌آموزان، پیش‌دانسته‌ها، باورهای نادرست و راهبردهای مناسب تدریس آگاهی داشته باشند. پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که برخورداری معلمان از سطح بالای دانش تربیتی محتوا نقش مهمی در ارتقای کیفیت آموزش، تسهیل یادگیری مفاهیم پیچیده و افزایش درک مفهومی دانش‌آموزان ایفا می‌کند (شالمن، ۲۰۱۳؛ کایند، ۲۰۰۹).

در حوزه فلسفه و تاریخ علم، نظریه تغییر پارادایم کوهن (۱۹۹۷) یکی از مهم‌ترین چارچوب‌های نظری برای تبیین چگونگی تحول دانش علمی به شمار می‌رود. بر اساس دیدگاه کوهن، توسعه علم فرآیندی خطی و انباشتی نیست، بلکه از طریق دوره‌های «علم عادی»، بروز ناهنجاری‌ها، شکل‌گیری بحران و در نهایت وقوع انقلاب‌های علمی و تغییر پارادایم صورت می‌گیرد. این دیدگاه نقش مهمی در تبیین ماهیت پویای علم و چگونگی تحول نظریه‌های علمی دارد. با این حال، آموزش مفاهیمی نظیر پارادایم و تغییر پارادایم برای دانش‌آموزان چالش‌برانگیز است؛ زیرا فهم این مفاهیم مستلزم درک هم‌زمان ابعاد تاریخی، فلسفی و شناختی علم است (کوهن، ۱۹۹۷؛ متیوز، ۲۰۱۴).

در این میان، تاریخ علم به‌عنوان یکی از رویکردهای مؤثر در آموزش علوم مطرح شده است. استفاده از روایت‌های تاریخی می‌تواند به دانش‌آموزان کمک کند تا علم را نه به‌عنوان مجموعه‌ای از حقایق ثابت، بلکه به‌عنوان دانشی پویا و در حال تحول درک کنند. پژوهشگران معتقدند که مطالعه رویدادهای تاریخی علم، زمینه مناسبی برای فهم فرآیند شکل‌گیری نظریه‌ها، ارزیابی شواهد و پذیرش یا رد دیدگاه‌های علمی فراهم می‌آورد (متیوز، ۲۰۱۴؛ لی و گیو، ۲۰۲۱). در این راستا، گذار تاریخی از باور به زمین مسطح به مدل زمین کروی نمونه‌ای شناخته‌شده از تحول یک چارچوب فکری است که می‌تواند برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم مورد استفاده قرار گیرد.

علاوه بر این، نظریه یادگیری چندرسانه‌ای مایر بر این نکته تأکید دارد که یادگیری زمانی اثربخش‌تر خواهد بود که اطلاعات از طریق کانال‌های دیداری و شنیداری به‌صورت هماهنگ ارائه شوند (جانسون و مایر، ۲۰۰۹). به‌کارگیری عناصر چندرسانه‌ای نظیر تصاویر، انیمیشن‌ها، فیلم‌های آموزشی و اینفوگرافیک‌ها می‌تواند در درک مفاهیم انتزاعی، کاهش بار شناختی و افزایش مشارکت یادگیرندگان مؤثر باشد. ازاین‌رو، تلفیق ظرفیت‌های آموزش چندرسانه‌ای با تاریخ علم و چارچوب دانش تربیتی محتوا می‌تواند زمینه طراحی محیط‌های یادگیری غنی و معنادار را برای آموزش مفاهیم پیچیده مرتبط با ماهیت علم فراهم سازد.

۲.۲ پیشینه تجربی پژوهش

پژوهش‌های متعددی در سال‌های اخیر به بررسی نقش دانش تربیتی محتوا (PCK) در بهبود کیفیت آموزش علوم پرداخته‌اند. کایند (۲۰۰۹) در یک مرور نظام‌مند نشان داد که توسعه دانش تربیتی محتوا در برنامه‌های تربیت معلم نقش مهمی در ارتقای کیفیت تدریس علوم و بهبود یادگیری دانش‌آموزان دارد. نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که معلمان دارای PCK قوی‌تر، توانایی بیشتری در شناسایی دشواری‌های یادگیری و طراحی راهبردهای آموزشی مؤثر دارند.

