نشریه علمی ***ابتکار و خلاقیت در علوم انسانی***
دورهٔ چهاردهم، شماره سه، زمستان ۱۴۰۳، صص ۱۶۹-۱۳۰.
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۰۹/۰۸

اثربخشی برنامه درسی پروژه محور STEM و نقش آن بر خلاقیت دانش آموزان پایه ششم

رعنا اصلانی[۱]، فیروز محمودی [*۲]، کیومرث تقی پور [۳]، حسین دهقان‌زاده [۴]

چکیده

هدف: جوامع امروزی بر نیازمندی به نیروهای ماهر با دانش تخصصی و توانایی‌های خلاقانه، تفکر انتقادی و حل مسائل پیچیده تأکیددارند. برنامه‌های درسی پروژه محور STEM با ارائه فرصت‌های یادگیری عملی و تجربی، می‌توانند به توسعه این توانایی‌ها کمک کنند. ازاین‌رو پژوهش حاضر باهدف بررسی اثربخشی برنامه درسی پروژه محور STEM و نقش آن بر خلاقیت دانش آموزان پایه ششم انجام گرفت.

روش: این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی و ازنظر شیوه گردآوری داده‌ها، نیمه آزمایشی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل تمامی دانش‌آموزان پایه ششم شهر تبریز در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بود و با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای، ۱۲۰ نفر دانش‌آموز (۶۰ نفر در گروه آزمایش و ۶۰ نفر در گروه کنترل) به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شدند. برای سنجش خلاقیت دانش‌آموزان، از پرسشنامه خلاقیت تورنس (۱۹۹۲) استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آماره‌های توصیفی و آمار استنباطی (تحلیل کوواریانس چند متغیره)، با نرم‌افزار SPSS 25 تجزیه‌وتحلیل شدند.

یافته‌های پژوهش: بر اساس نتایج تحلیل کوواریانس چند متغیره یافته‌های پژوهش نشان داد بین میانگین نمرات دانش‌آموزان گروه آزمایش و گروه کنترل در مرحله پس‌آزمون، تفاوت معناداری وجود دارد. این یافته نشان می‌دهد برنامه درسی پروژه محور STEM بر میزان خلاقیت دانش‌آموزان و مؤلفه‌های آن (سیالی اندازه ضریب تأثیر ۷۳/۶ درصد، مؤلفه انعطاف‌پذیری ۶۶/۹، مؤلفه ابتکار ۷۵/۸ و مؤلفه بسط ۶۶/۸ درصد) تأثیر معنادار و مثبتی $P<$ ۰/۰۵ داشته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده استفاده از برنامه درسی پروژه محور STEM می‌تواند در افزایش خلاقیت دانش‌آموزان پایه ششم مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: برنامه درسی پروژه محور STEM، خلاقیت، آزمون تورنس، دانش آموزان دوره ابتدایی.

---

۱. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران aslanirana@gmail.com
۲. دانشیار دانشگاه تبریز دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران * - نویسنده مسئول: firoozmahmoodi@tabri
۳. دانشیار دانشگاه تبریز دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران taghipour@tabrizu.ac.ir
۴- استادیار دانشگاه تبریز دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران dehghanzadeh@tabrizu.ac.ir

پیشگفتار

توسعه سریع علم و فناوری در قرن بیست و یکم، نظام‌های آموزشی را ملزم به همگام شدن با این تحولات کرده است (دواندا و الیزار، ۲۰۲۳). فرآیند آموزشی در مدارس باید دانش‌آموزان را برای مواجهه با تغییرات پیش رو آماده کند (فیردا و سونارتی، ۲۰۲۲) و توانایی مطالعه مستقل، جستجوی اطلاعات و داشتن مهارت‌های لازم را در آن‌ها تقویت کند (عزمی و فستیید، ۲۰۲۳). مهارت‌های اصلی موردنیاز برای توسعه علم و فناوری شامل تفکر منطقی، تفکر انتقادی و تفکر خلاق هستند (لستاری، ۲۰۲۱) که به دانش‌آموزان در حل مسائل، پیش‌بینی، تجزیه‌وتحلیل و ایجاد پاسخ‌های تازه و نو کمک می‌کنند (لیاسا و همکاران، ۲۰۲۳). در این میان، تفکر خلاق به‌عنوان یکی از پیچیده‌ترین و برجسته‌ترین توانایی‌های بشری محسوب می‌شود (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۹). خلاقیت توانایی ارائه ایده‌های جدید یا ایجاد نوآوری است که می‌تواند برای حل مشکلات یا شناسایی روابط جدید بین عناصر موجود مورداستفاده قرار گیرد. (دیواتیو همکاران، ۲۰۲۳). گیلفورد (۱۹۸۹) در مدل «ساختار عقل» برای خلاقیت (تفکر واگرا)، مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها و ویژگی‌ها را معرفی کرده و آزمون‌های خود را بر پایه آن‌ها طراحی کرده است. این مؤلفه‌ها شامل سیالی (تولید تعدادی ایده)، انعطاف‌پذیری (تنوع در پاسخ‌های فرد)، تازگی (ایجاد پاسخ‌های جدید و نوآورانه) می‌باشند (هایم و اشاور، ۲۰۲۳). تورنس (۱۹۹۲) در پژوهش‌های خود، مؤلفه بسط (توجه به جزئیات و کاربرد ایده‌ها) را به این سه مؤلفه اضافه کرده است (شیروانی و آزادی، ۱۳۹۹).

خلاقیت، تفکر انتقادی و حل مسئله به‌عنوان جنبه‌های حیاتی سواد فناوری در جوامع امروزی تأکید شده‌اند (تورنهیل- میلر و همکاران، ۲۰۲۳). هدف اصلی مدارس و نهادهای آموزشی، تقویت این مهارت‌ها از طریق برنامه‌های درسی و فعالیت‌های فوق‌برنامه است (فخردینوا و همکاران، ۲۰۲۱). خلاقیت به‌عنوان یکی از ویژگی‌های اساسی انسانی، عاملی کلیدی در پیشرفت علمی، فرهنگی و اقتصادی در جوامع به شمار می‌رود (ملاند و فلوریدا،

۲۰۲۱). این مهارت‌ها با تجربیات زیسته، فرایند یاددهی- یادگیری، ویژگی‌های شخصیتی، فرایندهای ذهنی، انگیزه‌ها، تکنیک‌ها و فرهنگ تعامل دارد و می‌تواند تحت تأثیر این عوامل قرار گیرد و توسعه پایدار و نوآورانه را ترویج کند (لیو و همکاران، ۲۰۲۱).

اهمیت و ضرورت خلاقیت و فرایند رو به رشد آن در عصر حاضر، توجه پژوهشگران و برنامه-ریزان آموزشی را به تحلیل و بررسی خلاقیت از دید آموزشی جلب کرده است (حسینی مهر و همکاران، ۱۳۹۸). نظام‌های آموزشی خلاقیت را به‌عنوان محور اصلی برنامه‌های درسی خود قرار می‌دهند؛ زیرا پیشرفت فردی، اجتماعی، علمی و اقتصادی به تفکر خلاق بستگی دارد. بدون استفاده از نیروی خلاق، پیشرفت در هر جامعه‌ای غیرممکن به نظر می‌رسد (هانگ و همکاران، ۲۰۲۰).

نظام آموزشی و مدارس، با توجه به نقش مهم خود در توسعه و تقویت خلاقیت، باید به دنبال روش‌هایی برای پرورش مهارت‌های روان‌شناختی و خلاقانه دانش‌آموزان برای موفقیت در مدرسه و بازار کار آینده باشند (حسینی و بزرگی، ۱۳۹۷)؛ بنابراین امروزه، با توجه به نیاز جامعه به افراد متفکر و خلاق، ضروری است که برنامه‌های درسی و روش‌های آموزشی موردبازنگری و اصلاح قرار گیرند (تانا، ۲۰۲۲). برنامه‌های درسی سنتی و محتوا محور کم‌رنگ شده‌اند (ابراهیم، ۲۰۲۳) و به‌جای آن‌ها، نظریه‌های یادگیری سازنده گرا (اویلانا، ۲۰۲۲)، یادگیری اکتشافی (گالاگر و ساویج، ۲۰۲۳)، یادگیری مبتنی بر پروژه (گوئو، ۲۰۲۲)، یادگیری مشارکتی (پوجیارتی، ۲۰۲۳) و یادگیری مسئله محور (سانتوسو، ۲۰۲۳)، مورد تأکید قرارگرفته‌اند. این نظریه‌های جدید بر یادگیری «چگونه یادگرفتن» تمرکز دارند و به ارتقاء صلاحیت‌ها و عملکرد دانش‌آموزان در حوزه‌های شناختی، اجتماعی و عاطفی کمک می‌کنند (آبوخرمه، ۲۰۲۲). تجربه این روش‌ها در محیط آموزشی تأثیرات سرنوشت‌سازی بر زندگی حال و آینده کودکان و نوجوانان دارد (ثمری صفا و همکاران، ۱۴۰۰ «STEM» .(مخفف «علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات» است، نوعی برنامه درسی بین‌رشته‌ای و کاربردی است که بر پایه‌ی آن، تلاش می‌شود دانش انتزاعی و نظری آموخته‌شده توسط دانش آموزان در

زمینه‌های علوم، فناوری، مهندسی، ریاضیات به عمل تبدیل شود (ویراتمان، ۲۰۲۳). یکی از برنامه‌های درسی و آموزشی موردتوجه در میان برنامه‌های درسی قرن حاضر، برای افزایش پیشرفت تحصیلی، «برنامه درسی پروژه محور «STEM» هست که ریشه در سازنده گرایی دارد (دی و همکاران، ۲۰۲۱). STEM در اوایل قرن بیستم در کنگره «بنیاد ملی علوم آمریکا»، با توجه به رکود اقتصادی و ضعف نظام آموزشی کشورهای صنعتی، مطرح و در مدارس مورداستفاده قرار گرفت (بیتینگر، ۲۰۲۱). دو اصطلاح برنامه درسی پروژه محور و STEMباهم ترکیب‌شده‌اند؛ برنامه درسی پروژه محور به تلاش‌هایی اشاره دارد که به‌منظور ارائه وظایف چالش‌برانگیز به شکل پروژه‌ها انجام می‌شود، درحالی‌که STEM به روش‌های علمی اشاره دارد که با استفاده از نوآوری‌های موجود در محیط دانش‌آموز قابل‌اندازه‌گیری، برنامه‌ریزی و ارزیابی هستند (لطیف و سوپریاتنا، ۲۰۲۳).

STEM به‌عنوان یک برنامه درسی و آموزشی نوین، ضمن ارتقای کیفیت آموزش عمومی و پرورش مهارت‌های ضروری به بهبود خلاقیت و نوآوری دانش‌آموزان در زمینه مسائل و موضوعات مهم روز نیز کمک شایانی می‌کند (سیرگار، ۲۰۲۳؛ زولکیفلی، ۲۰۲۲). در برنامه درسیSTEM ، دانش‌آموزان کلاس درس را با دنیای واقعی پیوند می‌زنند و با فعالیت‌های خلاقانه و حل مسئله به یافتن راه‌حل‌های کاربردی برای مسائل واقعی می‌پردازند (ذاکری، ۲۰۲۳). برنامه درسی STEM به‌عنوان ابزاری قدرتمند، زمینه را برای تقویت نوآوری، تضمین رشد اقتصادی و آماده‌سازی دانش‌آموزان برای موفقیت در آینده فراهم می‌کند (سیرگار، ۲۰۲۱). بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، برنامه درسی پروژه محور STEM منجر به افزایش و بهبود مهارت‌های تفکر انتقادی، تحلیلی و حل مسئله (داویدی، ۲۰۲۱)، علاقه‌مندی به مشارکت در فعالیت‌های گروهی و افزایش مهارت‌های ارتباطی، (پتکووا، ۲۰۲۳)، تقویت توانایی‌های تفکر و خلاقیت (سراجودین و سوراتنو، ۲۰۲۱)، توسعه مهارت‌های شناختی، عاطفی و روانی حرکتی (گولن و یامان، ۲۰۱۹)، جذابیت برنامه درسی، ایجاد انگیزش و نگرش مثبت نسبت به مدرسه و موضوعات درسی (هیگده و اکتامیش، ۲۰۲۲)

و کاهش افت و ترک تحصیلی می‌شود (سیتوله، ۲۰۱۷) و درنهایت بر ضرورت آماده‌سازی دانش‌آموزان برای برخورد. با چالش‌ها، نیازها و تحولات قرن حاضر تأکید می‌کند (دیر، ۲۰۲۱).

