

## ارزیابی اثربخشی آموزش مهارت های ریاضی پیش نیاز بر نمرات فیزیک دانش آموزان دختر

### پایه یازدهم

رضا توشمالانی<sup>۱</sup>، جعفر اسدپور<sup>۲\*</sup>

(۱) استادیار، گروه فیزیک، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

(۲) استادیار، گروه ریاضی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

\*نویسنده مسئول: jafar\_asadpour@yahoo.com

تاریخ پذیرش مقاله ۱۴۰۳/۱۰/۱۴

تاریخ دریافت مقاله ۱۴۰۳/۰۷/۱۲

### چکیده

این پژوهش با روش شبه آزمایشی به بررسی تأثیر آموزش مهارت های ریاضی پیش نیاز بر نمرات دانش آموزان در درس فیزیک می پردازد. جامعه آماری شامل ۳۰ دانش آموز دختر پایه یازدهم رشته تجربی بود که به صورت تصادفی به دو گروه آزمایش (با آموزش مهارت های ریاضی پیش نیاز) و کنترل (با تدریس سنتی فیزیک) تقسیم شدند. ابتدا مهارت های ریاضی ضروری برای حل مسائل فیزیک پایه یازدهم شناسایی گردید. سپس مباحث الکتریسته ساکن و جریان الکتریکی (فصول اول و دوم کتاب فیزیک یازدهم تجربی) به دو روش مختلف تدریس شد. در گروه کنترل، تدریس فیزیک به روش سنتی انجام شد در حالیکه در گروه آزمایش، قبل از تدریس مباحث فیزیک، مهارت های محاسباتی و جبری ریاضی مرتبط آموزش داده شد. برای تحلیل داده ها از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) در نرم افزار SPSS استفاده شد. نتایج نشان داد که مهارت های ریاضی پیش نیاز تأثیر معناداری بر بهبود نمرات دانش آموزان در درس فیزیک دارد.

**کلید واژگان:** مهارت های ریاضی، فیزیک، دانش آموزان

مفاهیم اساسی فیزیک آشنا می شوند که درک دقیق آنها

بدون تسلط بر مهارت های ریاضی امکان پذیر نیست.

در دوره دبیرستان، دانش آموزان با مفاهیمی چون مکانیک،

الکتریسته، مغناطیس، نور و فیزیک مدرن آشنا می شوند.

بسیاری از این مفاهیم، به ویژه در حل مسائل مختلف، با

استفاده از فرمول های ریاضی بیان می شوند و برای درک

عمیق آنها، نیاز به تسلط بر مفاهیم ریاضی از جمله جبر،

مثلثات، هندسه و حساب دیفرانسیل و انتگرال است

(شهریاری، ۱۳۹۰). به عنوان مثال، حل مسائل مربوط به

حرکت پرتابی، تحلیل مدارهای الکتریکی، محاسبه

### مقدمه

فیزیک، علمی که به مطالعه و توضیح پدیده های طبیعی

می پردازد، ارتباطی تنگاتنگ با ریاضیات دارد. زبان ریاضی

به عنوان ابزاری دقیق و کمی، مفاهیم فیزیکی را بیان

می کند و به فیزیکدانان این امکان را می دهد تا با ساخت

مدل های ریاضی، پدیده های طبیعی را پیش بینی و تحلیل

کنند (ابوکاظمی، ۱۳۸۰). این ارتباط عمیق بین ریاضیات

و فیزیک، به ویژه در دوره دبیرستان، از اهمیت ویژه ای

برخوردار است، چرا که دانش آموزان در این دوره با

سیاست‌گذاران آموزشی مفید واقع شود. این یافته‌ها می‌توانند به بهبود فرآیند آموزش فیزیک در دبیرستان‌ها، افزایش علاقه دانش‌آموزان به فیزیک و در نهایت تربیت نسلی خلاق و نوآور در حوزه‌های علمی و مهندسی کمک کنند.

### مبانی نظری پژوهش

فیزیک به عنوان یکی از علوم پایه، درک عمیقی از جهان طبیعی را فراهم می‌کند و در پیشرفت‌های تکنولوژیکی و صنعتی نقش حیاتی دارد. با این حال، آموزش و یادگیری فیزیک همواره با چالش‌هایی همراه بوده است. یکی از این چالش‌ها، ارتباط تنگاتنگ فیزیک با ریاضیات است. مفاهیم فیزیکی اغلب به صورت ریاضی فرموله می‌شوند و درک عمیق آنها مستلزم تسلط بر مهارت‌های ریاضی مرتبط است.

بر اساس منابع ارائه‌شده، اثربخشی آموزش مهارت‌های پیش‌نیاز ریاضی بر نمرات فیزیک دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم را می‌توان به شرح زیر ارزیابی کرد:

چندین مطالعه بر اهمیت مهارت‌های قوی ریاضی برای موفقیت در فیزیک و سایر موضوعات STEM تأکید کرده‌اند (برکلر و همکاران، ۲۰۱۳؛ گیر و همکاران، ۲۰۱۷؛ هکلر و میکولا، ۲۰۱۶). برکلر و همکاران (۲۰۱۳) پیشنهاد می‌کنند که هنگام معرفی روابط کمی در فیزیک، فراهم کردن فرصت‌هایی برای تمرین مهارت‌های محاسباتی و بررسی‌های ریاضی بسیار مهم است تا مشکلات مداوم ریاضی که می‌توانند بر یادگیری فیزیک تأثیر بگذارند، مورد توجه قرار گیرند. این یافته توسط گیر و همکاران (۲۰۱۷) نیز پشتیبانی می‌شود؛ آنها دریافتند که اهمیت دانش ریاضی خاص حوزه در طول زمان برای یادگیری مفاهیم جدید ریاضی بیشتر می‌شود و به جای تکیه صرف بر مهارت‌های عمومی حل مسئله، نیاز به تسلط بر دانش خاص هر حوزه احساس می‌شود.