در حوزه آموزش مبتنی بر تاریخ علم، لی و گیو (۲۰۲۱) با مرور پژوهش‌های مرتبط با تاریخ علم و سواد علمی گزارش کردند که استفاده از روایت‌های تاریخی می‌تواند درک دانش‌آموزان از ماهیت علم، چگونگی شکل‌گیری نظریه‌های علمی و نقش شواهد در تحول دانش را تقویت کند. همچنین، هادسون (۲۰۱۳) نشان داد که بهره‌گیری از تاریخ و فلسفه علم در برنامه‌های درسی علوم موجب افزایش درک مفهومی دانش‌آموزان از ماهیت علم و فرآیندهای علمی می‌شود.

در زمینه تصور دانش‌آموزان از شکل زمین، جلینیک (۲۰۲۴) با مرور پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه نشان داد که بسیاری از دانش‌آموزان حتی در سطوح تحصیلی بالاتر دارای برداشت‌های نادرست یا ناقص درباره شکل زمین، حرکت آن و پدیده‌های مرتبط هستند. یافته‌های این پژوهش بر ضرورت استفاده از راهبردهای آموزشی نوآورانه برای اصلاح تصورات نادرست علمی تأکید می‌کند.

در حوزه آموزش چندرسانه‌ای، مایر (۲۰۰۹) نشان داد که تلفیق مناسب عناصر دیداری و شنیداری می‌تواند یادگیری معنادار را تسهیل کرده و درک مفاهیم پیچیده را افزایش دهد. همچنین اوریون (۲۰۱۹) گزارش کردند که استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی و ابزارهای چندرسانه‌ای در آموزش علوم می‌تواند انگیزش، مشارکت و یادگیری مفهومی دانش‌آموزان را بهبود بخشد.

مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که اگرچه مطالعات متعددی به بررسی نقش PCK، تاریخ علم و آموزش چندرسانه‌ای پرداخته‌اند، پژوهش اندکی به طراحی یک الگوی آموزشی منسجم پرداخته است که این سه حوزه را به‌صورت هم‌زمان برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم در آموزش فیزیک تلفیق کند. ازاین‌رو، پژوهش حاضر درصدد است این خلأ پژوهشی را از طریق طراحی و تبیین یک درس‌نامه چندرسانه‌ای مبتنی بر PCK و تاریخ علم برطرف سازد.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی–تحلیلی با رویکرد طراحی آموزشی است. هدف اصلی پژوهش، طراحی و تبیین یک الگوی آموزشی چندرسانه‌ای مبتنی بر دانش تربیتی محتوا (PCK) برای آموزش مفهوم «تغییر پارادایم» در آموزش فیزیک است. در این راستا، از مطالعه اسناد، منابع علمی، پژوهش‌های پیشین و مبانی نظری مرتبط با دانش تربیتی محتوا، تاریخ و فلسفه علم، نظریه تغییر پارادایم کوهن و یادگیری چندرسانه‌ای بهره گرفته شد.

فرآیند طراحی درس‌نامه در چند مرحله انجام شد. در مرحله نخست، مبانی نظری مرتبط با مفهوم تغییر پارادایم، دانش تربیتی محتوا و نقش تاریخ علم در آموزش علوم مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله دوم، مطالعه موردی گذار تاریخی از باور به زمین مسطح به مدل زمین کروی به‌عنوان بستری مناسب برای آموزش مفهوم تغییر پارادایم انتخاب شد. این انتخاب بر اساس ظرفیت بالای این رویداد تاریخی در نمایش مراحل شکل‌گیری، چالش، اصلاح و پذیرش دانش علمی صورت گرفت.

در مرحله سوم، محتوای آموزشی بر اساس اصول دانش تربیتی محتوا سازمان‌دهی شد. در این مرحله، دشواری‌های احتمالی یادگیری دانش‌آموزان، پیش‌دانسته‌ها و تصورات نادرست رایج درباره شکل زمین و تحول دانش علمی مورد توجه قرار گرفت. سپس راهبردهای آموزشی مناسب برای تسهیل یادگیری طراحی شد.