پژوهش‌های متعددی در زمینه به‌کارگیری برنامه درسی پروژه محور STEM و تأثیر آن بر خلاقیت دانش‌آموزان انجام‌گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. هبچی و اوستا (۲۰۲۲) در پژوهش خود با عنوان بررسی تأثیر روش‌های آموزشی یکپارچه STEM بر مهارت‌های حل مسئله، خلاقیت علمی و میل به تفکر انتقادی به این نتایج رسیدند برنامه‌های آموزشی یکپارچه STEM به‌طور مثبت بر مهارت‌های حل مسئله، خلاقیت علمی و میل به تفکر انتقادی دانش‌آموزان تأثیر می‌گذارند. جواد، مجید و الریکابی (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان تأثیر آموزش با استفاده از رویکرد STEM در رشد تفکر خلاق و پیشرفت ریاضی در دانش‌آموزان کلاس چهارم، به این نتایج رسیدند که استفاده از روش STEM در آموزش به دانش‌آموزان گروه آزمایش، نسبت به روش‌های سنتی گروه کنترل، تأثیر مثبت و قابل‌ملاحظه‌ای بر تفکر خلاق و پیشرفت در درک مفاهیم ریاضیات دارد، همچنین در مهارت‌های تفکر نوآورانه مانند سیالت، انعطاف‌پذیری، اصالت و ارتباطات بهبود قابل‌توجهی نشان دادند و پیشرفت‌های معناداری در درک و استفاده از مفاهیم ریاضیات نیز به آن‌ها نسبت داده شد. حنیف، ویجایا و وینارنو (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان افزایش خلاقیت دانش‌آموزان از طریق آموزش مبتنی بر پروژه STEM نشان دادند که این روش آموزشی بر سه بعد خلاقیت (تفکیک، بسط و تازگی) تأثیر معناداری می‌گذارد و خلاقیت دانش‌آموزان را تا ۰/۰۷۶ بهبود می‌بخشد. همچنین بلادی ده بزرگ، کابلی و حیدری (۱۴۰۱) در پژوهشی با بررسی تأثیر آموزش خلاقیت بر مؤلفه‌های سیالی، ابتکار، انعطاف و بسط در کارگاه‌های آموزش طراحی معماری با دست آزاد نشان دادند دانشجویانی که این روش را تجربه کرده‌اند، در مقایسه با دانشجویان با روش تدریس معمول، ابتکار، سیالی، بسط و انعطاف‌پذیری بیشتری داشته و از خلاقیت بیشتری برخوردارند. همچنین، در هر دو روش تدریس، بین چهار مؤلفه

خلاقیت و میزان خلاقیت رابطه مثبت و معناداری وجود دارد که به ارتقای خلاقیت دانشجویان کمک می‌کند. عربی مکی آبادی و عباسیان (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان بررسی تأثیر الگوهای آموزش تلفیقی با روش سنتی بر خلاقیت دانش‌آموزان دریافتند دانش‌آموزانی که به روش تلفیقی آموزش‌دیده بودند، خلاقیت بیشتری نسبت به دانش‌آموزانی که به روش سنتی آموزش‌دیده بودند، نشان دادند. رضایی، احمدی و نیکنام (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان طراحی الگوی مفهومی آموزش STEM تلفیقی در دوره ابتدایی ایران به این نتایج رسیدند که در دوره ابتدایی باید بیشتر بر نگرش و ایجاد انگیزه برای پژوهش علمی و همکاری گروهی تمرکز شود و برنامه‌های درسی STEM تلفیقی باید از طریق عمل و مهارت‌آموزی، دانش‌آموزان را به یادگیری علوم تجربی تشویق کنند. محمودی و برادران (۱۳۹۹) در تحقیقی با بررسی رابطه و مقایسه ابعاد گرایش به علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی (STEM) با مهارت‌های قرن ۲۱ نشان دادند که دانشجو معلمان با گرایش متوسط به ریاضی و علوم و گرایش بالاتر به طراحی و فناوری، در مهارت‌های رهبری و مشارکت سطح متوسطی داشته و در مهارت خود مدیریتی در سطح بالاتر از متوسط عمل می‌کنند. نتایج نشان داد که وجود گرایش به علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی (STEM) با برخی از مؤلفه‌های مهارت‌های قرن ۲۱ رابطه مثبت و معناداری دارد.

بسیاری از نظام‌های آموزشی جهان با تأکید بر تلفیق موضوعات مرتبط با STEM، به‌منظور افزایش علاقه دانش‌آموزان به رشته‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی و همچنین تقویت ارتباط آن‌ها با مشاغل مرتبط با STEM، تلاش می‌کنند (اوزکول و اوزدن،۲۰۲۰). در نظام آموزشی ایران، علیرغم تلاش‌هایی برای اعمال تغییرات و تحولات در برنامه درسی ملی، هنوز شاهد شکاف قابل‌توجهی بین اهداف، برنامه‌ها و روش‌های تدریس در مدارس ابتدایی هستیم (بنی سعد و همکاران، ۱۳۹۶). این امر ضرورت اصلاحات جامع و اساسی در طراحی برنامه‌های درسی را آشکار می‌کند تا به‌طور مؤثر به اهداف مختلف آموزشی، علایق دانش‌آموزان، نیازهای بازار کار و انتظارات جامعه پاسخ دهند و از آن‌ها حمایت کنند.

(مختاری و همکاران، ۱۴۰۱). بر اساس نتایج آزمون‌های بین‌المللی هفتمین دوره تیمز (۲۰۱۹) روند مطالعات بین‌المللی ریاضیات و علوم، وضعیت فعلی برنامه‌های درسی و آموزشی در دوره ابتدایی کشور مطلوب نیست (ضیاء نژاد شیرازی و همکاران، ۱۴۰۲). دانش‌آموزان ایرانی در دروس علوم تجربی و ریاضی عملکرد ضعیفی دارند که این مسئله نیازمند بازنگری و اصلاح برنامه‌های درسی و آموزشی است (کسیانی و زارعی، ۱۳۹۸). برنامه‌های درسی سنتی با تأکید بر حفظیات و تدریس تئوری، نمی‌توانند نیازهای امروزی دانش‌آموزان را به‌خوبی تأمین کنند (کمپل- فیلیپس، ۲۰۲۰). معرفی و اجرای برنامه‌های درسی پروژه محور STEM به‌عنوان راهکاری نوین می‌تواند به بهبود کیفیت آموزش‌وپرورش نسل‌های آینده کمک کند. این برنامه‌ها با تأکید بر توسعه مهارت‌های تفکر و درک عمیق، می‌توانند علاقه دانش‌آموزان به رشته‌های علمی را افزایش داده و زمینه‌ساز پیشرفت‌های علمی و فناوری در کشور باشند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۹). بااین‌حال، تأثیر برنامه‌های درسی پروژه محور STEM بر خلاقیت دانش‌آموزان ابتدایی در نظام آموزشی ایران به‌طور جامع و علمی موردبررسی قرار نگرفته است؛ بنابراین، این پژوهش به بررسی اثربخشی این برنامه‌ها در بهبود و ارتقای توانمندی‌های علمی و مهارت‌های فراشناختی دانش‌آموزان می‌پردازد که می‌تواند به سیاست‌گذاران و مسئولان آموزشی در اصلاح و بهبود برنامه‌های درسی کمک کند، همچنین می‌تواند به‌عنوان یک الگو برای سایر مدارس و مقاطع آموزشی به کار رود و به توسعه و پیشرفت علمی و فناوری کشور کمک نماید. ازاین‌رو هدف پرسش اصلی این است که آیا برنامه‌های درسی پروژه محور STEM بر خلاقیت دانش‌آموزان ابتدایی تأثیر معنادار و مثبتی دارد؟

روش پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی و نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون و گروه کنترل است. هدف بررسی اثربخشی برنامه درسی پروژه محور STEM بر خلاقیت

دانش‌آموزان پایه ششم است. جامعه آماری شامل تمامی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی در مدارس شهر تبریز در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بود. نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی خوشه‌ای چندمرحله‌ای (از ۵ ناحیه، ۲ ناحیه و از هر ناحیه ۲ مدرسه و از هر مدرسه ۲ کلاس) انجام شد. حجم نمونه ۱۲۰ نفر (۶۰ نفر گروه کنترل و ۶۰ نفر گروه آزمایش) که در هر ۴ کلاس ۳۰ نفر حضور داشتند. گروه آزمایش شامل دانش‌آموزانی بود که در معرض آموزش بر اساس برنامه درسی پروژه محور STEM قرار گرفتند و گروه کنترل شامل دانش‌آموزانی بود که در معرض آموزش رایج مدارس قرار داشتند.

ابزار گردآوری داده‌ها در پژوهش حاضر، پرسشنامه خلاقیت تورنس (۱۹۷۹) بود. این پرسشنامه دارای ۶۰ ماده و هر ماده دارای ۳ گزینه (۱؛ کمتر، ۲؛ متوسط، ۳؛ بیشتر) و دارای ۴ بعد سیالی، انعطاف‌پذیری، ابتکار و بسط را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. سؤال ۱ تا ۱۵ مربوط به سیالی، سؤال ۱۶ تا ۳۰ مربوط به انعطاف‌پذیری، سؤال ۳۱ تا ۴۵ مربوط به ابتکار و سؤال ۴۶ تا ۶۰ مربوط به بسط است. در مطالعه پاک‌گوهر و (۱۴۰۱) پایایی پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ ۰/۶۹ به‌دست‌آمده است. با توجه به نتایج باز آزمون‌های منتشرشده در کشور، ضریب پایایی این پرسشنامه (۰/۸۰ تا ۰/۹۰) است. همچنین پایایی این آزمون؛ سیالی؛ ۰/۸۵، ابتکار؛ ۰/۸۲، انعطاف‌پذیری؛ ۰/۸۴ و بسط؛ ۰/۸۰ می‌باشد (عابدی، ۱۳۷۲). در این تحقیق پایایی آزمون خلاقیت در مؤلفه سیالی؛ ۷۳/۶ درصد، مؤلفه انعطاف‌پذیری؛ ۶۶/۹، مؤلفه ابتکار؛ ۷۵/۸ و مؤلفه بسط؛ ۶۶/۸ درصد بوده است.

بسته اجرائی برنامه درسی پروژه محور STEM باهدف تلفیق دانش نظری و عملی موضوعات درسی) STEM علوم تجربی، ریاضیات، فناوری و مهندسی) طراحی‌شده است. این بسته دانش‌آموزان را با مراحل طراحی و ساخت پروژه آشنا می‌کند و به آن‌ها در درک مفاهیمی مانند؛ اهرم‌ها، نیرو، انرژی، سطح شیب‌دار، آزمایش، مشاهده، تجربه و مباحث علمی و ریاضی ازجمله عدد، الگو، تقارن، مختصات، حجم، جرم، طول، سطح، احتمالات، اشکال هندسی، معادلات خطی، نسبت‌های مثلثاتی، مقیاس‌های اندازه‌گیری کمک می‌کند. علاوه بر

این، مهارت‌های کاربردی مانند استفاده از نرم‌افزار، طراحی، مدل‌سازی، نقاشی، گرافیک، نمودار، ارائه گزارش، مراحل پژوهش، گردآوری اطلاعات، تخیل، قضاوت، قیاس، پرسشگری، حل مسئله، استدلال، ارزشیابی، استنباط و نتیجه‌گیری را نیز دانش‌آموزان یاد می‌گیرند. این آزمون، یک‌بار قبل از اجرای برنامه درسی مبتنی بر پروژه محور STEM)پیش‌آزمون) و هم‌سطح این آزمون بعد از اجرای برنامه درسی پروژه محور STEM)پس‌آزمون) توسط دانش‌آموزان پاسخ داده شد.

