

## 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: Creativeclient2@gmail.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

سیاست گذاران 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

تأثیر مثبتی بر عملکرد تحصیلی در موضوعات مرتبط داشته باشند. برای مثال، دانلی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که یک مداخله ۲۰ هفته‌ای که شامل درس‌های ریاضی فعال فیزیکی بود، منجر به بهبود قابل توجهی در نمرات ریاضی دانش‌آموزان شد. همچنین، هالار و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که نمرات ریاضی بالاتر برای شرکت‌کنندگان در یک برنامه فعالیت بدنی مبتنی بر مدرسه که شامل درس‌های فعال بدنی بود، گزارش شده است. با این حال، اثربخشی چنین مداخلاتی ممکن است به مهارت‌های خاص ریاضی مورد نظر و دانش قبلی دانش‌آموزان بستگی داشته باشد. هکلر و میکولا (۲۰۱۶) دریافتند که بازخورد مفصل برای دانش‌آموزانی با دانش قبلی پایین و نمرات درسی ضعیف مؤثرتر است و این نشان می‌دهد که مداخلات هدفمند که مهارت‌های ریاضی پیش‌نیاز را مدنظر قرار می‌دهند، ممکن است به‌ویژه برای دانش‌آموزان با مشکلات خاص مفید باشد.

چندین مطالعه همچنین بر اهمیت مهارت‌های ریاضی اولیه برای موفقیت تحصیلی در مراحل بعدی تأکید کرده‌اند. برای مثال، کلاسز و انگل (۲۰۱۳) نشان دادند که مهارت‌های ریاضی در دوران مهدکودک، مانند تشخیص الگو، اندازه‌گیری و اعداد پیشرفته، بیشترین پیش‌بینی‌کننده نتایج تحصیلی در کلاس هشتم بودند و این اهمیت در طول زمان افزایش یافت یا حفظ شد. به‌طور مشابه، دکر و رابرتز (۲۰۱۵) دریافتند که مهارت‌های شناختی خاص، از جمله مؤلفه‌های حافظه فعال، برای توسعه مهارت‌های حل مسئله ریاضی ابتدایی اهمیت دارند.

در خصوص دانش‌آموزان دختر کلاس یازدهم، این تحقیق نشان می‌دهد که آموزش مهارت‌های ریاضی پیش‌نیاز می‌تواند به‌عنوان یک استراتژی مؤثر برای بهبود عملکرد فیزیک مورد استفاده قرار گیرد. پرداختن به شکاف‌ها در دانش پایه ریاضی و ارائه مداخلات هدفمند ممکن است به دانش‌آموزان کمک کند تا بر مشکلات ریاضی مداوم غلبه کنند و مهارت‌های ریاضی خود را در

یادگیری مفاهیم فیزیک به کار بگیرند (برکلر و همکاران، ۲۰۱۳؛ هکلر 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 دانش‌آموزان، مهارت‌های مطالعه و نحوه ادغام مهارت‌های ریاضی در برنامه درسی فیزیک (پیزی، ۲۰۲۳؛ تارنن و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این، مهارت‌های ریاضی خاص مورد نیاز برای موفقیت در فیزیک ممکن است متفاوت باشد و ارزیابی جامع از مهارت‌های ریاضی دانش‌آموزان برای طراحی مداخله‌ای مؤثر ضروری است (دکر و رابرتز، ۲۰۱۵). با توجه به اهمیت ارتباط بین ریاضیات و فیزیک و چالش‌های موجود در این زمینه، سوال اصلی این است که آیا سطح ریاضی دانش‌آموزان بر موفقیت آنها در فیزیک دبیرستان تأثیر می‌گذارد؟

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

- آیا تسلط بر مهارت‌های ریاضی تأثیر مثبتی بر عملکرد دانش‌آموزان دبیرستانی در درس فیزیک دارد؟
- کدام مهارت‌های ریاضی بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانش‌آموزان در فیزیک دارند؟

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

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 قابل توجه 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 قابل توجهی بر پیشرفت در فیزیک دارد. این پژوهش به این نتیجه رسید که تقویت مهارت‌های ریاضی می‌تواند نتایج یادگیری فیزیک را بهبود بخشد و دانش‌آموزان، به ویژه 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، به ویژه 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 قابل توجهی 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.

جانسون (۲۰۱۵) به اهمیت استدلال ریاضی خلاق در موفقیت در برنامه‌های درسی فیزیک اشاره داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که کمبود مهارت‌های استدلال ریاضی خلاق می‌تواند به عملکرد ضعیف در آزمون‌های ملی فیزیک منجر شود.