در مرحله چهارم، عناصر چندرسانه‌ای شامل تصاویر، نمودارها، اینفوگرافیک‌ها، انیمیشن‌ها، ویدئوهای آموزشی و فعالیت‌های مبتنی بر کاوش در قالب یک درس‌نامه آموزشی یکپارچه سازمان‌دهی شدند. طراحی این عناصر بر اساس اصول یادگیری چندرسانه‌ای و با هدف افزایش درک مفهومی، کاهش انتزاع مفاهیم و ارتقای مشارکت فعال یادگیرندگان انجام گرفت.

در نهایت، الگوی آموزشی طراحی‌شده از منظر انسجام مفهومی، انطباق با چارچوب دانش تربیتی محتوا، بهره‌گیری از تاریخ علم و قابلیت استفاده در محیط‌های آموزشی مورد تحلیل و تبیین قرار گرفت. خروجی پژوهش حاضر یک درس‌نامه چندرسانه‌ای است که می‌تواند به‌عنوان الگویی برای آموزش مفاهیم مرتبط با ماهیت علم و تغییرات پارادایمی در آموزش فیزیک مورد استفاده قرار گیرد.

این پژوهش با اتخاذ رویکرد توصیفی–تحلیلی و با تمرکز بر طراحی آموزشی انجام شده است. جامعه هدف این مطالعه، دانش‌آموزان مقطع متوسطه اول و دوم در نظر گرفته شده‌اند. فرایند اجرای پژوهش شامل مراحل زیر بوده است:

۱. مطالعه مبانی نظری: ابتدا، مبانی نظری مرتبط با مفهوم «پارادایم» و «تغییر پارادایم» بر اساس نظریه توماس کوهن (۱۹۹۷) به دقت بررسی شد.

۲. انتخاب مطالعه موردی: گذار تاریخی از باور به «زمین مسطح» به مدل «زمین کروی» به عنوان مطالعه موردی محتوای آموزشی انتخاب گردید؛ چرا که این نمونه به خوبی مراحل پنج‌گانه تغییر پارادایم کوهن را نمایش می‌دهد: (الف) پارادایم قدیم

(زمین مسطح)، (ب) انباشت ناهنجاری‌ها (مشاهدات غیرقابل توضیح)، (ج) بحران (افزایش شواهد متناقض)، (د) انقلاب علمی (ارائه مدل زمین کروی) و (ه) پارادایم جدید (پذیرش کلی مدل کروی).

۳. طراحی درس‌نامه چندرسانه‌ای: بر اساس مبانی نظری و مطالعه موردی انتخاب شده، یک درس‌نامه چندرسانه‌ای با هدف آموزش مفاهیم مرتبط به دانش‌آموزان طراحی شد.

۴. انتخاب عناصر چندرسانه‌ای: معیار انتخاب عناصر چندرسانه‌ای (شامل تصاویر، نمودارها، روایت‌های کوتاه، ویدئوهای توضیحی و فعالیت‌های تعاملی) شامل تناسب با سطح سنی مخاطبان، قابلیت درک مفاهیم انتزاعی، و امکان اجرا در محیط کلاس درس بوده است.

۵. طراحی فعالیت عملی: یک فعالیت گروهی عملی نیز در درس‌نامه گنجانده شد تا دانش‌آموزان بتوانند به‌صورت تجربی با مفاهیم درگیر شوند.

هدف از این روش، ارزیابی امکان و چگونگی طراحی یک واحد آموزشی مؤثر برای مفاهیم پیچیده علمی با استفاده از ابزارهای نوین آموزشی و با تکیه بر مبانی نظری قوی است.

۴. مباحث اصلی و نتایج

این بخش به ارائه یافته‌های پژوهش حاضر، شامل طراحی و اجرای درسنامه چندرسانه‌ای با محوریت گذار پارادایم از مدل زمین مسطح به زمین کروی، و همچنین بررسی مزایای رویکرد چندرسانه‌ای در آموزش مفاهیم انتزاعی می‌پردازد. یافته‌ها حاکی از آن است که این رویکرد آموزشی، در انتقال مفاهیم پیچیده علمی، تقویت درک مفهومی، افزایش مشارکت دانش‌آموزان و ارتقای دانش تربیتی محتوای معلمان، اثربخشی قابل توجهی دارد.