علاوه بر این، تحقیقات نشان داده است که مداخلاتی که مهارت‌های ریاضی را هدف قرار می‌دهند، می‌توانند

نیروهای مغناطیسی و بررسی پدیده‌های نوری، همگی به درک و استفاده صحیح از ابزارهای ریاضی وابسته‌اند.

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که مهارت‌های ریاضی تأثیر زیادی بر یادگیری فیزیک در دانش‌آموزان دبیرستانی دارد. دانش‌آموزانی که در ریاضیات توانمندتر هستند، معمولاً در درک مفاهیم فیزیکی، حل مسائل پیچیده، تحلیل داده‌ها و استدلال علمی، عملکرد بهتری دارند (علیمیرزائی یزدان، علیمیرزائی یاسر، ۱۴۰۳). این دانش‌آموزان قادرند مفاهیم انتزاعی فیزیک را به زبان ریاضی تبدیل کنند، روابط ریاضی موجود در پدیده‌های فیزیکی را شناسایی کنند و از ابزارهای ریاضی برای حل مسائل پیچیده استفاده نمایند.

با این حال، این ارتباط بین ریاضیات و فیزیک با چالش‌هایی نیز همراه است. بسیاری از دانش‌آموزان در استفاده از مهارت‌های ریاضی خود در فیزیک با مشکلاتی مواجه می‌شوند. آنها ممکن است در درک کاربرد مفاهیم ریاضی در مسائل فیزیکی، تفسیر نتایج ریاضی در چارچوب فیزیکی و یا استفاده از روش‌های ریاضی برای حل مسائل دچار دشواری شوند (علیمیرزائی یزدان، علیمیرزائی یاسر، ۱۴۰۳). این مشکلات می‌تواند منجر به کاهش علاقه و انگیزه دانش‌آموزان به فیزیک شده و در نهایت بر عملکرد تحصیلی آنها تأثیر منفی بگذارد.

هدف این پژوهش بررسی تأثیر تسلط بر مهارت‌های ریاضی بر عملکرد دانش‌آموزان دبیرستانی در درس فیزیک است. این تحقیق، با استفاده از روش‌های کمی و کیفی، رابطه بین مهارت‌های ریاضی و عملکرد در فیزیک را در بین دانش‌آموزان دبیرستانی مورد بررسی قرار می‌دهد. همچنین، چالش‌های موجود در این زمینه و راهکارهای ممکن برای بهبود عملکرد دانش‌آموزان در فیزیک با توجه به مهارت‌های ریاضی آنها تحلیل خواهد شد.

با توجه به اهمیت فزاینده فیزیک در دنیای امروز و نقش اساسی ریاضیات در درک و پیشرفت این علم، نتایج این پژوهش می‌تواند برای معلمان، دانش‌آموزان، والدین و

یادگیری مفاهیم فیزیک به کار بگیرند (برکلی و همکاران، ۲۰۱۳؛ هکلی و میکولا، ۲۰۱۶؛ دکر و رابرتز، ۲۰۱۵). با این حال، لازم است توجه شود که اثربخشی چنین رویکردی ممکن است به عوامل دیگری نیز بستگی داشته باشد، نظیر خودکارآمدی دانش آموزان، مهارت های مطالعه و نحوه ادغام مهارت های ریاضی در برنامه درسی فیزیک (پیزی، ۲۰۲۳؛ تارنن و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این، مهارت های ریاضی خاص مورد نیاز برای موفقیت در فیزیک ممکن است متفاوت باشد و ارزیابی جامع از مهارت های ریاضی دانش آموزان برای طراحی مداخله ای مؤثر ضروری است (دکر و رابرتز، ۲۰۱۵). با توجه به اهمیت ارتباط بین ریاضیات و فیزیک و چالش های موجود در این زمینه، سوال اصلی این است که آیا سطح ریاضی دانش آموزان بر موفقیت آنها در فیزیک دبیرستان تأثیر می گذارد؟

در ایران، با وجود اهمیت درس فیزیک در نظام آموزشی و تأکید بر ارتباط آن با ریاضیات، پژوهش های کمی در زمینه بررسی تأثیر تسلط بر مهارت های ریاضی بر عملکرد دانش آموزان در درس فیزیک انجام شده است. این کمبود پژوهش، مانع از درک عمیق این موضوع و ارائه راهکارهای مناسب برای بهبود عملکرد دانش آموزان در فیزیک می شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تسلط بر مهارت های ریاضی بر عملکرد دانش آموزان دبیرستانی در درس فیزیک انجام می شود. این پژوهش به دنبال پاسخگویی به سوالات زیر است:

- آیا تسلط بر مهارت های ریاضی تأثیر مثبتی بر عملکرد دانش آموزان دبیرستانی در درس فیزیک دارد؟
- کدام مهارت های ریاضی بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانش آموزان در فیزیک دارند؟