ادبیات پژوهشی نشان می‌دهد که تسلط بر مهارت‌های ریاضی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد دانش‌آموزان دبیرستانی در درس فیزیک دارد. با این حال، چالش‌هایی نیز در این زمینه وجود دارد که نیازمند توجه و بررسی بیشتر است. پژوهش حاضر با تکیه بر این ادبیات، به بررسی عمیق‌تر این موضوع در بافت دانش‌آموزان دبیرستانی ایران می‌پردازد.

### روش‌شناسی

این پژوهش با استفاده از طرح شبه آزمایشی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون 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)، مهارت‌های 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 دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته تجربی شهر رشت در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ است. با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، ۳۰ دانش‌آموز از جامعه آماری انتخاب شدند. این دانش‌آموزان همگی در یک دبیرستان هیأت امنایی در شهر رشت مشغول به تحصیل بودند و دارای میانگین معدل ۱۸ و میانگین سنی ۱۷ سال بودند.

ابزار گردآوری داده‌ها عبارت بود از:

### شناسایی مهارت‌های ریاضی

به منظور شناسایی مهارت‌های 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 دانش‌آموزان ممتاز پایه‌های دهم و یازدهم از طریق نظرسنجی جمع‌آوری گردید. همچنین، یادداشت‌برداری‌های حین تدریس در کلاس‌های درس پایه یازدهم نیز در تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که برای حل مسائل فیزیک سال دوم متوسطه (یازدهم)، تسلط بر مجموعه‌ای از مهارت‌های ریاضی ضروری است. این مهارت‌ها را می‌توان در چهار دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: مهارت‌های حسابی (مانند انجام صحیح عملیات پایه روی اعداد، استفاده از ماشین حساب، تبدیل واحدها و گرد کردن اعداد)، مهارت‌های جبری (مانند عملیات روی توان‌ها، حل معادلات، جمع جبری بردارها و تبدیل معادله از شکل کلامی به شکل عددی)، مهارت‌های هندسی (مانند رسم رابطه خطی، رسم بردارها و سیستم مختصات، یافتن برآیند و تجزیه نیروها، و کاربرد توابع مثلثاتی و قضیه فیثاغورث)، و مهارت‌های آماری (مانند یافتن درصد تغییرات). به نظر می‌رسد تسلط بر این مهارت‌ها به دانش‌آموزان کمک می‌کند تا در حل مسائل فیزیک موفق‌تر عمل کنند و درک عمیق‌تری از مفاهیم فیزیکی داشته باشند.

برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون تحلیل کوواریانس یک‌راهه (ANCOVA) استفاده شد. همچنین برای بررسی نهایی فرضیه‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

### یافته‌ها

فرضیه پژوهش این بود که نمرات دانش‌آموزان با تسلط بر مفاهیم پیش‌نیاز ریاضی محاسباتی نسبت به تدریس سنتی افزایش چشمگیری خواهد داشت.

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

قبل از استفاده از روش های آماری، ابتدا نرمال بودن توزیع داده ها (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 داده ها از آزمون های آماری پارامتریک استفاده شد. برای بررسی داده های پیش آزمون و پس آزمون، از آزمون آنکوا برای بررسی تفاوت بین گروه ها و آزمون تعقیبی بونفرونی جهت بررسی نهایی فرضیه ها استفاده شد.

برای اطمینان از نتایج تحلیل کوواریانس، همگنی واریانس ها نیز بررسی شد. با توجه به نتایج آزمون لوین (جدول ۲)، سطح معنی داری نمرات متغیر میانگین نمرات فیزیک دانش آموزان در پس آزمون، از سطح خطای ۰/۰۵ بیشتر بود ( $F = 3/584, P \leq 0.05$ )، بنابراین واریانس نمرات پس آزمون متغیر میانگین نمرات فیزیک دانش آموزان در این تحقیق همگن هستند و مفروضه همگونی واریانس ها تأیید می شود. همچنین، آزمون همگنی ضرایب رگرسیون از طریق تعامل پیش آزمون و شیوه آموزش در مرحله پس آزمون بررسی شد و نتایج نشان داد که این مفروضه نیز برقرار است (میانگین نمرات فیزیک  $F = 2/733, P \leq 0.05$ )، که در جدول (۳) قابل مشاهده است.

در بخش آزمون فرضیه های تحقیق، برای مقایسه تفاوت بین گروهی نمرات دانش آموزان در پس آزمون از آزمون تحلیل کوواریانس استفاده شد. نتایج نشان داد که بین تفاوت نمرات متغیر نمرات دانش آموزان در مرحله پس آزمون تفاوت معنی داری وجود دارد (۵/۶۰۷  $F = 0.05 \geq P$ ) که در جدول (۵) نمایش داده شده است. به عبارت دیگر، فرضیه مبنی بر افزایش چشمگیر نمرات دانش آموزان با تسلط بر مفاهیم پیش نیاز ریاضی محاسباتی نسبت به تدریس سنتی، تأیید شد. در ادامه، برای بررسی اینکه آیا میزان نمرات دانش آموزانی که در معرض تسلط بر مفاهیم پیش نیاز ریاضی قرار گرفته اند، از دانش آموزانی که تدریس سنتی برای آنان استفاده شد بیشتر است، از

جدول ۱. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف جهت بررسی توزیع طبیعی متغیرهای 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 معنی‌داری بیشتر از ۰.۰۵ (سطح معنی‌داری ۰.۴۹۲ برای گروه آزمایش در پیش‌آزمون و ۰.۹۷۶ برای گروه کنترل در پس‌آزمون) است که نشان‌دهنده توزیع طبیعی داده‌ها در هر دو گروه است.