۱.۴. درسنامه چندرسانه‌ای: مطالعه موردی گذار پارادایم

درسنامه چندرسانه‌ای طراحی‌شده، با هدف تبیین مفاهیم انتزاعی «پارادایم» و «تغییر پارادایم» از طریق یک چارچوب آموزشی پویا و تعاملی تدوین گردید. این درسنامه بر پایه تلفیق روایت تاریخی، شواهد علمی مستند و فعالیت‌های عملی بنا شده است تا فرایند پیچیده تحول در اندیشه علمی را برای دانش‌آموزان ملموس سازد. این طراحی، نه تنها محتوای علمی را به شکلی نوین ارائه می‌دهد، بلکه راهبردهای آموزشی متنوعی (روایت تاریخی، شواهد علمی، فعالیت عملی) را در خود جای داده است که معلم می‌تواند با الگوبرداری از آن، دانش تربیتی محتوای خود را در زمینه مفاهیم انتزاعی فیزیک بهبود بخشد.

۱.۱.۴. روایت تاریخی تحول دیدگاه درباره شکل زمین

درسنامه با آغاز روایت تاریخیِ گذار از باور به زمین مسطح به مدل کروی، بستری مناسب برای درک ماهیت تدریجی و مستمر تغییرات پارادایمی فراهم می‌آورد. این بخش نشان می‌دهد که دگرگونی‌های علمی، اغلب حاصل فرایندی تکاملی و مبتنی بر انباشت شواهد هستند که با مقاومت‌های اولیه در برابر ایده‌های نو مواجه می‌شوند. جهان‌بینی مبتنی بر زمین مسطح در تمدن‌هایی مانند میان‌رودان باستان تشریح می‌شود که در آن اقیانوس‌ها به عنوان حاشیه‌های خطرناک و آسمان به عنوان سقفی جامد تصور می‌شد (شکل ۱). این اطلاع‌نگاشت به طور بصری، تفاوت‌های بنیادین در جهان‌بینی، موقعیت انسان و درک کیهان‌شناختی بین دو پارادایم را به نمایش می‌گذارد. این بخش به توصیف ویژگی‌های اصلی این پارادایم می‌پردازد، از جمله:

شکل و ابعاد زمین: تصور رایج از زمین به صورت یک دیسک یا صفحه تخت.
موقعیت انسان و جهان: قرارگیری زمین در مرکز جهان و جایگاه انسان به عنوان مخلوق برگزیده.
باورهای مرتبط با آسمان و ستارگان: مشاهده ستارگان به عنوان نقاط نورانی روی یک گنبد آسمانی ثابت.
پیامدهای عملی: تأثیر این باور بر ناوبری، اکتشافات جغرافیایی و توسعه علوم اولیه.

در ادامه، مثال‌هایی از نقشه‌های باستانی و توصیفات اسطوره‌ای که این پارادایم را بازتاب می‌دهند، ارائه می‌شود تا دانش‌آموزان با تجسم این جهان‌بینی، زمینه را برای درک تغییرات بعدی فراهم کنند [۱۰و ۱۱].

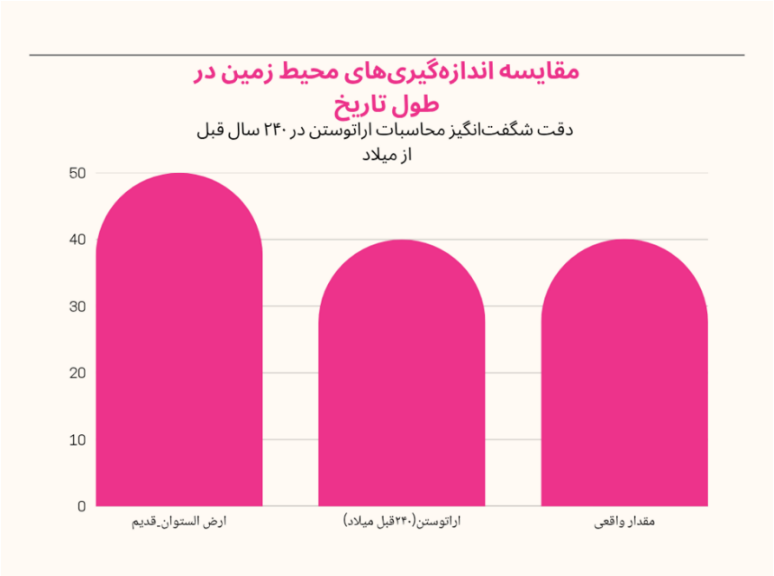
شکل ۱. اطلاع نگاشت مقایسه‌ای زمین مسطح در برابر زمین کروی.