برای تدوین بسته آموزشی برنامه درسیSTEM ، نظریه‌ها، منابع و پژوهش‌های مختلف در این زمینه، به همراه نمونه‌های موفق اجراشده در سایر کشورها، موردمطالعه قرار گرفت. ازجمله این منابع می‌توان به پژوهش‌های (اینگلیش و کینگ، ۲۰۱۹؛ تانک و همکاران، ۲۰۱۸؛ اینگلیش، ۲۰۱۶) اشاره کرد. اولین قدم در اجرای این پژوهش؛ ۱. تهیه و تدوین بسته برنامه درسی STEM توسط پژوهشگر بود. این بسته شامل موضوعاتی از محتوای کتب درسی) STEM علوم تجربی، ریاضیات، کار و فناوری، تفکر و پژوهش) بود که امکان آموزش و یادگیری آن‌ها از طریق برنامه درسی پروژه محور STEM وجود داشت. ۲. انتخاب پروژه‌ها شامل؛ طراحی و ساخت ماشین الکترونیکی، هواپیمای چوبی باقابلیت پرواز، آسانسور برقی، سازه ماکارونی، انواع پل، منجنیق با برد بالا. ۳. طراحی و ساخت پروژه با تأکید بر بسته برنامه درسی STEM با رعایت مراحل انجام پروژه، اهداف پروژه، تعداد جلسات، اهداف کلی، اهداف جزئی (شناختی، عاطفی و رفتاری)، فرایند فعالیت و مهارت‌های عملکردی و کسب‌شده، طراحی شد. پس از طراحی و ساخت یک نمونه (طراحی و ساخت ماشین کاغذی)، برای سنجش روایی بسته آموزشی، نظرخواهی از متخصصان صورت گرفت. روایی آن توسط اساتید علوم تربیتی دانشگاه (یک نفر متخصص برنامه درسی، دو نفر متخصص تکنولوژی آموزشی و رسانه) و سه نفر از معلمان ابتدائی پایه ششم تأیید شد. سپس نمونه طراحی‌شده توسط یکی از آموزگاران در یکی از مدارس تبریز اجرا و برخی موارد جزئی نیز اعمال گردید. پس‌ازآن، نسخه نهایی بسته آموزشی آماده شد. به‌منظور بررسی روایی محتوایی،

بسته آموزشی توسط سه نفر آموزگار پایه ششم ابتدائی بررسی و پس از اعمال‌نظر نهایی آن‌ها، اجرا گردید.

بسته آموزشی برنامه درسی پروژه محور STEM در ۳۰ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای اجرا شد. جلسه اول و آخر به اجرای پیش‌آزمون و پس‌آزمون با استفاده از پرسشنامه خلاقیت تورنس (۱۹۷۹) اختصاص داشت. ابتدا میانگین خلاقیت تمامی گروه‌ها (کنترل و آزمایش) از طریق پیش‌آزمون اندازه‌گیری شد. برای مقایسه نتایج پیش‌آزمون دو گروه (آزمایش و کنترل) از تحلیل کوواریانس چند متغیره استفاده شد. دانش‌آموزان گروه آزمایش به مدت ۲۷ جلسه ۴۵ دقیقه‌ای با استفاده از بسته برنامه درسی STEM به یادگیری دروس علوم تجربی، کار و فناوری، تفکر و پژوهش و ریاضیات پرداختند. در این گروه، دانش‌آموزان به گروه‌های ۴ یا ۵ نفره تقسیم‌شده و در هر گروه، یک نفر به‌عنوان سرگروه و یک نفر به‌عنوان منشی انتخاب می‌شد. سرگروه وظیفه‌ی مدیریت و سازمان‌دهی وظایف را بر عهده داشت و منشی نیز موظف به یادداشت‌برداری و جمع‌بندی مطالب بود. دانش‌آموزان در هر گروه موظف به طراحی و ارائه پروژه‌های یکسان بودند و پس از اتمام هر پروژه، در مورد تولیدات یکدیگر بحث و گفتگو می‌کردند. در مقابل، در کلاس‌های گروه کنترل، برنامه درسی رایج (روش تدریس سنتی) اجرا شد. در این روش، معلم ابتدا مفاهیم درسی را مطابق با متن کتاب درسی توضیح می‌داد، سپس سؤالات و مسائلی از مباحث درسی را حل می‌کرد و درنهایت، تمریناتی مشابه مسائل حل‌شده را به‌عنوان تکلیف به دانش‌آموزان ارائه می‌داد. پس از اتمام جلسات اجرای بسته برنامه درسی، پس‌آزمون (پرسشنامه خلاقیت تورنس) برای سنجش میزان یادگیری دانش‌آموزان در هر دو گروه اجرا شد.

مراحل اجرای پروژه‌های کلاسی بر اساس برنامه درسی پروژه محورSTEM

۱ - تعریف مسئله: شامل شناسایی مسئله، تعیین هدف، معیارها و محدودیت‌های آن. با وقوع یک «رویداد ورودی» غیرمنتظره توسط معلم، دانش‌آموزان در حوزه علوم، فناوری، مهندسی یا ریاضی کنجکاو می‌شوند و نیاز به کسب دانش و درک مفاهیم پیدا می‌کنند. معلم

با سؤالات چالش‌برانگیز و ارائه فیلم‌های مرتبط، دانش‌آموزان را برای تعریف مسئله، شناسایی اهداف، معیارها و محدودیت‌های مسئله (پروژه) راهنمایی می‌کند.

۲ - تولید ایده: دانش‌آموزان به سؤالات راهنمایی کننده معلم باهم و مشورت با یکدیگر (روش بارش مغزی) پاسخ می‌دهند. با توجه به امکانات و محدودیت‌ها (مواد موجود، هزینه، زمان) مناسب‌ترین ایده خود را انتخاب می‌کنند.

۳ - جمع‌آوری اطلاعات و مواد اولیه: از منابع اطلاعاتی مانند کتاب‌های درسی، اینترنت و مجلات در مورد ایده خود اطلاعات کسب می‌کنند و مواد اولیه برای طراحی ایده و ساخت پروژه را جمع‌آوری می‌کنند.

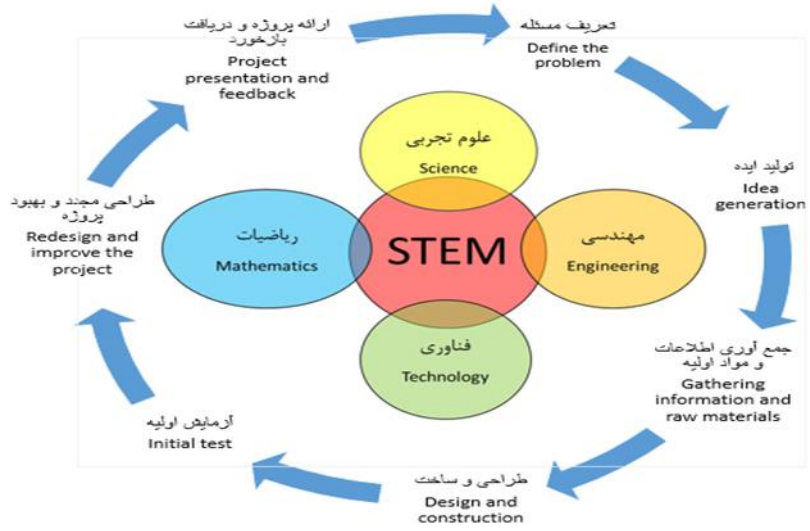
۴ - طراحی و ساخت پروژه: با استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای (گرافیک، سازه، ماکت سه‌بعدی و ...) طرح پیشنهادی خود را طراحی می‌کنند. محصول موردنظر خود را بر اساس ایده طراحی‌شده و وسایل موردنیاز تولید می‌کنند. در این مرحله، دانش‌آموزان با استفاده از ابزارهای نوین، نرم‌افزارهای رایانه‌ای مانند گرافیک، سازه و ماکت‌سازی سه‌بعدی، طرح اولیه ایده خود را به تصویر می‌کشند. از خلاقیت و نوآوری خود برای طراحی مدلی کارآمد و جذاب استفاده می‌کنند و جزئیات و ظرافت‌های دقیق و لازم را در طراحی خود لحاظ می‌کنند. با تکیه بر طرح نهایی، به مرحله ساخت محصول موردنظر خود قدم می‌گذارند تا محصولی باکیفیت و بادوام خلق کنند.

۵ - آزمایش اولیه: در این مرحله، دانش‌آموزان با انجام آزمایش اولیه، محصول خود را موردسنجش و ارزیابی قرار می‌دهند تا از عملکرد صحیح و مطابقت آن با اهداف و معیارهای تعیین‌شده اطمینان حاصل کنند. با انجام آزمایش، هرگونه نقص یا ایراد در عملکرد، طراحی و یا ساخت پروژه را شناسایی می‌کنند.

۶ - بازسازی و طراحی مجدد محصول: دانش‌آموزان به طرح اولیه پروژه خود بازمی‌گردند و نقاط قوت و ضعف آن را به‌دقت بررسی می‌کنند. تناقضات و ایرادات احتمالی

در طرح را شناسایی می‌کنند. به دنبال راهکارهایی برای رفع این تناقضات و ایرادات می‌گردند.

۷ - ارائه پروژه و دریافت بازخورد: در این مرحله، دانش‌آموزان در قالب یک مسابقه کلاسی، پروژه‌های خود را به نمایش می‌گذارند. هر گروه موظف است تا اهداف تولید، فرایند ساخت، نقاط قوت و محدودیت‌های پروژه خود را به‌طور واضح و قابل‌فهم برای مخاطبان ارائه دهد. می‌توان از ابزارهای بصری مانند نمودار، عکس، فیلم و اسلاید برای ارائه جذاب‌تر و مؤثرتر پروژه استفاده کرد. معلم پس از ارائه هر پروژه، نظرات و پیشنهادات خود را در مورد کیفیت کار، میزان رعایت اصول و مراحل پروژه، مشارکت گروهی، نقاط قوت و ضعف محصول ارائه می‌دهد. سایر گروه‌های دانش‌آموزی نیز می‌توانند نظرات و پیشنهادات خود را در مورد پروژه ارائه دهند. در ارائه بازخورد، علاوه بر نقاط ضعف، به نقاط قوت پروژه نیز توجه شود تا دانش‌آموزان تشویق شده و انگیزه آن‌ها برای انجام فعالیت‌های مشابه در آینده افزایش یابد.



نمودار ۱. مراحل اجرای برنامه درسی پروژه محورSTEM

در جدول (۱) دو نمونه از مراحل طراحی و ساخت پروژه کلاس (خودرو و آسانسور برقی) آمده است. سایر موضوعات پروژه در طول اجرای بسته برنامه درسی پروژه محور شامل؛ طراحی و ساخت سازه ماکارونی پل خرپائی، ماکت باغ‌وحش چوبی، طراحی و ساخ تصفیه‌کننده آب، طراحی و ساخت جاروی برقی پلاستیکی بود.

جدول ۱. مداخله‌های انجام‌شده در پژوهش در طی فرایند اجرای برنامه درسی مبتنی بر پروژه محورSTEM

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
هدف کلی: پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی	قانون دوم نیوتن، نیروی غیر ارتماسی، اصطکاک، انرژی الکتریکی، می‌خواهیم بسازیم.	بخش اول؛ فناوری اطلاعات و ارتباطات بخش دوم؛ پودمان‌های کار (طراحی و ساخت پروژه)	تمامی فصل‌ها شامل؛ مراحل پژوهش، گردآوری اطلاعات، تخیل، قضاوت بر اساس مشاهدات، قیاس، پرسشگری، حل مسئله، استدلال، ارزشیابی، استنباط و نتیجه‌گیری از یافته‌ها	فصل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ شامل؛ مباحث الگوهای عددی، تقارن و مختصات، تناسب و درصد، حجم، جرم، دوران و تقارن مرکزی، طول و سطح، کسر، احتمالات، اشکال هندسی، محاسبه معادلات خطی، نسبت‌های مثلثاتی، مقیاس‌های اندازه‌گیری
جلسات	مراحل فعالیت	اهداف جزئی	فرایند فعالیت	مهارت‌های کسب‌شده
جلسه ۱	مرحله اول: تعریف مسئله	دانش‌آموز بتواند؛ با قانون حرکت نیوتن آشنا شود. با مفاهیم انواع نیرو و انرژی آشنا شود. مسئله یا موضوع خود را بیان و توصیف و تحلیل کنند.	فعال‌سازی ذهنی با ارائه فیلم و انیمیشن توسط معلم آشنایی دانش‌آموزان با مفاهیم مربوط به موضوع پروژه؛ نیرو، انرژی، اصطکاک، هل دادن، کشیدن؛ انواع خودرو، نقش و کاربرد انواع آن‌ها در زندگی واقعی و طرح سؤالات چالش زا؛ - قانون دوم نیوتن چیست؟ و چه کمکی به ما می‌کند؟ (علوم و فناوری) - ویژگی‌های متمایزکننده خودروهای	کسب مهارت‌های؛ - پرسشگری، مهارت تفکری و تحلیلی - درک و توصیف مسئله - آشنایی با مفاهیم و تعاریف انتزاعی - نگرش کنجکاوانه نسبت به مسائل محیطی