هدف اصلی این پژوهش، بررسی رابطه بین مشکلات یادگیری فیزیک در دانش آموزان دوره متوسطه و عدم تسلط آنها بر مهارت های ریاضی مورد نیاز برای حل مسائل فیزیک است. با توجه به اهمیت مهارت های ریاضی در یادگیری فیزیک، در گام نخست، مهارت های

تأثیر مثبتی بر عملکرد تحصیلی در موضوعات مرتبط داشته باشند. برای مثال، دانلی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که یک مداخله ۲۰ هفته ای که شامل درس های ریاضی فعال فیزیکی بود، منجر به بهبود قابل توجهی در نمرات ریاضی دانش آموزان شد. همچنین، هالار و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که نمرات ریاضی بالاتر برای شرکت کنندگان در یک برنامه فعالیت بدنی مبتنی بر مدرسه که شامل درس های فعال بدنی بود، گزارش شده است. با این حال، اثربخشی چنین مداخلاتی ممکن است به مهارت های خاص ریاضی مورد نظر و دانش قبلی دانش آموزان بستگی داشته باشد. هکلی و میکولا (۲۰۱۶) دریافتند که بازخورد مفصل برای دانش آموزانی با دانش قبلی پایین و نمرات درسی ضعیف مؤثرتر است و این نشان می دهد که مداخلات هدفمند که مهارت های ریاضی پیش نیاز را مدنظر قرار می دهند، ممکن است به ویژه برای دانش آموزان با مشکلات خاص مفید باشد.

چندین مطالعه همچنین بر اهمیت مهارت های ریاضی اولیه برای موفقیت تحصیلی در مراحل بعدی تأکید کرده اند. برای مثال، کلاسز و انگل (۲۰۱۳) نشان دادند که مهارت های ریاضی در دوران مهدکودک، مانند تشخیص الگو، اندازه گیری و اعداد پیشرفته، بیشترین پیش بینی کننده نتایج تحصیلی در کلاس هشتم بودند و این اهمیت در طول زمان افزایش یافت یا حفظ شد. به طور مشابه، دکر و رابرتز (۲۰۱۵) دریافتند که مهارت های شناختی خاص، از جمله مؤلفه های حافظه فعال، برای توسعه مهارت های حل مسئله ریاضی ابتدایی اهمیت دارند.

در خصوص دانش آموزان دختر کلاس یازدهم، این تحقیق نشان می دهد که آموزش مهارت های ریاضی پیش نیاز می تواند به عنوان یک استراتژی مؤثر برای بهبود عملکرد فیزیک مورد استفاده قرار گیرد. پرداختن به شکاف ها در دانش پایه ریاضی و ارائه مداخلات هدفمند ممکن است به دانش آموزان کمک کند تا بر مشکلات ریاضی مداوم غلبه کنند و مهارت های ریاضی خود را در

با این حال، چالش‌هایی نیز در زمینه ارتباط ریاضیات و فیزیک وجود دارد. ملترز (۲۰۰۲) (به بررسی رابطه بین آمادگی ریاضی و یادگیری مفهومی در فیزیک پرداخته و چالش‌های دانش‌آموزانی را که آمادگی ریاضی ضعیفی دارند، مورد بحث قرار می‌دهد. او پیشنهاد می‌کند که معلمان فیزیک باید به طور صریح به مهارت‌های ریاضی مورد نیاز در فیزیک بپردازند و به دانش‌آموزان کمک کنند تا این مهارت‌ها را در زمینه فیزیک به کار گیرند.

مطالعات متعدد دیگری در رابطه با تأثیر مهارت‌های ریاضی بر عملکرد دانش‌آموزان در درس فیزیک انجام شده است. نتایج این پژوهش‌ها نشان‌دهنده ارتباط مثبت و قابل‌توجه بین تسلط بر مفاهیم ریاضی و بهبود نمرات و عملکرد تحصیلی در فیزیک است. مطالعه‌ای توسط چنگ و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که تسلط بر مهارت‌های ریاضی تأثیر قابل‌توجهی بر پیشرفت در فیزیک دارد. این پژوهش به این نتیجه رسید که تقویت مهارت‌های ریاضی می‌تواند نتایج یادگیری فیزیک را بهبود بخشد و دانش‌آموزان، به‌ویژه دختران، از پیشرفت در ریاضی بهره بیشتری در فیزیک می‌برند. این یافته بر نیاز به آموزش یکپارچه ریاضی و فیزیک تأکید دارد. تحقیق دیگری توسط پاسیگن (۲۰۲۴) تأثیر مستقیم مهارت‌های ریاضی بر پیشرفت در فیزیک را بررسی کرد. این پژوهش نشان داد که پایه قوی در ریاضیات می‌تواند به طور معناداری نمرات فیزیک را بهبود بخشد و مهارت‌های علمی و شناختی دانش‌آموزان را ارتقا دهد. تامپسون (۲۰۱۶) نیز در تحقیق خود تأکید کرد که آموزش استدلال ریاضی پشت مفاهیم، درک دانش‌آموزان از فیزیک را افزایش می‌دهد. این مطالعه نشان داد که آموزش مفاهیم ریاضی با تأکید بر استدلال، می‌تواند برای دانش‌آموزان، به‌ویژه دختران، بسیار مؤثر باشد. پژوهش سافرتی و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که توانایی‌های ریاضی به طور معناداری بر جنبه‌های شناختی یادگیری فیزیک تأثیر می‌گذارد و تأکید کرد که ادغام مهارت‌های ریاضی در آموزش فیزیک برای بهبود نتایج آموزشی ضروری است. مطالعه‌ای توسط

ریاضی ضروری در سطوح مختلف (حساب، جبر، هندسه و آمار) برای حل مسائل فیزیک در دوره متوسطه شناسایی می‌شوند. سپس، در یک مطالعه میدانی، تأثیر ارتقای سطح سواد ریاضی دانش‌آموزان بر عملکرد آنها در درس فیزیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. با پاسخگویی به این سوالات، این پژوهش می‌تواند به درک عمیق‌تر از رابطه بین ریاضیات و فیزیک در دوره دبیرستان کمک کند و راهکارهایی را برای بهبود آموزش فیزیک در ایران ارائه دهد.