۲.۱.۴. شواهد علمی و استدلال‌های کلیدی

برای مستندسازی این گذار، درسنامه به شواهد علمی مهمی استناد می‌کند؛ از جمله مشاهدات ارسطو درباره سایه مخروطی شکل زمین بر قرص ماه در زمان خسوف، و روش ابداعی اراتوستن برای محاسبه محیط کره زمین. این شواهد، مبنایی تجربی برای به چالش کشیدن مدل‌های پیشین و تقویت مدل زمین کروی فراهم آوردند.

شکل ۲ نمودار مقایسه‌ای محاسبات محیط زمین در دوره‌های مختلف تاریخی را نشان می دهد. این محاسبات عمدتاً بر اساس واحدهای مسافت‌سنجی رایج آن دوره، از جمله کیلومتر، انجام شده‌اند.)

داستان کامل روش محاسبه اراتوستن در پیوست ۲ ارائه شده است. همچنین، ویدئوی توضیحی جذاب از این روش در دسترس است.



شکل ۲. نمودار محاسبه محیط زمین در دوره‌های مختلف (این محاسبه ها بر حسب کیلومتر می‌باشد).

۳.۱.۴. بازسازی تجربی: "ما اراتوستن هستیم!"

این بخش با هدف تبدیل دانش‌آموزان از دریافت‌کنندگان منفعل اطلاعات به کاشفان فعال علمی طراحی شده است. در این فعالیت کارگاهی، دانش‌آموزان با بازسازی آزمایش اراتوستن، به درک عمیق‌تری از شواهد کروی بودن زمین دست می‌یابند. این فعالیت به معلم کمک می‌کند تا دانش‌آموزان را در فرآیند کشف علمی درگیر کند و به جای انتقال صرف اطلاعات، تجربه‌ای زیسته از نحوه شکل‌گیری دانش علمی ارائه دهد. دانش‌آموزان در این فعالیت، به طور مستقیم اهمیت شواهد تجربی و استدلال مبتنی بر مشاهده را در رد پارادایم‌های قدیمی و پذیرش پارادایم‌های جدید درک می‌کنند.

اهداف آموزشی:

ایجاد درک مستقیم و ملموس از یکی از قوی‌ترین شواهد تجربی کروی بودن زمین.

تجربه فرآیند کشف علمی از طریق بازآفرینی یک آزمایش تاریخی.

تقویت مهارت‌های کار گروهی، مشاهده دقیق و حل مسئله.

وسایل مورد نیاز:

یک کره بزرگ (به عنوان مدل زمین)

یک منبع نور نقطه‌ای (مانند چراغ قوه، به عنوان نماد خورشید)

ابزار اندازه‌گیری (مانند متر یا خط‌کش)

ابزارهای نشانه‌گذاری (مانند گچ یا ماژیک وایت‌برد)

پرگار (در صورت نیاز برای رسم زاویه)

روش اجرا:

تعیین نقاط: بر روی سطح کره، دو نقطه با فاصله مشخص (مثلاً ۱۰ سانتی‌متر) به عنوان شهرهای فرضی «آسوان» و «اسکندریه» علامت‌گذاری می‌شوند.

شبیه‌سازی تابش خورشید: در یک محیط با نور کنترل شده (نیمه‌تاریک)، چراغ قوه در فاصله‌ای نسبتاً دور از کره ثابت می‌شود تا نور به صورت موازی (یا تقریباً موازی) به سطح کره بتابد.

اندازه‌گیری سایه‌ها: دانش‌آموزان به صورت همزمان، زاویه تابش نور (یا طول سایه ایجاد شده توسط یک میله عمودی فرضی) را در هر دو نقطه اندازه‌گیری و ثبت می‌کنند.

محاسبه محیط: با استفاده از فرمول ساده‌شده‌ای که بر اساس هندسه کروی و اطلاعات اندازه‌گیری شده مانند فرمول ۱:

$$\boldsymbol{C = \frac{360^\circ}{\theta} \times D} \qquad (۱)$$

که $\boldsymbol{D}$ فاصله بین دو نقطه و $\boldsymbol{\theta}$ اختلاف زاویه سایه‌هاست، محیط کره محاسبه می‌شود.