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
			برقی چیست؟ (تفکر و پژوهش) - چه نیرویی مسئول به حرکت درآوردن ماشین الکتریکی است؟ - آیا تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی جنبشی امکان‌پذیر است؟ - آیا تعامل جریان و نیروهای الکتریکی، گرانشی، اصطکاک و مقاومت هوا را می‌توان با ساخت پروژه ماشین برقی نشان داد؟ (علوم تجربی) - چگونه با مواد دورریختنی و محدود می‌توان ماشین برقی درست کرد؟ (کار و فناوری) توصیف مسئله؛ با نرم‌افزارهای گرافی، فلوچارت، نقشه مفهومی، درخت شبکه‌ای (کار و فناوری) و مشخص کردن اهداف، معیارها و محدودیت‌ها پروژه	
جلسه ۲	مرحله دوم: تولید ایده‌های متنوع و انتخاب بهترین ایده	دانش‌آموز بتواند ایده‌های خلاقانه و هیجان‌انگیز ارائه دهد.	- ارائه ایده‌های خلاقانه و تخیلی با استفاده از طوفان فکری و مشورت با یکدیگر - انتخاب مناسب‌ترین ایده باتوجه‌به منابع و امکانات موجود، محدودیت‌ها و زمان من - تشویق و حمایت معلم به‌عنوان تسهیلگر و راهنما کننده از ایده‌های خلاقانه دانش‌آموزان	ایده پردازی، پژوهشگری، مهارت انتقادی، تفکری منطقی و استدلالی توانایی خودآگاهی، همدلی، ارتباط مؤثر، روابط بین فردی، مقابله با استرس، مقابله با هیجان‌های منفی، تفکر خلاق، تفکر انتقادی

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
جلسه ۳	مرحله سوم: جمع‌آوری اطلاعات و تهیه مواد اولیه و بازیافتی	دانش‌آموز بتواند؛ -با مراحل و نحوه جمع‌آوری منابع اطلاعاتی و الکترونیکی آشنا باشد. - از وسایل الکترونیکی درست استفاده کند. - مواد بازیافتی را از مواد غیر بازیافتی تشخیص دهد.	دانش‌آموزان از منابع و مجلات الکترونیکی برای تحقیق در مورد طراحی و ساخت ماشین الکترونیکی استفاده می‌کنند. آن‌ها فهرستی از ابزارها و مواد ضروری را تهیه می‌کنند. _منابع چاپی: کتاب‌های درسی علوم، ریاضی، فنی و تحقیقاتی به همراه روزنامه و مجلات. - منابع الکترونیکی: کامپیوتر، اینترنت و وب‌سایت‌های آموزشی مانند scratch.mit.edu و roshd.ir. برای مرحله تحقیق و طراحی، نیاز به مواد و ابزار اولیه ازجمله کتاب‌های درسی، وسایل نوشتاری، ابزارهای اندازه‌گیری و مواد دورریختنی است. این‌ها شامل موارد زیر می‌شوند: -کتاب‌های درسی: برای مطالعه قوانین فیزیکی مانند قانون دوم حرکت نیوتن. -وسایل نوشتاری: کاغذ و مداد برای طراحی نقشه‌ها. -ابزارهای اندازه‌گیری: خط‌کش، متر، پرگار و کرونومتر. -مواد دورریختنی: درب بطری، سی‌دی، بطری‌های پلاستیکی، کارتن‌ها و سیخ‌های چوبی. - ابزارهای دیگر: پیچ‌گوشتی، نی آب‌خوری، چسب، نوار برقی، سیم‌چین و سیم‌لخت‌کن.	- نگرش انتقادی و خلاقانه نسبت به محیط اطراف و وسایل بازیافتی باهدف مقرون‌به‌صرفه ازلحاظ اقتصادی و حفظ محیط‌زیست - نحوه استفاده از وسایل الکترونیکی، رسام و مواد بازیافتی - کاربرد و تلفیق مفاهیم انتزاعی و مجزای کتب درسی به‌صورت عملی در فرایند ساخت پروژه.

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
جلسه ۴	مرحله چهارم: طراحی ایده و ساخت پروژه	دانش‌آموز بتواند؛ - با رعایت گام‌های تعیین‌شده پروژه نقشه یک وسیله نقلیه الکتریکی را ترسیم کند. - خودروی الکتریکی‌ای بسازد که در حفاظت از محیط‌زیست مؤثر باشد.	در این فعالیت، دانش‌آموزان وظایفی مانند منشی‌گری و سرگروهی را تقسیم می‌کنند، نظریه‌های علمی را برای تبدیل انرژی الکتریکی به جنبشی به کار می‌برند و با استفاده از نرم‌افزارهای گرافیکی و شبیه‌سازی سه‌بعدی، ایده‌های خلاقانه‌ای طراحی می‌کنند. آن‌ها همچنین در مورد طرح‌های مختلف باتوجه‌به مواد مورداستفاده و محدودیت‌ها بحث می‌کنند، اندازه‌های مناسب برای استحکام و سرعت پروژه را انتخاب می‌کنند و پروژه را بر اساس نقشه‌های طراحی‌شده می‌سازند. درنهایت، مفاهیم انتزاعی مانند وزن و چگالی را در ساخت ماشین به کار می‌برند و از ابزارهایی مانند قیچی و پرگار برای اندازه‌گیری و طراحی استفاده می‌کنند.	مشارکت گروهی، تعامل اجتماعی، احترام به نظرات دیگران، تصمیم‌گیری، حل مسئله، مسئولیت‌پذیری، علاقه‌مندی به مهندسی، مهارت کاربرد استفاده از فناوری‌های نوین، کسب نگرش مثبت نسبت به علوم و ریاضیات با ساخت و طراحی فناوری‌های مبتنی بر انرژی
جلسه ۵	مرحله پنجم: آزمایش اولیه	دانش‌آموز بتواند؛ پس از طراحی و ساخت، محصول خود را آزمایش اولیه کند.	دانش‌آموزان آزمایش اولیه از محصول خود انجام می‌دهند تا نواقص پروژه ماشین برقی را مشخص کنند. آن‌ها ماشین خود را روی یک سطح صاف حرکت می‌دهند و مسافتی را که طی کرد با یک متر اندازه‌گیری می‌کنند. میزان سرعت حرکت، استحکام و تعادل چرخ‌ها را بررسی و نواقص را شناسایی و نتایج خود را تجزیه‌وتحلیل می‌کنند.	خودآگاهی، جرأت‌مندی و مسئولیت‌پذیری اشتباهات خود، کسب اراده قوی در مقابل شکست‌ها و تلاش مجدد تا مرحله موفقیت
جلسه ۶	مرحله ششم: طراحی مجدد و بازسازی پروژه	دانش‌آموز بتواند؛ با گفتمان و تبادل‌نظر با اعضای گروه خود، ایده‌های نوآورانه جهت اصلاح و بهبود	در جلسه بارش فکری، اعضای گروه با بررسی وزن، سرعت و تعادل ماشین برقی، به تحلیل نقاط ضعف پرداخته و با طرح سؤالاتی درباره عملکرد و نیروهای وارد بر ماشین، راه‌حل‌های مختلفی را ارائه داده	مهارت مسئولیت‌پذیری نسبت به نقش خود در تمامی مراحل تا ارائه نهایی پروژه و دفاع از آن را کسب می‌کند. راه‌حل‌های نوآورانه برای رفع

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
		پروژه ارائه دهد.	و بهترین راه‌حل را برای بهبود پروژه انتخاب می‌کنند. سپس، با اعمال تغییرات بر اساس طرح جدید، آزمایش‌ها را برای ارزیابی بهبود عملکرد تکرار می‌نمایند.	مشکل می‌دهد. بین ذهن، چشم و دست هماهنگی ایجاد می‌شود.
جلسه ۷	مرحله هفتم: ارائه پروژه و دریافت بازخورد	دانش‌آموز بتواند: محصول نهایی خود را به دیگران ارائه دهد. دانش‌آموز محصول ارائه‌شده توسط گروه‌ها را ارزیابی کند.	در پایان، دانش‌آموزان با برگزاری یک مسابقه، کاربرد مفاهیم نظری و ایده‌های نوآورانه در طراحی و ساخت ماشین برقی را نشان می‌دهند. آن‌ها با استفاده از وسایل بازیافتی و توجه به هزینه، زمان، سرعت، مسافت، استحکام و زیبایی، پروژه‌های خود را ارزیابی و با نرم‌افزارهایی مانند Word و PowerPoint گزارش می‌دهند. معلم نیز فعالیت‌ها و تعاملات گروهی را مرتباً بازبینی و ارزیابی می‌کند و دانش‌آموزان عوامل تأثیرگذار بر عملکرد ماشین‌ها را بررسی می‌کنند.	کسب مهارت‌های فراخوانی تجربه‌های شخصی، تحلیل و تفسیر داده‌ها، ارزیابی نتایج و ارائه گزارش، درک اهمیت انرژی و تجدید پذیری منابع انرژی برای آسایش و رفاه افراد نگرش نقادانه، انتقادپذیری، احترام به نظرات دیگران، مسئولیت‌پذیری، ادراک حل مسئله، نگرش جامع و مثبت به موضوعات درسی و فعالیت عملی
هدف کلی: طراحی و ساخت آسانسور برقی	درس ۶، ۷، ۸، ۹ شامل اصل نیرو، نیروی غیرارتماسی، اصطکاک، انرژی الکتریکی، قوانین حرکت نیوتن، می‌خواهیم بسازیم	بخش اول؛ فناوری اطلاعات و ارتباطات؛ کار با رایانه، نحوه استفاده از ابزار، طراحی، مدل‌سازی، نقاشی و گرافیک، نمودار، ارائه گزارش با نرم‌افزار Power Point و یا Word بخش دوم؛ پودمان‌های کار؛ طراحی و ساخت پروژه	تمامی فصل‌های کتاب شامل؛ مراحل پژوهش، گردآوری اطلاعات، تخیل، قضاوت بر اساس مشاهدات، قیاس، پرسشگری، حل مسئله، استدلال، ارزشیابی، استنباط و نتیجه‌گیری از یافته‌ها	فصل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ شامل؛ مباحث عدد و الگوهای عددی، کسر، اعداد اعشاری، تقارن و مختصات، اندازه‌گیری، تناسب و درصد و تقریب، حجم، جرم، دوران و تقارن مرکزی، طول و سطح، کسر، احتمالات، اشکال هندسی

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
جلسات	مراحل فعالیت	اهداف جزئی	فرایند فعالیت	مهارت‌های کسب‌شده
جلسه ۸	مرحله اول: تعریف مسئله	دانش‌آموز بتواند؛ با مفاهیم انواع نیرو و انرژی آشنا شود. مسئله یا موضوع خود را بیان و توصیف کنند.	در این جلسه، معلم با استفاده از فیلم و انیمیشن، ذهن دانش‌آموزان را به چالش می‌کشد و آن‌ها را با مفاهیمی چون نیرو، انرژی و بالابرنده و کاربرد آن‌ها در زندگی روزمره آشنا می‌کند. دانش‌آموزان همچنین با واحدهای اندازه‌گیری و ابزارهای مهندسی مانند خط‌کش و گونیا آشنا شده و با پرسش‌های چالشی، مفاهیمی مانند نیروی وزن و گرانش را در طراحی یک آسانسور برقی کاربردی می‌کنند. آن‌ها می‌آموزند چگونه از مواد بازیافتی برای ساخت آسانسور استفاده کنند و نیروی محرکه آسانسور را درک می‌کنند.	ایده پردازی، پژوهشگری، مهارت انتقادی، تفکری منطقی و استدلالی توانایی خودآگاهی، همدلی، ارتباط مؤثر، روابط بین فردی، مقابله با استرس، مقابله با هیجان‌های منفی، تفکر خلاق، تفکر انتقادی
جلسه ۹	مرحله دوم: تولید ایده‌های متنوع و انتخاب بهترین ایده	دانش‌آموز بتواند؛ ایده‌های خلاقانه و هیجان‌انگیز ارائه دهد.	دانش‌آموزان در جریان طوفان فکری و گفتگوهای گروهی، ایده‌های نوآورانه و خیال‌انگیز خود را مطرح می‌کنند. با درنظرگرفتن منابع، امکانات و محدودیت‌های زمانی، آن‌ها بهترین ایده را برای پیاده‌سازی انتخاب می‌کنند. معلم نقش یک حامی و راهنما را ایفا می‌کند و هر پیشنهاد خلاقانه‌ای را تشویق و پشتیبانی می‌نماید.	- نگرش انتقادی و خلاقانه نسبت به محیط اطراف و وسایل بازیافتی باهدف مقرون‌به‌صرفه ازلحاظ اقتصادی و حفظ محیط‌زیست - نحوه استفاده از وسایل الکترونیکی، رسام و مواد بازیافتی - کاربرد و تلفیق مفاهیم انتزاعی و مجزای کتب درسی به‌صورت عملی در فرایند ساخت پروژه.
جلسه ۱۰	مرحله سوم: جمع‌آوری اطلاعات و تهیه مواد اولیه	دانش‌آموز بتواند؛ با مراحل و نحوه جمع‌آوری منابع اطلاعاتی و	با استفاده از منابع الکترونیکی و مجلات مرتبط، با تمرکز بر طراحی و ساخت انواع بالابرها و اجزای آن‌ها در راستای پروژه خود، تحقیق می‌کنند، سپس مواد اولیه و	مشارکت گروهی، تعامل اجتماعی، احترام به نظرات دیگران، تصمیم‌گیری، حل مسئله، مسئولیت‌پذیری،