تسلط بر مهارت‌های ریاضی به عنوان یک ابزار قدرتمند در درک عمیق مفاهیم فیزیک شناخته شده است (ردیش، ۲۰۰۵). ردیش (۲۰۰۵) در پژوهش خود به بررسی نقش ریاضیات در حل مسائل فیزیک و اهمیت درک مفاهیم ریاضی برای موفقیت در فیزیک پرداخته است. اودن و همکاران (۲۰۱۲) نیز با مدل‌سازی استدلال ریاضی در فیزیک، نشان دادند که چگونه مهارت‌های ریاضی در درک و حل مسائل فیزیک به کار می‌روند.

تأثیر مهارت‌های ریاضی بر عملکرد دانش‌آموزان در درس فیزیک به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. وانگ و بانو (۲۰۱۱) در یک فراتحلیل نشان دادند که مهارت‌های ریاضی قوی به طور قابل‌توجهی با عملکرد بهتر در فیزیک مرتبط است. هیک (۱۹۹۸) نیز در مطالعه خود نشان داد که دانش‌آموزانی که در روش‌های تدریس تعاملی شرکت می‌کنند، که اغلب بر مهارت‌های حل مسئله ریاضی تأکید دارند، در آزمون‌های فیزیک عملکرد بهتری دارند.

برای موفقیت در فیزیک دبیرستان، تسلط بر مجموعه خاصی از مهارت‌های ریاضی ضروری است. کارام و پیترکولا (۲۰۱۴) در مطالعه خود به بررسی دانش ریاضی مورد نیاز برای تدریس فیزیک پرداخته و فهرستی از مهارت‌های ریاضی ضروری برای معلمان فیزیک ارائه دادند. این مهارت‌ها شامل جبر، مثلثات، حساب دیفرانسیل و انتگرال، و آمار و احتمال است.

به منظور شناسایی مهارت های ریاضی مورد نیاز برای حل مسائل فیزیک پایه یازدهم متوسطه، پژوهشی چندوجهی انجام شد که در آن محتوای کتاب فیزیک پایه یازدهم به دقت بررسی شد و نظرات دبیران فیزیک با تجربه و دانش آموزان ممتاز پایه های دهم و یازدهم از طریق نظرسنجی جمع آوری گردید. همچنین، یادداشت برداری های حین تدریس در کلاس های درس پایه یازدهم نیز در تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گرفت. یافته های این پژوهش نشان داد که برای حل مسائل فیزیک سال دوم متوسطه (یازدهم)، تسلط بر مجموعه ای از مهارت های ریاضی ضروری است. این مهارت ها را می توان در چهار دسته اصلی طبقه بندی کرد: مهارت های حسابی (مانند انجام صحیح عملیات پایه روی اعداد، استفاده از ماشین حساب، تبدیل واحدها و گرد کردن اعداد)، مهارت های جبری (مانند عملیات روی توان ها، حل معادلات، جمع جبری بردارها و تبدیل معادله از شکل کلامی به شکل عددی)، مهارت های هندسی (مانند رسم رابطه خطی، رسم بردارها و سیستم مختصات، یافتن برآیند و تجزیه نیروها، و کاربرد توابع مثلثاتی و قضیه فیثاغورث)، و مهارت های آماری (مانند یافتن درصد تغییرات). به نظر می رسد تسلط بر این مهارت ها به دانش آموزان کمک می کند تا در حل مسائل فیزیک موفق تر عمل کنند و درک عمیق تری از مفاهیم فیزیکی داشته باشند.

برای تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS و آزمون تحلیل کوواریانس یک راهه (ANCOVA) استفاده شد. همچنین برای بررسی نهایی فرضیه ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

#### یافته ها

فرضیه پژوهش این بود که نمرات دانش آموزان با تسلط بر مفاهیم پیش نیاز ریاضی محاسباتی نسبت به تدریس سنتی افزایش چشمگیری خواهد داشت.

جانسون (۲۰۱۵) به اهمیت استدلال ریاضی خلاق در موفقیت در برنامه های درسی فیزیک اشاره داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که کمبود مهارت های استدلال ریاضی خلاق می تواند به عملکرد ضعیف در آزمون های ملی فیزیک منجر شود.

ادبیات پژوهشی نشان می دهد که تسلط بر مهارت های ریاضی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانش آموزان دبیرستانی در درس فیزیک دارد. با این حال، چالش هایی نیز در این زمینه وجود دارد که نیازمند توجه و بررسی بیشتر است. پژوهش حاضر با تکیه بر این ادبیات، به بررسی عمیق تر این موضوع در بافت دانش آموزان دبیرستانی ایران می پردازد.