جدول ۲. نتایج آزمون بررسی همگنی واریانس‌های گروه‌های تحقیق متغیر عملکرد دانش‌آموزان

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 معنی‌داری ۰.۰۶۹ بیشتر از ۰.۰۵ است، که نشان می‌دهد واریانس‌ها در گروه‌ها برابر بوده و فرض همگنی واریانس‌ها تأیید می‌شود.

جدول ۳. نتایج آزمون همگنی شیب رگرسیون گروه‌های تحقیق متغیر میانگین نمرات فیزیک دانش‌آموزان

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

$p > 0.05$  \*

سطح معنی‌داری ۰.۱۱۰ بیشتر از ۰.۰۵ است که نشان می‌دهد فرض همگنی شیب‌ها برقرار است و هیچ تفاوت معنی‌داری در شیب‌های رگرسیون بین گروه‌ها وجود ندارد.

جدول ۴- مقایسه آمار توصیفی متغیر عملکرد دانش آموزان

متغیر	مرحله	گروه آزمایش (n=۱۵)	گروه کنترل (n=۱۵)
عملکرد دانش آموزان	پیش آزمون	انحراف معیار $\pm$ میانگین	انحراف معیار $\pm$ میانگین
		۱۳/۵۴ $\pm$ ۱/۳۲	۱۳/۲۴ $\pm$ ۱/۲۲
	پس آزمون	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 از گروه کنترل (۱۴/۵۸ $\pm$ ۱/۵۹) است، که نشان دهنده پس آزمون در گروه آزمایش (۱۵/۹۸ $\pm$ ۱/۵) کمی بالاتر افزایش نمرات در گروه آزمایش پس از مداخله است

جدول ۵. نتایج تحلیل آنکوا بر روی میانگین نمرات عملکرد دانش آموزان

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

\* p<۰/۰۵

نتیجه آزمون F (607/5) و سطح معنی داری ۰/۰۲۵ کمتر از ۰/۰۵ است، که نشان دهنده تفاوت معنی دار بین دو گروه است. این نتیجه نشان می دهد که مداخله آموزشی اثر معناداری بر بهبود عملکرد دانش آموزان در فیزیک داشته است.

جدول ۶. نتایج آزمون بونفرونی به منظور ارزیابی نمرات دانش آموزان در گروه ها

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

\* p<۰/۰۵

اختلاف میانگین نمرات بین دو گروه (-۱/۲۹۷) با سطح معنی داری (۰/۰۲۵) نشان دهنده تفاوت معنی دار است، به این معنی که گروه آزمایش به طور معناداری نمرات بهتری نسبت به گروه کنترل دارد. تحلیل داده های این پژوهش نشان داد که آموزش مبتنی بر مفاهیم پیش نیاز ریاضی محاسباتی تأثیر قابل توجهی بر بهبود نمرات دانش آموزان در درس فیزیک داشته است. آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که داده ها از توزیع نرمال برخوردارند و امکان استفاده از آزمون های پارامتریک فراهم است. همچنین، آزمون لوین و آزمون همگنی شیب رگرسیون تأیید کردند که مفروضه های همگنی واریانس و شیب برقرار است. مقایسه آماری نشان داد که میانگین نمرات گروه آزمایش در پس آزمون



باسکان و همکاران، ۲۰۱۰) که می‌تواند ناشی از تفاوت در روش‌های 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 دانش‌آموزان در فیزیک، باید به این چالش‌ها رسیدگی شود.