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
		الکترونیکی آشنا شود بتواند از وسایل الکترونیکی درست استفاده کند. بتواند مواد بازیافتی را از مواد غیر بازیافتی تشخیص دهد.	محدود را برای طراحی و ساخت آسانسور برقی آماده می‌کنند. ـ منابع کتبی؛ کتاب‌های علوم تجربی، ریاضیات، کار و فناوری، تفکر و پژوهش و مجلات و... ـ منابع الکترونیکی؛ رایانه، اینترنت، سایت‌های مربوط به انجام پروژه، تصاویر، فیلم‌ها .http://www.scratch.mit.edu www.oloom.ir http://www.roshd.ir http://www.jaziredanesh.com http://www.talif.sch.ir وسایل اولیه و دورریختنی؛ دفترچه یادداشت، مقوّای فشرده، موتور اسباب‌بازی، ته خودکار، پرگار، خط کش، چوب بستنی، چسب مایع همه‌کاره، آرمیچر، باتری، جای باتری تخته نئوپان، تخته چوب، میله فلزی، قرقره، قیچی، چوب بستنی، چرخ‌دنده، نخ.	علاقه‌مندی به مهندسی، مهارت کاربرد استفاده از فناوری‌های نوین، کسب نگرش مثبت نسبت به علوم و ریاضیات با ساخت و طراحی فناوری‌های مبتنی بر انرژی
جلسه ۱۱	مرحله چهارم: طراحی پروژه و ساخت پروژه	دانش‌آموز بتواند: با وسایل دورریختنی و ساده آسانسور برقی درست کند.	در این مرحله، دانش‌آموزان به تقسیم‌کار می‌پردازند، نظریه‌های علمی را در طراحی پروژه‌های خود به کار می‌برند، با استفاده از نرم‌افزارهای گرافیکی و شبیه‌سازی سه‌بعدی، ایده‌های نوآورانه‌ای را طراحی می‌کنند و مفاهیم نظری را در ساخت مدل‌های عملی آسانسور به کار می‌گیرند. همچنین، از ابزارهای اندازه‌گیری برای محاسبات دقیق و طراحی با استفاده از نرم‌افزار جئوجبرا استفاده می‌کنند.	خودآگاهی، جرأت‌مندی و مسئولیت‌پذیری اشتباهات خود، کسب اراده قوی در مقابل شکست‌ها و تلاش مجدد تا مرحله موفقیت

پروژه طراحی و ساخت خودروی برقی				
منابع STEM	کتاب علوم تجربی	کتاب کار و فناوری	کتاب تفکر پژوهش	ریاضیات
جلسه ۱۲	مرحله پنجم: آزمایش اولیه	دانش‌آموز بتواند؛ پس از طراحی و ساخت، محصول خود را آزمایش کند.	دانش‌آموزان یک آزمایش اولیه از محصول خود انجام می‌دهند تا نواقص پروژه آسانسور برقی را مشخص کنند. آن‌ها آسانسورهای خود را ازنظر سرعت، تحمل بار، تعادل، استحکام و ایمنی آزمایش کردند. نقاط قوت و ضعف پروژه خود را تجزیه‌وتحلیل و ثبت کردند.	مهارت مسئولیت‌پذیری نسبت به نقش خود در تمامی مراحل تا ارائه نهایی پروژه و دفاع از آن را کسب می‌کند. راه‌حل‌های نوآورانه برای رفع مشکل می‌دهد. بین ذهن، چشم و دست هماهنگی ایجاد می‌شود.
جلسه ۱۳	مرحله ششم: طراحی مجدد و بازسازی پروژه	دانش‌آموز بتواند؛ با مشورت و گفتمان با اعضای گروه، ایده‌های نوآورانه جهت اصلاح و بهبود پروژه ارائه دهد.	دانش‌آموزان با مشورت و بارش مغزی اعضای گروه با یکدیگر در مورد ایرادات آسانسور برقی از جهت میزان وزن، سرعت، استحکام باهم گفتمان می‌کنند و راه‌حل‌های متنوع داده و سپس بهترین راه‌حل برای اصلاح و بهبود پروژه را ارائه دادند.	ایده پردازی، پژوهشگری، مهارت انتقادی، تفکری منطقی و استدلالی توانایی خودآگاهی، همدلی، ارتباط مؤثر، روابط بین فردی، مقابله با استرس، مقابله با هیجان‌های منفی، تفکر خلاق، تفکر انتقادی
جلسه ۱۴	مرحله هفتم: ارائه پروژه و دریافت بازخورد	دانش‌آموز بتواند: محصول نهایی خود را به دیگران ارائه دهد. دانش‌آموز محصول ارائه‌شده دیگر گروه‌ها را ارزیابی کند.	دانش‌آموزان در یک مسابقه کلاسی، پروژه‌های آسانسور الکتریکی خود را با تأکید بر کاربرد مفاهیم علمی، نوآوری و استفاده از مواد بازیافتی ارائه می‌دهند. آن‌ها با درنظرگرفتن عواملی مانند هزینه، زمان، سرعت، استحکام و زیبایی، نتایج را با استفاده از نرم‌افزارهای Word و PowerPointبه‌صورت نمودار و جدول گزارش می‌کنند. فعالیت‌ها و پیشرفت‌ها به‌طور مداوم توسط معلم بازبینی‌شده و دانش‌آموزان در مورد عوامل تأثیرگذار بر عملکرد آسانسورها و نقاط قوت و ضعف پروژه‌ها بحث می‌کنند.	کسب مهارت‌های فراخوانی تجربه‌های شخصی، تحلیل و تفسیر داده‌ها، ارزیابی نتایج و ارائه گزارش، درک اهمیت انرژی و تجدید پذیری منابع انرژی برای آسایش و رفاه افراد نگرش نقادانه، انتقادپذیری، احترام به نظرات دیگران، مسئولیت‌پذیری، ادراک حل مسئله، نگرش جامع و مثبت به موضوعات درسی و فعالیت عملی

یافته‌های پژوهش

یافته‌های توصیفی این پژوهش شامل شاخص‌های آماری از قبیل میانگین، انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در گروه آزمایش و کنترل هست که در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در گروه آزمایش و کنترل

مؤلفه‌های خلاقیت سیالی	آزمون	گروه		میانگین		انحراف استاندارد	
	پیش‌آزمون	آزمایش	۲۸/۳۲	۱/۰۱	**انحراف استاندارد**	**میانگین**	**انحراف استاندارد**
انعطاف‌پذیری		کنترل	۲۸/۱۱	۰/۹۹۷	۲/۹۱	۸/۹۷	۲/۸۰
	پس‌آزمون	آزمایش	۳۴/۸۶	۱/۰۸	۴/۳۳	۱۱/۵۹	۴/۳۰
		کنترل	۳۱/۱۵	۱	۳/۷۶	۹/۷۴	۳/۷۶
	پیش‌آزمون	آزمایش	۲۶/۷۷	۰/۹۱۳	۴/۱۰	۱۰/۸۹	۴/۱۱
		کنترل	۲۵/۸۵	۰/۹۰۱	۴/۱۷	۱۰/۵۶	۴/۱۰
ابتکار	پس‌آزمون	آزمایش	۳۲/۹۸	۰/۹۱۹	۲/۴۴	۱۷/۱۶	۲/۶۳
		کنترل	۲۹/۹۳	۱/۱۰	۱/۲۹	۱۴/۸۹	۱/۵۰
	پیش‌آزمون	آزمایش	۳۰/۲۵	۱	۲/۱۵	۱۴/۵۶	۲/۱۲
		کنترل	۳۰/۱۱	۰/۹۸۷	۳/۲۵	۱۷/۵۵	۳/۱۶
	پس‌آزمون	آزمایش	۳۶/۰۸	۱/۰۱	۲/۸۷	۱۶/۳۳	۲/۸۳
بسط		کنترل	۳۲/۰۸	۱/۱۸	۲/۹۱	۸/۱۵	۲/۸۸
	پیش‌آزمون	آزمایش	۲۵/۱۷	۰/۸۹۸	۴/۳۳	۸/۵۸	۳/۹۳
		کنترل	۲۴/۸۴	۰/۸۷۸	۳/۷۶	۸/۰۲	۲/۶۴
	پس‌آزمون	آزمایش	۳۰/۸۷	۰/۹۷۸	۴/۱۰	۹/۴۵	۲/۸۳
		کنترل	۲۷/۹۸	۰/۹۶۰	۴/۱۷	۸/۵۸	۳/۴۱

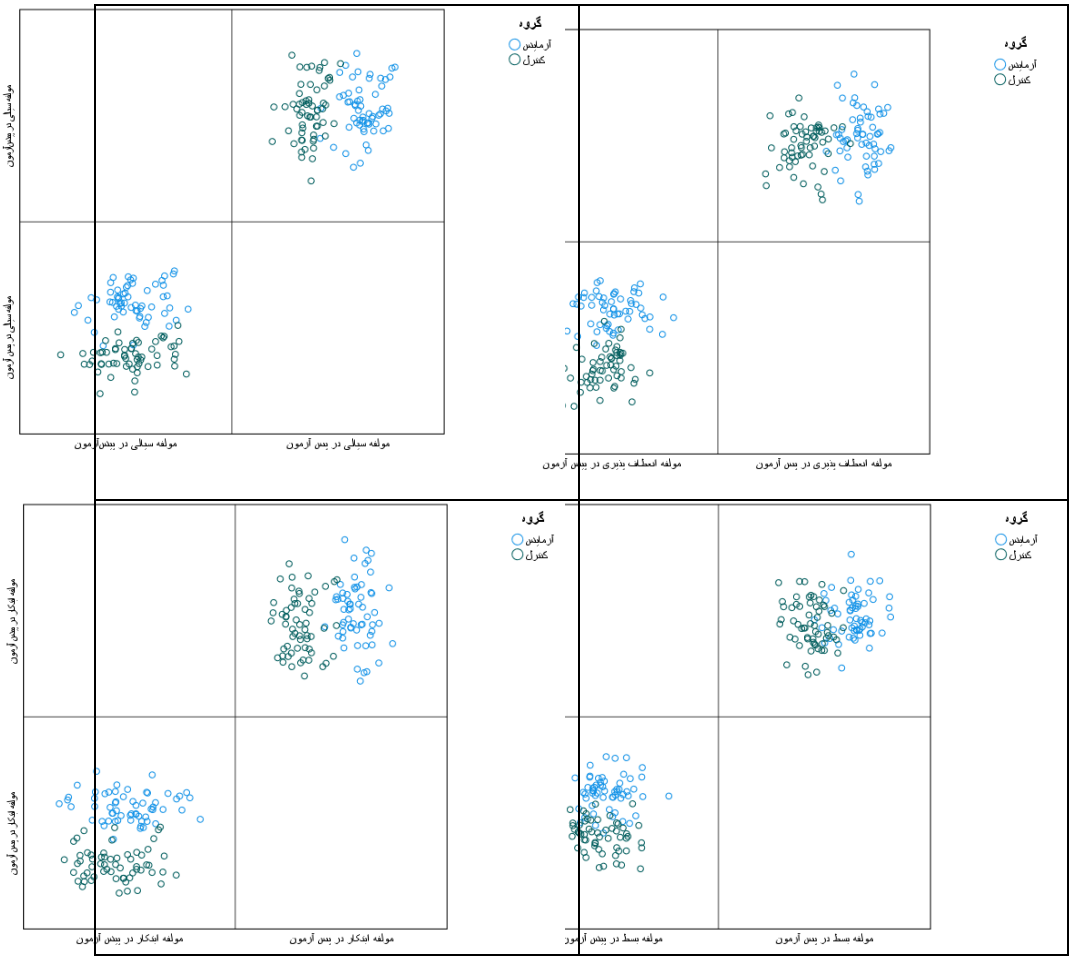
نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد میانگین مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در دو گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون، تقریباً یکسان بوده و گروه آزمایش در مرحله پس‌آزمون افزایش‌یافته است. با توجه به پرسشنامه مربوط به خلاقیت، کسب نمره بالا در این مقیاس نشان‌دهنده عملکرد بهتر در مؤلفه‌های خلاقیت و درنتیجه بهبود این مقیاس است.