#### روش شناسی

این پژوهش با استفاده از طرح شبه آزمایشی با پیش آزمون و پس آزمون و گروه کنترل انجام شد. نمونه آماری به طور تصادفی به دو گروه ۱۵ نفره تقسیم شدند:

- **گروه آزمایش:** در این گروه، قبل از تدریس مباحث فیزیک (الکتریسیته ساکن و جریان الکتریکی - فصول اول و دوم کتاب فیزیک یازدهم تجربی)، مهارت های محاسباتی و جبری ریاضی مورد نیاز آموزش داده شد.
- **گروه کنترل:** در این گروه، مباحث فیزیک به روش سنتی تدریس شد.

جامعه آماری شامل تمام دانش آموزان دختر پایه یازدهم رشته تجربی شهر رشت در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ است. با استفاده از روش نمونه گیری تصادفی ساده، ۳۰ دانش آموز از جامعه آماری انتخاب شدند. این دانش آموزان همگی در یک دبیرستان هیات امنایی در شهر رشت مشغول به تحصیل بودند و دارای میانگین معدل ۱۸ و میانگین سنی ۱۷ سال بودند.

ابزار گردآوری داده ها عبارت بود از:

#### شناسایی مهارت های ریاضی

آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد که نتایج آن (جدول ۶) نشان از اثربخشی این شیوه آموزش بود.

قبل از استفاده از روش‌های آماری، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها (جدول ۱) بررسی شد. نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که متغیرهای تحقیق از توزیع طبیعی برخوردارند ( $p < 0.05$ )، بنابراین در تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری پارامتریک استفاده شد. برای بررسی داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون، از آزمون آنکوا برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها و آزمون تعقیبی بونفرونی جهت بررسی نهایی فرضیه‌ها استفاده شد.

برای اطمینان از نتایج تحلیل کوواریانس، همگنی واریانس‌ها نیز بررسی شد. با توجه به نتایج آزمون لوین (جدول ۲)، سطح معنی‌داری نمرات متغیر میانگین نمرات فیزیک دانش‌آموزان در پس‌آزمون، از سطح خطای  $0.05$  بیشتر بود ( $F = 3/584, P \leq 0.05$ )، بنابراین واریانس نمرات پس‌آزمون متغیر میانگین نمرات فیزیک دانش‌آموزان در این تحقیق همگن هستند و مفروضه همگونی واریانس‌ها تأیید می‌شود. همچنین، آزمون همگنی ضرایب رگرسیون از طریق تعامل پیش‌آزمون و شیوه آموزش در مرحله پس‌آزمون بررسی شد و نتایج نشان داد که این مفروضه نیز برقرار است (میانگین نمرات فیزیک  $F = 2/333, P \leq 0.05$ )، که در جدول (۳) قابل مشاهده است.

در بخش آزمون فرضیه‌های تحقیق، برای مقایسه تفاوت بین گروهی نمرات دانش‌آموزان در پس‌آزمون از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. نتایج نشان داد که بین تفاوت نمرات متغیر نمرات دانش‌آموزان در مرحله پس‌آزمون تفاوت معنی‌داری وجود دارد ( $F = 5/607, P \geq 0.05$ ) که در جدول (۵) نمایش داده شده است. به عبارت دیگر، فرضیه مبنی بر افزایش چشمگیر نمرات دانش‌آموزان با تسلط بر مفاهیم پیش‌نیاز ریاضی محاسباتی نسبت به تدریس سنتی، تأیید شد. در ادامه، برای بررسی اینکه آیا میزان نمرات دانش‌آموزانی که در معرض تسلط بر مفاهیم پیش‌نیاز ریاضی قرار گرفته‌اند، از دانش‌آموزانی که تدریس سنتی برای آنان استفاده شد بیشتر است، از

جدول ۱. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف جهت بررسی توزیع طبیعی متغیر های تحقیق به تفکیک گروه

گروه آزمایش (n=۱۵)		گروه کنترل (n=۱۵)		
پیش آزمون	پس آزمون	پیش آزمون	پس آزمون	متغیر
آماره آزمون	آماره آزمون	آماره آزمون	آماره آزمون	
(سطح معنی داری)	(سطح معنی داری)	(سطح معنی داری)	(سطح معنی داری)	
۰/۹۴۸	۰/۹۳۴	۰/۹۳۴	۰/۹۸۱	عملکرد دانش آموزان
(۰/۴۹۲)*	(۰/۳۰۹)*	(۰/۳۱۷)*	(۰/۹۷۶)*	(میانگین نمرات فیزیک)

$p > 0.05^*$

در تمام موارد، سطح معنی داری بیشتر از ۰.۰۵ (سطح معنی داری ۰.۴۹۲ برای گروه آزمایش در پیش آزمون و ۰.۹۷۶ برای گروه کنترل در پس آزمون) است که نشان دهنده توزیع طبیعی داده ها در هر دو گروه است.

