استفاده از بازی‌های علمی در بهبود یادگیری مفاهیم مکانیک برای دانش‌آموزان متوسطه

سیامک خادمی[۱]، نوشین نوری[۲]، علی فرنودی[۳] و هاجر حیدری[۴]

چکیده: پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که درک قوانین نیوتن و استفاده از آنها در مسائل واقعی زندگی روزمره برای بسیاری از دانش‌آموزان چندان ساده نیست. یکی از موضوع‌های زیبا و جذاب که اکثر دانش‌آموزان به آن علاقه نشان می‌دهند، فیزیک پرواز است. در این مقاله، از فیزیک پرواز برای توجیه حرکات مختلف موشک‌های کاغذی استفاده شده است و از این مثال برای آموزش مفاهیم و کاربردهای قوانین نیوتن و حرکت روی مسیر دایره‌ای سود برده‌ایم. در این پژوهش۵۰ نفردانش آموز دختر و پسر، درسه کارگاه آموزشی، با طراحی و ساخت انواع موشک‌ها، که نوع حرکت ویژه‌ای را بر اساس اصول و قوانین مکانیک دارند، درگیر شدند. مقایسه نتایج ارزیابی پس آزمون این گروه با پیش آزمون آنها، نشان داد که این کارگاه بر یادگیری قوانین نیوتن و کاربردهای آن تأثیر مثبتی داشته است و در ارزیابی، پاسخ‌های صحیح بیشتری بوده‌اند. در ضمن نگرش بهتری نسبت به فیزیک و کاربرد آن پیدا کرده بودند.

کلمات کلیدی: قوانین نیوتن، فیزیک پرواز، موشک‌های کاغذی، ارزیابی

۱ - مقدمه

تجربه تدریس در دبیرستان توسط دبیران و سایر بررسی‌های انجام شده در آموزش علوم نشان می‌دهند بسیاری از دانش‌آموزان در درک و به کار بستن قوانین نیوتن مشکلات بسیاری دارند [۱-۵]. با توجه به موقعیت یکتای مکانیک در درک سایر مفاهیم دانش فیزیک، این موضوع اهمیت خاصی برای پژوهشگران آموزش علوم یافته است. عوامل مؤثر بر یادگیری مکانیک توسط دانش‌آموزان، تاثیر حل مسائل سنتی فیزیک در یادگیری، میزان تأثیر حل مسأله در درک مفهومی فیزیک، تأثیر پیش‌فرض‌ها و اعتقادات ارسطویی در یادگیری مکانیک و غیره، از موارد مهمی است که مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱-۴]. در پرسش‌نامه معتبر اف.سی.آی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در قوانین نیوتن را آشکار کرد و مقالات بعدی بر اهمیت توجه به مشکلات دانش‌آموزان در این مبحث کلیدی صحه گذاشت [۵]. مثال‌های فراوانی از مشکلات دانش‌آموزان در یادگیری را می‌توان در مقاله‌های متعدد یافت [۶-۹].

تحقیقات نشان می‌دهند اغلب شاگردان، هم پیش از آموزش و هم پس از آموزش سنتی، دیدگاه ارسطویی خود را حفظ کرده و در مواجهه با سؤال‌ها، تفکر نیوتنی ندارند [۶ و ۸]. آنها اغلب با درک قانون اول مشکل دارند و در واقع نیرو اغلب مفهومی بدیهی انگاشته می‌شود. این تفکر باعث برداشت‌های نادرست شاگردان از این مفهوم می‌گردد. بر اساس پژوهش‌های انجام شده توسط ابوهالون و هستنس بیشتر شاگردان به وجود نیرویی در جهت حرکت اعتقاد دارند که این باور بسیار شبیه ایده و نظریه‌های ارسطو است [۷]. هستنس و همکاران در تحقیق دیگری ضمن تأکید دوباره بر این اشتباه شاگردان، به مورد دیگری نیز اشاره می‌کنند [۵]. در فهرستی که توسط آنها تهیه شده عبارت است: «در صورت نبودن هیچ نیرویی، حرکتی هم صورت نمی‌گیرد» جزء کج‌فهمی‌های شاگردان عنوان شده است. هستنس و همکارانش در پروژه‌ی مذکور به این نتیجه رسیدند که بعضی شاگردان معتقدند که «سرعت جسم

تاریخ دریافت مقاله ۸۹/۰۵/۱۷ ، تاریخ تصویب نهایی ۸۹/۰۷/۰۵

[۱] **استادیار**، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زنجان، (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: khademi@znu.ac.ir