در جدول ۲. مؤلفه‌های متغیر تحقیق از جنبه نرمال بودن مورد آزمون قرار گرفت. جهت بررسی نرمال بودن از آزمون شاپیرو-ویلک و کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد.

جدول ۲. آزمون نرمال بودن توزیع نمرات مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در گروه آزمایش و کنترل

		آزمون کولموگروف اسمیرنوف				آزمون شاپیرو-ویلک			
مؤلفه‌های خلاقیت	گروه	آزمون	آماره	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	آماره	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
سیالی	آزمایش	پیش‌آزمون	۰/۰۸۶	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۸۶	۶۰	۰/۵۱۸
	کنترل	پیش‌آزمون	۰/۰۷۳	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۸۱	۶۰	۰/۴۹۲
	آزمایش	پس‌آزمون	۰/۰۶۵	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۷۴	۶۰	۰/۳۴۲
	کنترل	پس‌آزمون	۰/۰۸۴	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۸۵	۶۰	۰/۶۰۹
انعطاف-پذیری	آزمایش	پیش‌آزمون	۰/۰۷۳	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۹۵	۶۰	۰/۵۷۷
	کنترل	پیش‌آزمون	۰/۰۶۲	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۳۱	۶۰	۰/۴۹۹
	آزمایش	پس‌آزمون	۰/۰۷۵	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۱۲	۶۰	۰/۵۱۰
	کنترل	پس‌آزمون	۰/۰۷۳	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۱۴	۶۰	۰/۵۰۵
ابتکار	آزمایش	پیش‌آزمون	۰/۰۸۵	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۸۷	۶۰	۰/۶۸۲
	کنترل	پیش‌آزمون	۰/۰۸۸	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۸۴	۶۰	۰/۶۵۲
	آزمایش	پس‌آزمون	۰/۰۹۷	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۹۷	۶۰	۰/۶۸۸
	کنترل	پس‌آزمون	۰/۰۷۱	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۹۷۸	۶۰	۰/۶۴۵
بسط	آزمایش	پیش‌آزمون	۰/۰۶۴	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۸۷۱	۶۰	۰/۴۷۶
	کنترل	پیش‌آزمون	۰/۰۶۹	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۸۸۲	۶۰	۰/۵۲۱
	آزمایش	پس‌آزمون	۰/۰۷۲	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۸۵۵	۶۰	۰/۶۰۱
	کنترل	پس‌آزمون	۰/۰۶۸	۶۰	۰/۲۰۰	۰/۸۶۸	۶۰	۰/۵۷۹

با توجه به نتایج جدول ۲ می‌توان گفت که سطح معنی‌داری مؤلفه‌های متغیر خلاقیت هم در آزمون شاپیرو- ویلک و هم در آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بالاتر از ۰/۰۵ می‌باشد و توزیع نمرات در نمونه‌های موردبررسی نرمال می‌باشد. شکل ۱ نمودارهای ماتریس پراکنش توزیع نمرات دانش آموزان را نشان می‌دهد که برای مؤلفه‌های متغیر خلاقیت ترسیم‌شده است.



شکل ۱. نمودار ماتریس پراکنش مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در گروه آزمایش و کنترل

به‌منظور بررسی فرضیه پژوهش مبنی بر اثربخشی برنامه درسی پروژه محور STEM و نقش آن بر خلاقیت دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی از تحلیل کوواریانس چند متغیره استفاده‌شده است. در این قسمت به بررسی پیش‌فرض‌های انجام تحلیل کوواریانس چند متغیره پرداخته می‌شود. ابتدا به بررسی فرضیه همگنی شیب‌های رگرسیون که یکی از پیش‌فرض‌های اساسی تحلیل کوواریانس چند متغیره است پرداخته می‌شود که نتایج آن در جدول ۳ گزارش‌شده است.

جدول ۳. بررسی همگونی ضریب شیب رگرسیونی برای مؤلفه‌های متغیر خلاقیت

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری
گروه*خلاقیت	۰/۸۴۶	۱	۰/۸۴۶	۰/۴۸۲	۰/۵۶۷

با توجه به جدول ۳ سطح معنی‌داری در مؤلفه‌های متغیر خلاقیت از ۰/۰۵ بیشتر است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت فرضیه صفر (عدم وجود تفاوت معنادار بین شیب رگرسیونی گروه‌ها) موردقبول قرار می‌گیرد و فرض مقابل (وجود تفاوت معنادار بین شیب رگرسیونی گروه‌ها) رد می‌شود و پیش‌فرض همگونی شیب رگرسیونی رعایت شده است؛ بنابراین می‌توان گفت که مفروضه همگنی شیب‌های رگرسیون برای انجام تحلیل کوواریانس چند متغیره برقرار می‌باشد.

برای بررسی مفروضه یکسانی واریانس‌ها در گروه‌های موردمطالعه که یکی دیگر از پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس چند متغیره است از آزمون لون استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه‌شده است.

جدول ۴. نتایج آزمون لون فرض همگنی واریانس در مؤلفه‌های متغیر خلاقیت

متغیر	آماره F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری
سیالی	۰/۳۱۲	۱	۱۱۸	۰/۵۷
انعطاف‌پذیری	۰/۷۰۱	۱	۱۱۸	۰/۴۰

ابتکار	۳/۵۵	۱	۱۱۸	۰/۰۶
بسط	۰/۱۹	۱	۱۱۸	۰/۸۹

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد واریانس‌ها در مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در گروه آزمایش و کنترل باهم برابر بوده و تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند. سطح معناداری آزمون لون بالاتر از ۰/۰۵ در سطح اطمینان ۹۵٪ درصد می‌باشد؛ بنابراین فرض صفر یعنی فرض همگنی واریانس‌ها پذیرفته می‌شود.

یکی دیگر از پیش‌فرض‌های مربوط به آزمون کوواریانس چند متغیره، آزمون برابری ماتریس‌های کوواریانس مشاهده‌شده متغیرهای وابسته در بین گروه‌های مختلف است. این آزمون از طریق آماره ام باکس انجام گرفت و نتایج آن در جدول ۵ ارائه‌شده است.

جدول ۵. آزمون ام باکس برابری ماتریس‌های کوواریانس مشاهده‌شده در مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در بین گروه‌ها

ام باکس	آماره F	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری
۶/۲۱۶	۰/۵۹۹	۱۰	۶۶/۹۲۴	۰/۸۱۶

مطابق نتایج جدول ۵ اندازه آزمون ام باکس ازنظر آماری معنی‌دار نیست؛ به‌عبارت‌دیگر، ماتریس کوواریانس‌های خطا دارای تقارن لازمه است. به این معنی که ماتریس‌های کوواریانس مشاهده‌شده بین گروه‌های مختلف باهم برابرند.

محقق برای آزمون فرضیه از بین آماره‌های چهارگانه (اثر پیلای، لامبدای ویلکز، اثر هتلینگ و بزرگ‌ترین ریشه روی) آماره اثر لامبدای ویلکز را برای محاسبه انتخاب کرده است.

جدول ۶. نتایج تحلیل آزمون‌های چند متغیری در مؤلفه‌های متغیر خلاقیت

اثرات آزمون	ارزش	آماره	درجه آزادی	خطای درجه	سطح معناداری
پیلای	۰/۹۰۵	۷۷/۲۶۴	۴	۱۱۱	۰/۰۰۰
لامبدای ویلکز	۰/۰۹۵	۷۷/۲۶۴	۴	۱۱۱	۰/۰۰۰
هتلینگ	۹/۵۴	۷۷/۲۶۴	۴	۱۱۱	۰/۰۰۰
بزرگ‌ترین ریشه روی	۹/۵۴	۷۷/۲۶۴	۴	۱۱۱	۰/۰۰۰

بر اساس جدول ۶ آماره لامبدای ویلکزبا ۷۷/۲۶۴ و سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ نشان می‌دهد که با کنترل اثر پیش‌آزمون، در مؤلفه‌های متغیر خلاقیت در دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد.

جهت بررسی اثربخشی برنامه درسی مبتنی بر پروژه محور STEM بر خلاقیت دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی از تحلیل کوواریانس چند متغیره استفاده شد و نتایج آن در جدول ۷ ارائه‌شده است.

جدول ۷. نتایج آزمون، تحلیل کوواریانس جند متغیره اثرات گروه آزمایش و کنترل بر مؤلفه‌های متغیر خلاقیت

مؤلفه	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره	سطح معنی‌داری	مربع اتا
سیالی	۳۵۲/۳۷	۱	۳۵۲/۳۷	۳۱۷/۳	۰/۰۰۰	۰/۷۳۶
انعطاف‌پذیری	۲۳۸/۹۲	۱	۲۳۸/۹۲	۲۳۰/۸۶	۰/۰۰۰	۰/۶۶۹
ابتکار	۴۲۵/۳۴	۱	۴۲۵/۳۴	۳۵۶/۳۱	۰/۰۰۰	۰/۷۵۸
بسط	۲۱۵/۳۵	۱	۲۱۵/۳۵	۲۲۸/۸۶	۰/۰۰۰	۰/۶۶۸

بر اساس جدول ۷ نتایج آزمون اثرات بین گروهی تحلیل کوواریانس چند متغیره گروه آزمایش و کنترل بر مؤلفه‌های متغیر خلاقیت را نشان می‌دهد. سطح معناداری آزمون در مؤلفه‌های چهارگانه پایین‌تر از ۰/۰۵ بوده و نشان از معنادار بودن آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره در سطح اطمینان ۹۵٪ درصد می‌باشد. در پس‌آزمون مؤلفه‌های متغیر خلاقیت بین نمرات گروه مورد آزمایش با نمرات گروه کنترل ازنظر آماری تفاوت معناداری وجود دارد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت برنامه درسی پروژه محور STEM که بر روی دانش‌آموزان گروه آزمایش اجرا شد نسبت به دانش‌آموزان گروه کنترل با اندازه ضریب تأثیر اتا در مؤلفه سیالی ۷۳/۶، انعطاف‌پذیری ۶۶/۹، ابتکار ۷۵/۸ و مؤلفه بسط ۶۶/۸ درصد اثرگذار می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، بررسی اثربخشی برنامه درسی پروژه محور STEM بر خلاقیت دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی بود. یافته‌های تحقیق نشان داد بین میانگین نمرات دانش‌آموزان گروه آزمایش و گروه کنترل در مرحله پس‌آزمون، تفاوت معناداری وجود دارد این یافته نشان می‌دهد که برنامه درسی پروژه محور STEM، تأثیر مثبت و معناداری بر خلاقیت دانش‌آموزان داشته است. نتایج توصیفی پژوهش نشان می‌دهد که میانگین مؤلفه‌های خلاقیت در دو گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون تقریباً برابر بوده است، اما در مرحله پس‌آزمون، افزایش معنادار نمرات در گروه آزمایش را نشان می‌دهد. برای بررسی فرضیه پژوهش مبنی بر اثربخشی برنامه درسی پروژه محور STEM بر خلاقیت دانش‌آموزان، از آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیر استفاده شد. نتایج نشان داد که سطح معناداری آزمون در مؤلفه‌های چهارگانه مذکور پایین‌تر از ۰/۰۵ بوده و نشان از معنادار بودن آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیره در سطح اطمینان ۹۵٪ درصد می‌باشد. در پس‌آزمون مؤلفه‌های متغیر خلاقیت بین نمرات گروه مورد آزمایش با نمرات گروه کنترل ازنظر آماری تفاوت معناداری وجود دارد؛