جدول ۲. نتایج آزمون بررسی همگنی واریانس های گروه های تحقیق متغیر عملکرد دانش آموزان

متغیر	مرحله	آماره	درجه آزادی	درجه آزادی	سطح معنی داری
		لوین	۱	۲	(P)
عملکرد دانش آموزان	پس	۳/۵۸۴	۱	۲۸	۰/۰۶۹*
(میانگین نمرات فیزیک)	آزمون				

$p > 0.05^*$

سطح معنی داری ۰.۰۶۹ بیشتر از ۰.۰۵ است، که نشان می دهد واریانس ها در گروه ها برابر بوده و فرض همگنی واریانس ها تأیید می شود

جدول ۳. نتایج آزمون همگنی شیب رگرسیون گروه های تحقیق متغیر میانگین نمرات فیزیک دانش آموزان

متغیر	مرحله	درجه آزادی	آماره (F)	سطح معنی داری
		۱	۲/۸۳۳	(P)
عملکرد دانش آموزان	پس	۱	۲/۸۳۳	۰/۱۱۰*
(میانگین نمرات فیزیک)	آزمون			

$p > 0.05^*$

سطح معنی داری ۰.۱۱۰ بیشتر از ۰.۰۵ است که نشان می دهد فرض همگنی شیبها برقرار است و هیچ تفاوت معنی داری در شیب های رگرسیون بین گروه ها وجود ندارد

جدول ۴- مقایسه آمار توصیفی متغیر عملکرد دانش‌آموزان

متغیر	مرحله	گروه آزمایش (n=۱۵)	گروه کنترل (n=۱۵)
عملکرد دانش‌آموزان	پیش‌آزمون	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین
		۱۳/۵۴ $\pm$ ۱/۳۲	۱۳/۲۴ $\pm$ ۱/۲۲
	پس‌آزمون	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین
		۱۵/۹۸ $\pm$ ۱/۴۷	۱۴/۵۸ $\pm$ ۱/۵۹

میانگین و انحراف معیار نمرات فیزیک در پس‌آزمون در گروه آزمایش (۱۵/۹۸ $\pm$ ۱/۴۷) کمی بالاتر از گروه کنترل (۱۴/۵۸ $\pm$ ۱/۵۹) است، که نشان‌دهنده افزایش نمرات در گروه آزمایش پس از مداخله است

جدول ۵. نتایج تحلیل آنکوا بر روی میانگین نمرات عملکرد دانش‌آموزان

مرحله	شاخص‌ها	مجموع	درجه	میانگین	آماره F	سطح
آزمون	مجذورات	مجذورات	آزادی	مجذورات	معنی‌داری (P)	
۳	گروه	۱۲/۴۳۹	۱	۱۲/۴۳۹	۵/۶۰۷	*۰/۰۲۵
	خطا	۵۹/۸۹۹	۲۷	۲/۲۱۸		
	کل	۷۰۸۸/۲۱۰	۳۰			

\* p<۰/۰۵

نتیجه آزمون F (607/5) و سطح معنی‌داری ۰/۰۲۵ کمتر از ۰/۰۵ است، که نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو گروه است. این نتیجه نشان می‌دهد که مداخله آموزشی اثر معناداری بر بهبود عملکرد دانش‌آموزان در فیزیک داشته است.

جدول ۶. نتایج آزمون بونفرونی به منظور ارزیابی نمرات دانش‌آموزان در گروه‌ها

مرحله آزمون	گروه	گروه	اختلاف میانگین	سطح معنی‌داری (P)	حد
پس‌آزمون	آزمایش	کنترل	(I-J)		پایین
			-۱/۲۹۷	*۰/۰۲۵	-۲/۴۲۱
					-۰/۱۷۳

\* p<۰/۰۵

اختلاف میانگین نمرات بین دو گروه (-۱/۲۹۷) با سطح معنی‌داری (۰/۰۲۵) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است، به این معنی که گروه آزمایش به طور معناداری نمرات بهتری نسبت به گروه کنترل دارد. تحلیل داده‌های این پژوهش نشان داد که آموزش مبتنی بر مفاهیم پیش‌نیاز ریاضی محاسباتی تأثیر قابل توجهی بر بهبود نمرات دانش‌آموزان در درس فیزیک داشته است. آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردارند و امکان استفاده از آزمون‌های پارامتریک فراهم است. همچنین، آزمون لوین و آزمون همگنی شیب رگرسیون تأیید کردند که مفروضه‌های همگنی واریانس و شیب برقرار است. مقایسه آماری نشان داد که میانگین نمرات گروه آزمایش در پس‌آزمون



باسکان و همکاران، ۲۰۱۰) که می تواند ناشی از تفاوت در روش های تدریس و ارزشیابی آنها باشد. همچنین، برخی معلمان فیزیک در آموزش مفاهیم ریاضی مورد نیاز در فیزیک با مشکل مواجه هستند (هارت و همکاران، ۱۹۸۲). بنابراین، برای بهبود عملکرد دانش آموزان در فیزیک، باید به این چالش ها رسیدگی شود.