خروجی یادگیری مورد انتظار:

دانش‌آموزان به طور تجربی درک می‌کنند که اگر زمین مسطح بود، زاویه تابش خورشید و در نتیجه طول سایه‌ها در هر دو نقطه یکسان می‌بود. تفاوت مشاهده شده در سایه‌ها، مستقیماً نشان‌دهنده انحنای سطح زمین است و این یافته به طور مستقیم با پارادایم زمین مسطح در تضاد است.

۴.۱.۴. تثبیت پارادایم جدید و درک پویایی تغییرات علمی

این بخش به عنوان جمع‌بندی درسنامه، بر تثبیت نهایی پارادایم زمین کروی و درک عمیق‌تر فرآیند تغییر پارادایم (بر اساس نظریه کوهن) تمرکز دارد:

مراحل تثبیت پارادایم زمین کروی:

پذیرش تدریجی: پارادایم زمین کروی به تدریج و طی چندین قرن، با مقاومت اولیه، توسط جامعه علمی و عمومی پذیرفته شد.

شواهد قاطع و نوین: ارائه شواهد بیشتر و غیرقابل انکار، به ویژه تصاویر فضایی در قرن بیستم، منجر به تثبیت نهایی این پارادایم شد. (شکل ۳)

بازنگری نهادهای علمی: مدارس، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، به مرور آموزش و پژوهش بر اساس مدل کروی زمین را جایگزین مدل‌های پیشین نمودند.

درک فرآیند تغییر پارادایم: درس‌های مطالعه موردی این بخش، فرایند پیچیده تغییر پارادایم را از طریق مثال تاریخی گذار از مدل زمین مسطح به زمین کروی، به دانش‌آموزان می‌آموزد. پیام‌های کلیدی حاصل از این مطالعه عبارتند از:

ماهیت تدریجی تغییر پارادایم: تغییر پارادایم عموماً یک فرآیند تکاملی و تدریجی است که با مقاومت اولیه روبرو می‌شود، نه یک رویداد ناگهانی و لحظه‌ای.

نقش شواهد علمی: شواهد تجربی و مشاهدات علمی، نیروی محرکه اصلی در به چالش کشیدن و در نهایت تغییر چارچوب‌های فکری تثبیت‌شده هستند.

پویایی مقاومت و پذیرش: مقاومت در برابر تغییرات بنیادین، واکنشی طبیعی در برابر دگرگونی باورهای ریشه‌دار است؛ اما این مقاومت در نهایت در مواجهه با شواهد قاطع و قانع‌کننده، جای خود را به پذیرش می‌دهد.

شکل ۳. زمین در فضا.

۲.۴. مزایای رویکرد چندرسانه‌ای در آموزش مفاهیم انتزاعی

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که به‌کارگیری عناصر چندرسانه‌ای در آموزش مفاهیم انتزاعی و پیچیده، مانند "پارادایم" و "تغییر پارادایم"، مزایای قابل توجهی به همراه دارد:

کاهش بار شناختی: استفاده همزمان از کانال‌های بصری و شنیداری (مانند تصاویر، انیمیشن‌ها و روایت‌ها) فرآیند پردازش اطلاعات را تسهیل کرده و بار شناختی را کاهش می‌دهد.

افزایش مشارکت و انگیزه: عناصر چندرسانه‌ای با ایجاد جذابیت بصری و درگیر کردن حواس مختلف، علاقه و مشارکت فعال دانش‌آموزان را برمی‌انگیزند.

تقویت درک مفهومی: تجسم مفاهیم انتزاعی از طریق ابزارهای چندرسانه‌ای، به درک عمیق‌تر و ملموس‌تر آن‌ها کمک شایانی می‌کند.

ماندگاری یادگیری: درگیر کردن فعالانه‌تر دانش‌آموزان و فعال‌سازی همزمان چندین بخش از مغز، منجر به تثبیت عمیق‌تر آموخته‌ها و افزایش ماندگاری آن‌ها می‌شود.

۶. منابع

[1] Hodson, D. (2013). Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. In International handbook of research in history, philosophy and science teaching (pp. 911-970). Dordrecht: Springer Netherlands.

[2] Li, Y., & Guo, M. (2021). Scientific literacy in communicating science and socio-scientific issues: Prospects and challenges. Frontiers in Psychology, 12, 758000.

[3] Kuhn, T. S. (1997). The structure of scientific revolutions (Vol. 962). Chicago: University of Chicago press.