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت برنامه درسی پروژه محور STEM که بر روی دانش‌آموزان گروه آزمایش اجرا شد نسبت به دانش‌آموزان گروه کنترل با اندازه ضریب تأثیر اتا در مؤلفه سیالی ۷۳/۶، انعطاف‌پذیری ۶۶/۹، ابتکار ۷۵/۸ و مؤلفه بسط ۶۶/۸ درصد اثرگذار می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات هبیچی و اوستا (۲۰۲۲)، جواد، مجید و الریکابی (۲۰۲۱)، حنیف، ویجایا و وینارنو (۲۰۱۹)، عثمان، ایکسان و یاسین (۲۰۲۲)، بلادی ده بزرگ و همکاران (۱۴۰۱)، عربی مکی آبادی و عباسیان (۱۴۰۰)، رضایی و همکاران (۱۳۹۹)، محمودی و برادران (۱۳۹۹) و پاکیزه و پاکیزه (۱۳۹۴) همسو می‌باشد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از اهداف (شناختی، عاطفی و رفتاری) جدول ۱ در بسته برنامه درسی پروژه محور STEM و نتایج یافته‌های این پژوهش، می‌توان تبیین کرد

برنامه درسی پروژه محور STEM در مقایسه با روش سنتی تدریس روشی بهتر و جذاب‌تر برای ارتقای یادگیری و بهبود خلاقیت دانش‌آموزان است. این برنامه‌ها با ارائه محیط آزاد و فعال، امکان اشتراک ایده‌های خلاقانه را به دانش‌آموزان می‌دهند (زهان و همکاران[1]، ۲۰۲۲). (Zhan et al. 2022). آن‌ها مفاهیم انتزاعی را با کاربرد عملی آن‌ها ترکیب می‌کنند و به‌صورت گروهی پروژه‌های مختلف را انجام می‌دهند (یس و همکاران، ۲۰۲۰). استقلال عمل در این روش، بهبود نگرش مثبت و افزایش انگیزه و علاقه دانش‌آموزان به علوم، ریاضیات و فناوری را به دنبال دارد و درنتیجه خلاقیت و عملکرد تحصیلی آن‌ها را ارتقا می‌دهد (هیگده و آکتامیش[2]، ۲۰۲۲). همچنین، این برنامه درسی به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا مسائل را با استفاده از شواهد تجربی بررسی کرده و به نتیجه‌گیری شخصی برسند (آلمولا[3]، ۲۰۲۰). این فرآیند نه‌تنها مهارت حل مسئله آن‌ها را ارتقا می‌دهد، بلکه آن‌ها را به جستجوی روش‌های

---

[1]. Pease
[2]. Hiğde & Aktamış
[3]. Almulla

نوین برای حل مسائل تشویق می‌کند (اشتهل و پیترز-برتون[1]، ۲۰۱۹). به‌این‌ترتیب، افزایش اعتمادبه‌نفس و مهارت حل مسئله در دانش‌آموزان نیز دنبال می‌شود که نشان می‌دهد برنامه درسی پروژه محور STEM به بهبود نگرش مثبت به یادگیری، افزایش انگیزه و علاقه به دروس مختلف و درنهایت بهبود خلاقیت آن‌ها کمک می‌کند (اخماد و همکاران[2]، ۲۰۲۰).

این پژوهش با چندین محدودیت مواجه بود، اولاً، سیستم آموزشی و به‌ویژه مدارس و معلمان، بر روش‌های سنتی برنامه درسی تعصب‌دارند و در مقابل روش‌های نوین آموزشی مقاومت می‌کنند. دوم، پژوهش به یک مقطع و پایه خاص (دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی) محدود بود و تنها موضوعات درسی در حوزه STEM (علوم تجربی، ریاضیات، کار و فناوری و تفکر و پژوهش) و یک متغیر (خلاقیت) را شامل می‌شد. سوم، این مطالعه به منطقه جغرافیایی خاصی (شهر تبریز) محدود بود. کمبود منابع و امکانات در مدارس موردپژوهش، ازجمله آزمایشگاه‌ها و فناوری‌های نوین الکترونیکی، نیز ازجمله محدودیت‌ها بود. با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر که نشان می‌دهد برنامه درسی پروژه محور STEM تأثیر مثبتی بر خلاقیت دانش‌آموزان دارد، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، با گسترش دامنه پژوهش، در مقاطع متوسطه اول و دوم نیز موردبررسی قرار گیرند. همچنین، برنامه درسی مبتنی بر پروژه STEM برای دروس دیگر مانند هنر، مطالعات اجتماعی، تربیت‌بدنی و... طراحی و اجرا شود و میزان خلاقیت دانش‌آموزان ارزیابی گردد. علاوه بر این، پیشنهاد می‌شود تحقیقات بر روی متغیرهای دیگری مانند نگرش و انگیزش، حل مسئله، خودکارآمدی تحصیلی و تعاملات اجتماعی نیز انجام شود. در این راستا، برنامه‌ریزان درسی و مؤلفان کتب درسی باید رویکردهای نوین برنامه درسی را با تأکید بر برنامه درسی ملی در آموزش محتوای دروس تمامی مقاطع تحصیلی به‌کارگیرند تا مهارت‌های قرن ۲۱، یادگیری اثربخش و خلاقیت کمی

---

[1]. Stehle & Peters-Burton
[2]. Akhmad

و کیفی حاصل شود. همچنین، اجرای برنامه درسی پروژه محور STEM به‌عنوان مهارت‌های ضروری تحصیلی در فوق‌برنامه‌های درسی مدارس تأکید شود و برای معلمان و مشاوران آموزش‌های لازم جهت استفاده موفقیت‌آمیز از این برنامه درسی به‌منظور بهبود خلاقیت، پیشرفت تحصیلی، افزایش نگرش مثبت و انگیزش و تضمین آینده موفق برای دانش‌آموزان ارائه شود.

منابع و مآخذ

برادران عبداللهی، سحر و محمودی، فیروز. (۱۳۹۹). بررسی رابطه و مقایسه ابعاد میزان گرایش به علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی با میزان مهارت‌های لازم برای قرن ۲۱ .*فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۲۲(۸۶)، ۸۵-۹۸.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.16072316.1399.22.86.5.2

بلادی ده بزرگ، سید احسان و کابلی، محمدهادی و حیدری، علی‌اکبر،۱۴۰۲، تأثیر آموزش خلاقیت بر مؤلفه‌های سیالی، ابتکار، انعطاف، بسط در کارگاه‌های آموزش طراحی معماری با دست آزاد. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۳(۷۰).

بنی اسد، شهین، حسین قلی زاده، رضوان و خندقی، مقصود امین. (۱۳۹۶). از اثربخشی تا تعالی: گسست نظریه، تحقیق و عمل در برنامه تعالی مدیریت مدرسه. *پژوهش‌نامه مبانی تعلیم و تربیت*، ۷(۲)، ۱۲۴-۱۴۸.

https://doi.org/10.22067/fedu.v7i2.67475

پاکیزه، علی و پاکیزه، علی. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر شیوه‌ی آموزشی تلفیقی هنر بر خلاقیت و یادگیری دانش‌آموزان پسر سال اول دبستان. *مجله توسعه آموزش جندی شاپور اهواز*، ۶(۱)، ۵۲-۶۰.

ثمری صفا، جعفر؛ دشتی اصفهانی، مهال و پوردل، مژگان (۱۴۰۰). تدوین مدل سرزندگی تحصیلی بر اساس ارتباط با مدرسه، جو عاطفی خانواده، انگیزش، خودکارآمدی و درگیری تحصیلی دانش آموزان. پژوهش‌های مشاوره، ۲۰ ۲۰(۷۷) ۲۲۵-۲۵۶.

http://irancounseling.ir/journal/article-1-1376-fa.html

جامه بزرگ زهرا، جعفرخانی فاطمه، حیدریان محمدرضا. طراحی محیط یادگیری پروژه محور مبتنی

بر وب و تأثیر آن بر خلاقیت دانش آموزان پایه پنجم ابتدایی درس علوم. رویش روان‌شناسی. ۱۴۰۲; ۱۲ (۶): ۱۳-۲۴.

http://dorl.net/dor/20.1001.1.2383353.1402.12.6.2.6

حسینی مهر، حجت، انتصار فومنی، غلامحسین، حجازی، مسعود و اسدزاده دهرایی، حسن. (۱۳۹۸). مقایسه اثربخشی آموزش مستقیم و غیرمستقیم بر خلاقیت فراگیران. پژوهش در آموزش علوم پزشکی، ۱۱(۱)، ۵۰-۶۱.

SID. https://sid.ir/paper/390793/fa

حسینی، افضل السادات، بزرگی، آزاده (۱۳۹۷). خلاقیت آموزشی: مقایسه نظام‌های آموزشی استرالیا، ژاپن و ایران، تهران: نشر جهاد دانشگاهی.

رضایی، مریم، امام‌جمعه، محمدرضا، احمدی، غلامعلی، عصاره، علیرضا و نیکنام، زهرا. (۱۳۹۹). طراحی الگوی مفهومی برنامه درسی تلفیقی استم (علوم، فناوری، مهندسی، ریاضی) در دوره ابتدایی کشور ایران. *مطالعات برنامه درسی*، ۱۵(۵۹)، ۶۳-۹۲.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.17354986.1399.15.59.3.5

شیروانی شیری، علی و آزادی، نفیسه (۱۳۹۹). بررسی نظریه هوش‌های چندگانه و شاخص‌های خلاقیت و درگیری یادگیرنده در تصویر کتاب ریاضی. نشریه علمی ابتکار و خلاقیت در علوم انسانی، ۱۰(۲)، ۱۵۱-۱۷۰.

ضیاء نژاد شیرازی، آسیه، سهرابی شگفتی، نادره، کوروش نیا، مریم، بقولی، حسین و کاظمی، سلطانعلی. (۱۴۰۱). تدوین معادله افتراقی عوامل آموزشگاهی مؤثر بر عملکرد در آزمون تیمز ۲۰۱۹ پایه چهارم در دانش آموزان با عملکرد بالا و پایین. *دوماهنامه علمی - پژوهشی رهیافتی نو در مدیریت آموزشی*، ۱۳(۶)،۱۴۳-۱۵۴.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.20086369.1401.13.6.10.3

عربی مکی آبادی، هدی و عباسیان، حسین. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر الگوهای آموزش تلفیقی با روش آموزش سنتی بر خلاقیت دانش‌آموزان. فصلنامه مدیریت و چشم‌انداز آموزش، ۳(۳): ۱۱۳-۱۴۲.

https://doi.org/10.22034/jmep.2021.312487.1075

فؤادی، احمد، رحمانی، جهانبخش و کشتی‌آرای، نرگس. (۱۳۹۹). تبیین مفهوم برنامه درسی تحول‌آفرین با توجه به کاربرد آن در رشد خلاقیت دانش آموزان در نظام آموزشی ایران .*مجله پژوهش در نظام‌های آموزشی*، ۱۴(۴۹)،۱۲۵-۱۴۰.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.23831324.1399.14.49.8.7

کسیانی، نازیلا و زارعی، حیدر علی. (۱۳۹۸). رابطه سواد خواندن با عملکرد ریاضی و علوم در دانش‌آموزان دختر در آزمون تیمز. *مجله علوم روان‌شناختی؛* ۱۸ (۷۴): ۲۵۷-۲۶۴.

http://dorl.net/dor/20.1001.1.17357462.1398.18.74.9.6

مختاری سولا، خسرو، افضل خانی، مریم، اسمعیل زاده، زهره، شفیعی، ناهید. (۱۳۹۲). آسیب‌شناسی برنامه درسی مغفول مانده و طراحی الگوی مناسب برای آن در دوره دوم دبیرستان تحصیل در تهران. *مجله زندگی اسلامی*، ۶(۴)، ۷۷۳-۷۸۷.