با توجه به یافته های تحلیل کواریانس، مشاهده شد که گروه آزمایش که آموزش های پیش نیاز ریاضی را دریافت کرده بودند، نسبت به گروه کنترل که تدریس سنتی فیزیک را تجربه کرده بودند، نمرات بهتری در پس آزمون فیزیک کسب کردند. این نتیجه نشان دهنده اهمیت بالای تسلط بر مهارت های ریاضی پایه، به ویژه در مفاهیم مربوط به فیزیک است. مهارت های ریاضی همچون جبر، مثلثات، هندسه و حساب دیفرانسیل و انتگرال، همگی در حل مسائل فیزیک کاربرد دارند و نداشتن تسلط بر این مهارت ها می تواند موجب افت تحصیلی در درس فیزیک شود. بنابراین، این پژوهش بر اهمیت آموزش یکپارچه ریاضیات و فیزیک تأکید دارد. همچنین، نتایج این پژوهش با سایر تحقیقات قبلی در این حوزه هم راستا است. مطالعات متعدد نشان داده اند که دانش آموزانی که در ریاضیات مهارت بیشتری دارند، معمولاً در فهم مفاهیم پیچیده فیزیکی نیز موفق تر هستند. یافته های این تحقیق، این فرضیه را تقویت می کند که مهارت های ریاضی پیش نیاز نه تنها برای حل مسائل ریاضی بلکه برای درک عمیق تر مفاهیم فیزیکی نیز ضروری است. یکی دیگر از نتایج جالب این پژوهش، شناسایی مهارت های ریاضی خاص مورد نیاز برای درس فیزیک در پایه یازدهم بود. این مهارت ها شامل توانایی های حسابی، جبری، هندسی و آماری بودند که در حل مسائل مربوط به فیزیک کاربرد دارند. آموزش این مهارت ها پیش از تدریس مفاهیم فیزیکی می تواند به طور معناداری بر بهبود عملکرد دانش آموزان تأثیر بگذارد.

نتایج این پژوهش می تواند در ارتقاء روش های تدریس فیزیک در مدارس مفید واقع شود. معلمان فیزیک

به طور قابل توجهی بیشتر از گروه کنترل بود، که بیانگر تأثیر مثبت این شیوه آموزش است. تحلیل کواریانس نیز اختلاف معناداری بین نمرات گروه آزمایش و کنترل نشان داد، و آزمون تعقیبی بونفرونی اثربخشی این رویکرد را تأیید کرد. این یافته ها حاکی از آن است که استفاده از روش تدریس مبتنی بر مفاهیم پیش نیاز ریاضی محاسباتی می تواند راهبردی موثر برای بهبود یادگیری فیزیک در مقایسه با روش های سنتی باشد.

### بحث و نتیجه گیری

یافته های این پژوهش نشان داد که آموزش مهارت های ریاضی پیش نیاز، تأثیر مثبتی بر نمرات فیزیک دانش آموزان دختر پایه یازدهم رشته تجربی دارد. این نتیجه با پژوهش های پیشین (وانگ و بائو، ۲۰۱۱؛ هیک، ۱۹۹۸) همخوانی دارد و نشان می دهد مهارت های ریاضی قوی، بهبود عملکرد در فیزیک را به همراه دارد. دانش آموزانی که در ریاضیات تسلط دارند، می توانند مفاهیم انتزاعی فیزیک را به زبان ریاضی ترجمه کنند، روابط ریاضی را در پدیده های فیزیکی شناسایی کنند و از ابزارهای ریاضی برای حل مسائل پیچیده فیزیک استفاده کنند. این امر باعث می شود درک عمیق تری از مفاهیم فیزیکی داشته باشند و در حل مسائل فیزیک موفق تر عمل کنند.

آموزش مستقیم مهارت های ریاضی پیش نیاز در این پژوهش، باعث بهبود قابل توجهی در نمرات فیزیک گروه آزمایش شد. این یافته با پیشنهاد ملترز (۲۰۰۲) مبنی بر لزوم آموزش صریح مهارت های ریاضی در فیزیک همسو است. همچنین، این یافته اهمیت مدل سازی استدلال ریاضی در فیزیک را که توسط اودن و همکاران (۲۰۱۲) مطرح شد، تأیید می کند.

با وجود این تأثیر مثبت، باید به چالش های ارتباط ریاضیات و فیزیک نیز توجه کرد. بسیاری از دانش آموزان این دو درس را مجزا و نامرتب می دانند (استاین، ۲۰۰۱؛

Donnelly, J., Hillman, C., Castelli, D., Etnier, J., Lee, S., Tomporowski, P., ... & Szabo-Reed, A. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1197-1222. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000901>

Geary, D., Nicholas, A., Li, Y., & Sun, J. (2017). Developmental change in the influence of domain-general abilities and domain-specific knowledge on mathematics achievement: an eight-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 109(5), 680-693.

Griswold, C. (1915). Mathematical preparation desired for high school physics. *The Mathematics Teacher*, 8(1), 16-20.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.

Hart, K. (Ed.). (1981). *Children's understanding of mathematics: 11-16*. London: John Murray.

Hart, K., Turner, A. D., & Booth, L. (1982). Mathematics-science links in the secondary school: Collaboration between mathematics and science departments: Case studies of four schools: Part 2. *Mathematics in School*, 11(3), 10-12.

Heckler, A. and Mikula, B. (2016). Factors affecting learning of vector math from computer-based practice: feedback complexity and prior knowledge. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1103/physrevphyseduces.12.010134>

Johansson, H. (2015). Relation between mathematical reasoning ability and national formal demands in physics courses.

Kapucu, S., Ocal, M., & Simsek, M. (2016). Evaluating high school students' conceptions of the relationship between mathematics and physics: Development of a questionnaire. *Science Education International*, 27(2), 253-276.

Karam, R., & Pietrocola, M. (2014). Mathematical knowledge for teaching physics: An exploratory study. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2), Article 020123.