[4] Lederman, N. G. (2013). Nature of science: Past, present, and future. In Handbook of research on science education (pp. 831-879). Routledge.

[5] Matthews, M. (2014). Handbook of research in history, philosophy and science teaching.

[6] Matthews, M. R. (2014). Science teaching: The contribution of history and philosophy of science. Routledge.

[7] Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning. New York, NY: Cambridge University Press.

[8] Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. Studies in science education, 45(2), 169-204.

[9] Shulman, L. S. (2013). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Journal of education, 193(3), 1-11.

[10] JELINEK, J. A. (2024). Concept of the Earth’s shape in 10–15 years old students. Review of Science, Mathematics and ICT Education, 18(1), 53-75.

[11] Orion, N. (2019). The future challenge of Earth science education research. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 1(1), 3.

Research in Empirical Science Education, Vol. 12, No. 42, PP. 69-78.

Special Issue of the 6th National Conference on Physics Education

Research in Empirical Science Education

Online ISSN: 3115-8889

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

Farhangian University

Design and Validation of a Multimedia Pedagogical Content Knowledge (PCK)-Based Instructional Model for Teaching Paradigm Shift in Physics: A Case Study of the Transition from Flat-Earth to Spherical-Earth Conceptions

Fatemeh Soltani[1], Somayeh Kiani[2*]

1. Department of Physics Education, Shahid Rajaei Center, Farhangian University, Isfahan, Iran. Email: (F.Soltani@gmail.com).
2. Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran.

* Corresponding author: (✉ *S.kiani@cfu.ac.ir*)

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received:
2026/06/07
Received in revised form:
2026/06/09
Accepted:
2026/06/09
Available online:
2026/06/15

Keywords:
Pedagogical Content Knowledge (PCK),
Physics Education,
Paradigm Shift,
Instructional Material Design,
Multimedia Instruction.

ABSTRACT

Objective: Teaching abstract concepts related to the nature of science, particularly paradigm and paradigm shift, remains a major challenge in physics education. These concepts require learners to understand both the historical evolution of scientific knowledge and the cognitive processes underlying scientific change. The present study aimed to design and explain a multimedia instructional model based on Pedagogical Content Knowledge (PCK) for teaching the concept of paradigm shift through the historical transition from the flat-Earth worldview to the spherical-Earth model.

Method: This study employed a descriptive–analytical approach with an instructional design orientation. Grounded in Kuhn's theory of scientific revolutions and the framework of Pedagogical Content Knowledge (PCK), a multimedia instructional unit was developed for secondary school students. The lesson integrated historical narratives, scientific evidence, visual representations, infographics, animations, explanatory videos, and an inquiry-based activity based on Eratosthenes' measurement of the Earth's circumference. The multimedia components were selected according to pedagogical suitability, conceptual accessibility, and classroom applicability.

Results: The instructional model provided a coherent framework for representing the stages of paradigm change, including anomaly recognition, conceptual crisis, scientific revolution, and paradigm replacement. The integration of historical narratives with multimedia resources facilitated the presentation of abstract scientific concepts and supported conceptual understanding. The designed lesson promoted student engagement, encouraged evidence-based reasoning, and provided opportunities for active participation in the reconstruction of scientific knowledge. Furthermore, the model offered practical teaching strategies that can contribute to the enhancement of physics teachers' Pedagogical Content Knowledge.

Conclusions: The findings suggest that integrating history of science, multimedia learning, and inquiry-based activities offers an effective approach to teaching paradigm shifts and other complex epistemological concepts in physics education. The proposed model enhances students' understanding of the dynamic nature of scientific knowledge, promotes critical thinking and scientific literacy, and provides a practical framework for improving teachers' Pedagogical Content Knowledge. The model may also be adapted for teaching other historical and conceptual transformations across science education contexts.

Cite this article: Soltani, Fatemeh., Kiani, Somayeh. (2026). Design and Validation of a Multimedia Pedagogical Content Knowledge (PCK)-Based Instructional Model for Teaching Paradigm Shift in Physics: A Case Study of the Transition from Flat-Earth to Spherical-Earth Conceptions. Research in Empirical Science Education, 12 (42), 69-78.

http//doi.org/10.48310/basic.2026.23208.1604

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

Publisher: Farhangian University.