Abu Khurma، O. Ali، N. & Blaik، R. (2022). The effect of Web-Quest inquiry learning model in enhancing critical thinking and motivation for grade eight science students. In S. Keengwe (Ed.)، Handbook of Research on Facilitating Collaborative Learning Through Digital Content and Learning Technologies (pp. 238-260)، IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-6684-5709-2.ch012

Akhmad، Y. Masrukhi، M. & Indiatmoko، B. (2020). The effectiveness of the integrated project-based learning model STEM to improve the critical thinking skills of elementary school students. Educational Management، 9(1)، 9-16. https://journal.unnes.ac.id/sju/eduman/article/view/35870

Almulla، M. A. (2020). The effectiveness of the project-based learning (PBL) approach as a way to engage students in learning. *Sage Open*، *10*(3)، 2158244020938702. https://doi.org/10.1177/2158244020938702

Ansori، T. Wasis، & Nasrudin، H. (2019). Development of Physics Learning Instrument with Model Project Based Learning to Train Students' Critical Thinking Skills. International Journal of

Multicultural and Multireligious Understanding، 6(5)، 74–79. http://dx.doi.org/10.18415/ijmmu.v6i5.1046

Ashel، H. & Lestari، W. Y. (2023). Case Analysis of Learning Physics in Improving 21st-Century Skills. Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika (JPPF)، 9(1)، 32– 42. https://doi.org/10.24036/jppf.v9i1.120765

Azmi، N. & Festiyed. (2023). Development of Physics Learning Assessment Instrument in Project-Based Learning Model to Improve 4C Skills. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA، 9(4)، 1798–1804. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3174

Azmi، N. & Festiyed. (2023). Meta-Analysis: The Influence of Instrument Assessment on ProjectBased Learning Models to Improve 4C Skills. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA، 9(4)، 2184–2190. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.2606

Bittinger، J. D. Wells، R. S. & Kimball، E. W. (2021). STEM career aspirations for high school students with individualized education programs. The Educational Forum (Vol. 85، No. 1، pp. 49-62). Routledge. https://doi.org/10.1080/00131725.2020.1772928

Campbell-Phillips، S. (2020). Education and curriculum reform: The impact they have on learning. *Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education (BirLE) Journal*، *3*(2)، 1074-1082. https://doi.org/10.33258/birle.v3i2.1036

Crock، P. A. Gilford، E. J. Henderson، J. K. Cummins، J. Calenti، A. J. Best، J. D. & Alford، F. P. (1989). Inferior petrosal sinus sampling in acromegaly. *Australian and New Zealand journal of medicine*، *19*(3)، 244-247. https://doi.org/10.1111/j.1445-5994.1989.tb00254.x

Dare، E. A. Keratithamkul، K. Hiwatig، B. M. & Li، F. (2021). Beyond content: The role of STEM disciplines، real-world problems، 21st

century skills، and STEM careers within science teachers' conceptions of integrated STEM education. Education Sciences، 11(11)، 737. https://doi.org/10.3390/educsci11110737

Davidi، E. I. N. Sennen، E. & Supardi، K. (2021). Integrasi pendekatan STEM (science، technology، enggeenering and mathematic) untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Scholaria: jurnal pendidikan dan kebudayaan، 11(1)، 11-22. https://doi.org/10.24246/j.js.2021.v11.i1.p11-22

Devanda، B. & Elizar، E. (2023). The effectiveness of the STEM project based learning approach in physics learning to improve scientific work skills of high school students. *International Journal of Humanities Education and Social Sciences*، *2*(4). https://doi.org/10.55227/ijhess.v2i4.358

Di، C. Zhou، Q. Chen، J. Li، L. Zhou، R. & Lin، J. (2021). Innovation event model for STEM education: A constructivism perspective. STEM Education، 1(1)، 60-74. https://doi.org/10.3934/steme.2021005

Diawati، P. Ausat، A. & Augustin، J. (2023). Creativity: How to Develop an Entrepreneurial Attitude of Creativity. *Journal on Education*، *5*(4)، 11116-11122. Retrieved from https://jonedu.org/index.php/joe/article/view/2036

English، L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*، *3*، 1-8. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

English، L. D. & King، D. (2019). STEM integration in sixth grade: Desligning and constructing paper bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education*، *17*، 863-884. https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0

Fakhretdinova، G. N. Osipov، P. & Dulalaeva، L. P. (2021). Extracurricular activities as an important tool in developing soft skills. In *Educating Engineers for Future Industrial Revolutions: Proceedings of the 23rd International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL2020)، Volume 2 23* (pp. 480-487). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68201-9_47

Firda، S. U. & Sunarti، T. (2022). The Learning Implementation of Project Based Learning (PjBL) to Analyze Students' 4C Skills Ability. Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram، 10(3)، 567–576. https://doi.org/10.33394/j-ps.v10i3.5380

Gallagher، S. E. & Savage، T. (2023). Challenge-based learning in higher education: an exploratory literature review. Teaching in Higher Education، 28(6)، 1135-1157. https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1863354

Green، A. E. Beaty، R. E. Kenett، Y. N. & Kaufman، J. C. (2023). The process definition of creativity. *Creativity Research Journal*، 1-29. https://doi.org/10.1080/10400419.2023.2254573

Gülen، S. & Yaman، S. (2019). The effect of integration of STEM disciplines into Toulmin's argumentation model on students' academic achievement، reflective thinking، and psychomotor skills. Journal of Turkish Science Education، 16(2)، 216-230. https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/181

Guo، P. Saab، N. Ren، D. & Admiraal، W. (2022). The Community of Inquiry Perspective on Teachers' Role and Students' Evaluations of Online Project-Based Learning. Online Learning، 26(4)، 259-280.

Haim، K. & Aschauer، W. (2024). Innovative FOCUS: A Program to Foster Creativity and Innovation in the Context of Education for

Sustainability. *Sustainability*، *16*(6)، 2257. https://doi.org/10.3390/su16062257

Hanif، S. Wijaya، A. F. C. & Winarno، N. (2019). Enhancing Students' Creativity through STEM Project -Based Learning. Journal of Science Learning، 2(2)، 50. https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13271

Henderson، C. (2005). Strategies for the Development of Student Problem Solving Skills in the High School Physics Classroom. Am. J. Physics، 59(10)، 891 -897. https://doi.org/10.17509/jsl.v2i2.13271

Hebebci، M. T. & Usta، E. (2022). The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills، scientific creativity، and critical thinking dispositions. *Participatory Educational Research*، *9*(6)، 358-379. https://doi.org/10.17275/per.22.143.9.6

Hiğde، E. & Aktamış، H. (2022). The effects of STEM activities on students' STEM career interests، motivation، science process skills، science achievement and views. Thinking Skills and Creativity، 43، 101000. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101000

Huang، N. T. Chang، Y. S. & Chou، C. H. (2020). Effects of creative thinking، psychomotor skills، and creative self-efficacy on engineering design creativity. *Thinking skills and creativity*، *37*، 100695. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100695

Ibrahim، Y. A. (2023). Moving from the Subject-Based Curriculum to the Skills-Based Curriculum in Abu Dhabi Schools: Does It Lead to Reform? A Theoretical Analysis & Case Study Paper in One of Abu Dhabi Private Schools. BUiD Doctoral Research Conference 2022: Multidisciplinary Studies، https://doi.org/10.1007/978-3-031-27462-6_9

Jawad، L. F. Majeed، B. H. & ALRikabi، H. T. S. (2021). The Impact of Teaching by Using STEM Approach in The Development of

Creative Thinking and Mathematical Achievement Among the Students of The Fourth Scientific Class. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*، *15*(13). http://dx.doi.org/10.3991/ijim.v15i13.24185

Latip، A. D. A. & Supriatna، A. (2023). Strategy of Project Based Learning (PJBL) Based on Science، Technology، Engineering and Mathematics (STEM) in Growing Active and Creative Students. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*، *8*(2)، 198-221.

Lestari، S. (2021). Pengembangan Orientasi Keterampilan Abad 21 pada Pembelajaran Fisika melalui Pembelajaran PjBL-STEAM Berbantuan Spectra-Plus. Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru، 6(3)، 272–279. https://doi.org/10.51169/ideguru.v6i3.243

Lu، K. Yang، H. H. Shi، Y. & Wang، X. (2021). Examining the key influencing factors on college students' higher-order thinking skills in the smart classroom environment. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*، *18*، 1-13. https://doi.org/10.1186/s41239-020-00238-7

Martawijaya، M. A. Rahmadhanningsih، S. Swandi، A. Hasyim، M. & Sujiono، E. H. (2023). The Effect of Applying The Ethno-STEM-Project-BasedLearning Model on Students' Higher-Order Thinking Skill and Misconception of Physics Topics Related to Lake Tempe، Indonesia. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia، 12(1)، 1–13. https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.38703

Mellander، C. & Florida، R. (2021). The rise of skills: Human capital، the creative class، and regional development. *Handbook of regional science*، 707-719. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60723-7_18

Othman، O. Iksan، Z. H. & Yasin، R. M. (2022). Creative Teaching STEM Module: High School Students' Perception. *European*

Journal of Educational Research، *11*(4)، 2127-2137. https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.4.2127

Oyelana، O. O. Olson، J. & Caine، V. (2022). An evolutionary concept analysis of learner-centered teaching. *Nurse education today*، *108*، 105187. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105187

Özkul، H. & Özden، M. (2020). Investigation of the Effects of Engineering-Oriented STEM Integration Activities on Scientific Process Skills and STEM Career Interests: A Mixed Methods Study. Education & Science/Egitim ve Bilim، 45(204). https://doi.org/10.15390/EB.2020.8870

Petkova، Y. (2023). STEM TRAINING IN SUPPORT OF CHILD DEVELOPMENT IN THE FIRST GROUP OF KINDERGARTEN. *Education and Technologies Journal*. https://doi.org/10.26883/2010.232.5485.

Santoso، G. Hatapayo، A. A. Hadi، M. S. Suradika، A. & Susanto، A. (2023). Budaya Dalam Kreativitas Melalui Penerapan Berkebinekaan Global Di Kelas VII. *Jurnal Pendidikan Transformatif*، *2*(4)، 381-388. https://doi.org/10.9000/jpt.v2i4.632

Sirajudin، N. & Suratno، J. (2021). Developing creativity through STEM education. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1806، No. 1، p. 012211). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012211

Siregar، N. C. Gumilar، A. & Rosli، R. (2023). STEM for the 21st Century: Building a Stronger Workforce for the Digital Age. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*، *12*(4)، 879-894. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v12i4.1199

Sithole، A. Chiyaka، E. T. McCarthy، P. Mupinga، D. M. Bucklein، B. K. & Kibirige، J. (2017). Student attraction، persistence and retention in STEM programs: Successes and continuing challenges. Higher

Education Studies، 7(1)، 46-59. http://dx.doi.org/10.5539/hes.v7n1p46

Stehle، S. M. & Peters-Burton، E. E. (2019). Developing student 21 st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM education*، *6*، 1-15. https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1

Suradika، A. Dewi، H. I. & Nasution، M. I. (2023). Project-based learning and problem-based learning models in critical and creative students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*، *12*(1)، 153-167. http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpii

Tank، K. M. Rynearson، A. M. & Moore، T. J. (2018). Examining Student and Teacher Talk within Engineering Design in Kindergarten. *European Journal of STEM Education*، *3*(3)، 10. https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0

TIMSS، I. (2019). About TIMSS 2019. *Boston Collage*، 1-5.

THANA، P. M. ADIATMA، T. & RAMLI، R. B. (2022). Developing Students' 21st-Century Skills Through A Multidisciplinary Approach. *Journal Of Digital Learning And Distance Education*، *1*(7)، 277-283. https://doi.org/10.56778/jdlde.v1i7.64

Thornhill-Miller، B. Camarda، A. Mercier، M. Burkhardt، J. M. Morisseau، T. Bourgeois-Bougrine، S. & Lubart، T. (2023). Creativity، critical thinking، communication، and collaboration: assessment، certification، and promotion of 21st century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*، *11*(3)، 54. https://doi.org/10.1177/2042753017752583

Torrance، E. P. (1992). The beyonders in a thirty year longitudinal study of creative achievement. *Roeper Review*، **15**، 131–134. https://doi.org/10.1080/02783199309553486

Wiratman، A. (2023). Transformasi keterampilan proses sains melalui kooperatif numbered head together. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*، *12*(4)، 1041-1050.

Yang، X. (2023). A historical review of collaborative learning and cooperative learning. *TechTrends*، *67*(4)، 718-728. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00823-9

Zakeri، N. Hidayat، R. Sabri، N. Yaakub، N. Balachandran، K. & Azizan، N. (2023). Creative methods in STEM for secondary school students: Systematic literature review. *Contemporary Mathematics and Science Education*. https://doi.org/10.30935/conmaths/12601.

Zulkifli، Z. Satria، E. Supriyadi، A. & Santosa، T. A. (2022). Meta-analysis: The effectiveness of the integrated STEM technology pedagogical content knowledge learning model on the 21st century skills of high school students in the science department. *Psychology، Evaluation، and Technology in Educational Research*، *5*(1)، 32-42.