با توجه به یافته‌های تحلیل کوواریانس، مشاهده شد که گروه آزمایش که آموزش‌های پیش‌نیاز ریاضی را دریافت کرده بودند، نسبت به گروه کنترل که تدریس سنتی فیزیک را تجربه کرده بودند، نمرات بهتری در پس‌آزمون فیزیک کسب کردند. این نتیجه نشان‌دهنده اهمیت بالای تسلط بر مهارت‌های ریاضی پایه، به ویژه در مفاهیم مربوط به فیزیک است. مهارت‌های ریاضی همچون جبر، مثلثات، هندسه و حساب دیفرانسیل و انتگرال، همگی در حل مسائل فیزیک کاربرد دارند و نداشتن تسلط بر این مهارت‌ها می‌تواند 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 هم‌راستا است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که دانش‌آموزانی که در ریاضیات مهارت بیشتری دارند، معمولاً در فهم مفاهیم پیچیده فیزیکی نیز موفق‌تر هستند. یافته‌های این تحقیق، این فرضیه را تقویت می‌کند که مهارت‌های ریاضی پیش‌نیاز نه تنها برای حل مسائل ریاضی بلکه برای درک عمیق‌تر مفاهیم فیزیکی نیز ضروری است. یکی دیگر از نتایج جالب این پژوهش، شناسایی مهارت‌های ریاضی خاص مورد نیاز برای درس فیزیک در پایه یازدهم بود. این مهارت‌ها شامل توانایی‌های حسابی، جبری، هندسی و آماری بودند که در حل مسائل مربوط به فیزیک کاربرد دارند. آموزش این مهارت‌ها پیش از تدریس مفاهیم فیزیکی می‌تواند به‌طور معناداری بر بهبود عملکرد دانش‌آموزان تأثیر بگذارد.

نتایج این پژوهش می‌تواند در ارتقاء روش‌های تدریس فیزیک در مدارس مفید واقع شود. معلمان فیزیک

به‌طور قابل توجهی بیشتر از گروه کنترل بود، که بیانگر تأثیر مثبت این شیوه آموزش است. تحلیل کوواریانس نیز اختلاف معناداری بین نمرات گروه آزمایش و کنترل نشان داد، و آزمون تعقیبی بونفرونی اثربخشی این رویکرد را تأیید کرد. این یافته‌ها حاکی از آن است که استفاده از روش تدریس مبتنی بر مفاهیم پیش‌نیاز ریاضی محاسباتی می‌تواند راهبردی موثر برای بهبود یادگیری فیزیک در مقایسه با روش‌های سنتی باشد.

### بحث و نتیجه گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که آموزش مهارت‌های ریاضی پیش‌نیاز، تأثیر مثبتی بر نمرات فیزیک دانش‌آموزان دختر پایه یازدهم رشته تجربی دارد. این نتیجه با پژوهش‌های پیشین (وانگ و بائو، ۲۰۱۱؛ هیک، ۱۹۹۸) همخوانی دارد و نشان می‌دهد مهارت‌های ریاضی قوی، بهبود عملکرد در فیزیک را به همراه دارد.

دانش‌آموزانی که در ریاضیات تسلط دارند، می‌توانند مفاهیم انتزاعی فیزیک را به زبان ریاضی ترجمه کنند، روابط ریاضی را در پدیده‌های فیزیکی شناسایی کنند و از ابزارهای ریاضی برای حل مسائل پیچیده فیزیک استفاده کنند. این امر باعث می‌شود درک عمیق‌تری از مفاهیم فیزیکی داشته باشند و در حل مسائل فیزیک موفق‌تر عمل کنند.

آموزش مستقیم مهارت‌های ریاضی پیش‌نیاز در این پژوهش، باعث بهبود قابل توجهی در نمرات فیزیک گروه آزمایش شد. این یافته با پیشنهاد ملترز (۲۰۰۲) مبنی بر لزوم آموزش صریح مهارت‌های ریاضی در فیزیک همسو است. همچنین، این یافته اهمیت مدل‌سازی استدلال ریاضی در فیزیک را که توسط اودن و همکاران (۲۰۱۲) مطرح شد، تأیید می‌کند.

با وجود این تأثیر مثبت، باید به چالش‌های ارتباط ریاضیات و فیزیک نیز توجه کرد. بسیاری از دانش‌آموزان این دو درس را مجزا و نامرتب می‌دانند (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

می توانند با افزودن آموزش مهارت های ریاضی پیش نیاز به برنامه درسی، به دانش آموزان کمک کنند تا مفاهیم پیچیده فیزیک را بهتر درک کنند و در حل مسائل فیزیکی موفق تر عمل کنند. این رویکرد همچنین می تواند در افزایش علاقه و انگیزه دانش آموزان به فیزیک و حتی سایر علوم تجربی مؤثر باشد. علاوه بر این، نتایج این تحقیق می تواند برای طراحان برنامه های آموزشی و سیاست گذاران آموزشی مفید باشد. به ویژه، در زمینه طراحی کتب درسی و برنامه های درسی که به طور مؤثری ارتباط میان ریاضیات و فیزیک را تقویت می کنند.

## منابع

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

سازمان پژوهش و برنامه ریزی 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?
- Vinitzky-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.

---

Quarterly Journal of Educational Psychology Skills  
Islamic Azad University Tonekabon Branch  
Vol. 15, No. 4, winter 2025, No 60



Journal of Educational  
Psychology

---

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

Reza Toughmalani<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

---