[۲] **کارشناس ارشد آموزش فیزیک**، آموزش و پرورش زنجان

[۳] **دانشجوی کارشناسی فیزیک**، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

[۴] **کارشناس ارشد فیزیک**، آموزش و پرورش زنجان

متناسب با نیروی اعمال شده به جسم است»[۵]. رزاقی نیز در تحقیق خود به این طرح‌واره شاگردان، که مطابق با دیدگاه ارسطویی است، اشاره می‌کند. وی می‌گوید: شاگردان بین نیرویی که در جهت حرکت تصور می‌کنند و سرعت، رابطه برقرار می‌نمایند [۸]. طبق یافته‌های هستنس[۱] شاگردان بر این باورند که شتاب، هنگامی ظاهر می‌شود که در حرکت جسم، سرعت تغییر کند. هستنس و همکارانش نیز در فهرست خود کج‌فهمی‌های شاگردان در رابطه با جهت حرکت و ارتباط آن با نیرو به مواردی چون «بزرگترین نیرو جهت حرکت را تعیین می‌کند» [۵]. و «آخرین نیرو تعیین کننده حرکت است.» اشاره می‌کنند [۵].

قانون سوم نیز اغلب خوب یادگرفته نشده است و شاگردان در این قانون نیز برداشت‌های نادرست و طرح‌واره‌های غلط دارند. هستنس و همکاران در فهرست خود در رابطه با مفهوم نیرو به مواردی مانند «وزن بیشتر، نیروی بیشتری می‌طلبد». و «عوامل سریعتر، نیروی بیشتری تولید می‌کنند.» اشاره می‌نمایند و معتقدند که شاگردان کنش و واکنش را «مبارزه‌ای بین نیروهای مختلف» قلمداد می‌کنند. شاگردان با این دیدگاه، قانون سوم را بدون منطق می‌دانند و اصول دیگری که با شهودشان تطابق بیشتری دارد را انتخاب می‌نمایند. آنها معتقدند «نیرومندی بیشتر» که آن را می‌توان سرعت یا وزن بیشتر دانست، نیروی بزرگتری اعمال می‌کند. مورد دیگری که در رابطه با کج‌فهمی شاگردان بر اثر تجربه مشخص شده است، وارد شدن نیروهای کنش و واکنش بر یک جسم است. در واقع اگر شاگردان این دو نیرو را برابر هم بدانند، اثرشان را بر یک جسم دانسته و برآیندشان را صفر می‌دانند [۹].