Kiray, S., Gok, B., & Bozkir, A. (2015). Identifying the factors affecting science and

می‌توانند با افزودن آموزش مهارت‌های ریاضی پیش‌نیاز به برنامه درسی، به دانش‌آموزان کمک کنند تا مفاهیم پیچیده فیزیک را بهتر درک کنند و در حل مسائل فیزیکی موفق‌تر عمل کنند. این رویکرد همچنین می‌تواند در افزایش علاقه و انگیزه دانش‌آموزان به فیزیک و حتی سایر علوم تجربی مؤثر باشد. علاوه بر این، نتایج این تحقیق می‌تواند برای طراحان برنامه‌های آموزشی و سیاست‌گذاران آموزشی مفید باشد. به‌ویژه، در زمینه طراحی کتب درسی و برنامه‌های درسی که به‌طور مؤثری ارتباط میان ریاضیات و فیزیک را تقویت می‌کنند.

## منابع

ابوکاظمی، م. (۱۳۸۱). *دانشنامه فیزیک*. تهران: بنیاد دانشنامه نگاری ایران.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی ایران.

(۱۳۹۹). *کتاب فیزیک یازدهم (دوره دبیرستان)*. تهران: انتشارات مدرسه.

American Association of Physics Teachers. (2009). *Guide to physics first* [Brochure].

Başkan, Z., Alev, N., & Karal, İ. S. (2010). Physics and mathematics teachers' ideas about topics that could be related or integrated. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, 1558-1562.

Breckler, J., Christensen, T., & Sun, W. (2013). Using a physics experiment in a lecture setting to engage biology students with the concepts of poiseuille's law. *Cbe—life Sciences Education*, 12(2), 262-273.

Chen, J., et al. (2021). The correlation between mathematics and physics achievement of senior high school students.

Claessens, A. and Engel, M. (2013). How important is where you start? early mathematics knowledge and later school success. *Teachers College Record*, 115(6), 1-29. <https://doi.org/10.1177/016146811311500603>

Decker, S. and Roberts, A. (2015). Specific cognitive predictors of early math problem solving. *Psychology in the Schools*, 52(5), 477-488. <https://doi.org/10.1002/pits.21837>

Pasigon, C. P. (2024). Mathematical proficiency, scientific reasoning, metacognitive skills, and performance of learners in physics: A mathematical model.

Pizzie, R. (2023). Strategies for remediating the impact of math anxiety on high school math performance. *NPJ Science of Learning*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41539-023->

Redish, E. F. (2005). Problem solving and the use of math in physics courses. In *Proceedings of the conference on world view on physics education* (pp. 21–35).

Safitri, A. N., et al. (2017). The influences of mathematics ability toward physics learning in senior high school based on an authentic assessment system.

Sharma, C. S. (1982). The role of mathematics in physics. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 33(3), 275–286.

Stein, F. M. (2001). Re-preparing the secondary physics teacher. *Physics Education*, 36(1), 52–57.

Surma, K. (2020). Does the mathematics level affect student success in high school physics?

Vinitsky-Pinsky, L., & Galili, I. (2014). The need to clarify the relationship between physics and mathematics in science curriculum: Cultural knowledge as possible framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 611–616.

Wang, X., & Bao, L. (2011). The impact of mathematical skills on student achievement in physics: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 6(2), 141–153.

mathematics achievement using data mining methods. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.21891/jeseh.41216>

Liu, S. (2010). Teachers' knowledge: Review from comparative perspective. *New Horizons in Education*, 58(1), 148–158.

Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: A possible “hidden variable” in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268.

Meltzer, D., & Otero, V. (2014). Transforming the preparation of physics teachers. *American Journal of Physics*, 82(7), 633–637. <https://doi.org/10.1119/1.4868023>

Meltzer, D., & Otero, V. K. (2015). A brief history of physics education in the United States. *American Journal of Physics*, 83(5), 447–458. <https://doi.org/10.1119/1.4902397>

Michelsen, C. (2015). Mathematical modeling is also physics—interdisciplinary teaching between mathematics and physics in Danish upper secondary education. *Physics Education*, 50(4), 489–494.

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press.

Otero, V. K., & Meltzer, D. (2016). 100 years of attempts to transform physics education. *The Physics Teacher*, 54(9), 523–527. <https://doi.org/10.1119/1.4967888>

Otero, V., & Meltzer, D. (2017). A discipline-specific approach to the history of U.S. science education. *Journal of College Science Teaching*, 46(3).

Otero, V. K., & Meltzer, D. E. (2017). The past and future of physics education reform. *Physics Today*, 70(5), 50–56.



## Evaluating the Effectiveness of Prerequisite Math Skills Training on Physics Scores of 11th-Grade Female Students

Reza Tushmalani<sup>1</sup>, Jafar Asadpour<sup>2\*</sup>

- 1) Assistant Prof, Department of Physics, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran  
2) Assistant Prof, Department of Mathematics, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
- 

### Abstract

This study using a quasi-experimental method, examines the impact of mastering prerequisite mathematical skills on the physics scores of students. The study population consisted of 30 female 11th-grade experimental science students, randomly divided into two groups: the experimental group (with instruction on prerequisite mathematical skills) and the control group (with traditional physics teaching). First, the essential mathematical skills required to solve physics problems in the 11th-grade curriculum were identified. Then, the topics of static electricity and electric current (the first two chapters of the 11th-grade physics textbook) were taught in two different ways. In the control group, physics was taught using traditional methods, while in the experimental group, prerequisite mathematical skills related to calculations and algebra were taught before covering the physics topics. Data were analyzed using Analysis of Covariance (ANCOVA) in SPSS software. The results showed that teaching pre-requisite mathematical skills had a significant effect on improving the students' physics scores.

**Keywords:** Mathematical skills, physics, Students

---