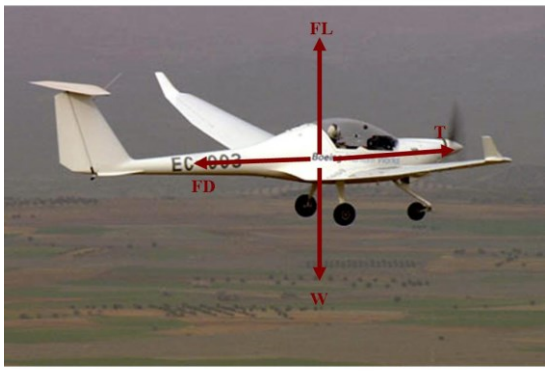
کلمنت[۲] به این نکته اشاره کرده که شیوه‌های آموزشی که به توضیحات بسنده می‌کنند، در آموزش مکانیک موفق نیستند. نتایج این تحقیق نیز بیانگر این امر است که روش سنتی که بر توضیحات و گفتار بنا شده است در یادگیری شاگردان نسبت به یک روش فعال مؤثر عمل نکرده است. باورهای اشتباه شاگردان باید طی روشی فعال جایگزین شوند [۶]. سرنتون[۳] و ساکالف[۴] در مقاله‌ی خود اشاره کرده‌اند که تعداد کمی از شاگردان با دیدگاه نیوتنی وارد کلاس می‌شوند. بررسی داده‌های پیش‌آزمون در این تحقیق نیز به این نتیجه منتهی شده است. در هر دو گروه گواه و آزمایش شاگردان طبق باورهای خود به سؤالات پاسخ داده بودند. یافته‌های این تحقیق مانند تحقیق سرنتون و ساکالف نشان می‌دهند که آموزش سنتی بر یادگیری شاگردان در زمینه‌ی مفاهیم دینامیک تأثیر چندانی ندارد؛ ولی در یک روش فعال، یادگیری بهتر است [۱۰]. رزاقی در تحقیق خود بعد از اشاره به طرح‌واره‌های نادرست شاگردان بیان داشته است که طرح‌واره‌ها پس از آموزش‌های متداول بر قوت خود باقی هستند. بررسی داده‌های گروه گواه در این تحقیق هم به این نتیجه منجر شده است [۸]. همچنین نتایج این پژوهش همان‌طور که رزاقی اشاره داشته است، نشان می‌دهد که شاگردان در ایجاد ارتباط بین فیزیک و دنیای واقعی مشکل دارند. آیت‌اللهی در پایان نامه خود دینامیک را به صورت تصویری آموزش داد و در مقایسه با روش معمول به کارآمدتر بودن این روش تأکید کرد [۹]. رجوع به پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد، رویکردهای سنتی باید جای خود را به رویکردهای نوینی از قبیل قرار گرفتن فرا گیران در موقعیت یادگیری معنادار بدهد [۱۵-۱۱]. قرار دادن فراگیران در موقعیت‌هایی که برای آنها جذاب و غیر مترقبه باشد، سبب می‌شود، طرح‌واره‌های غلط آنها به بهترین نحو جایگزین شود [۱۶]. آموزش فیزیک با استفاده از بازی با موشک‌های کاغذی، یکی از روش‌هایی است که علاوه بر تأثیر مستقیمی که بین مفاهیم اساسی مکانیک در فیزیک پرواز و باورهای دانش‌آموزان ایجاد می‌کند، اجازه می‌دهد از انجام کار علمی لذت نیز ببرند. دانش‌آموز علاقه‌مند به جستجوی مدل‌های جدید موشک کاغذی با حرکت‌های جدید، ضمن فراگیری بعضی از مفاهیم فیزیکی، با انرژی و انگیزه بیشتری به یادگیری می‌پردازند و همچنین به کاربردهای اصول مکانیک در پرواز موشک‌های کاغذی آشنا می‌شوند. در این تحقیق با برگزاری کارگاه فیزیک پرواز، سه گروه از دانش‌آموزان دختر و پسر استان زنجان مورد بررسی قرار گرفتند و با انجام آزمونی در قبل و پس از برگزاری کارگاه، میزان تأثیر این روش در بهبود یادگیری آنان بررسی شد.

در بخش دوم مقدمه‌ای در مورد فیزیک پرواز و تعادل حرکت برای هواپیما و موشک‌های کاغذی مطابق آنچه در کارگاه برای دانش‌آموزان به صورت عملی ارائه شد آمده

است. بخش سوم به روش تهیه آزمون و بخش چهار به بررسی نتایج آن پرداخته است. بخش آخر نیز به نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲- فیزیک پرواز

در حالت کلی نیروهای متعددی نظیر نیروی پیشران T، نیروی بالابر FL، نیروی پسا FD و نیروی وزن W در حرکت هر جسم پرنده‌ای، مانند هواپیما، در هوا وارد عمل می‌شوند. شکل ۱ نیروهایی را که بر یک هواپیما وارد می‌شود، نشان داده است. علاوه بر نیروی وزن که از جاذبه زمین ناشی می‌شود، نیروی پسا ناشی از مقاومت هوا، نیروی بالابر ناشی از نیروی وارده از جریان هوا به بال‌های هواپیما و نیروی پیشران توسط موتور هواپیما به وجود می‌آیند. نیروی پسا و نیروی پیشران عامل کنترل حرکت افقی بوده و برای حرکت با سرعت ثابت و مستقیم، طبق قانون اول نیوتن، باید این دو نیرو با هم مساوی باشند.



شکل ۱ نیروهای وارد بر یک هواپیما. نیروهای پیشران، بالابر، پسا و وزن به‌ترتیب با T، FL، FD و W نشان داده شده‌اند.

در شکل ۱ نیروهای وارد بر یک هواپیما نشان داده شده‌اند. نیروی بالابر در اثر نیرویی که به سبب حرکت جسم در هوا به بال‌ها وارد می‌شود، ایجاد می‌گردد. این نیرو با انتخاب مناسب شکل آیرودینامیکی سطح مقطع بال و زاویه حمله بال (شیب بال) به وجود می‌آید. در حرکت هواپیما در ارتفاعی ثابت، نیروی بالابر نیز مساوی نیروی وزن است [۷]. پرواز یک موشک کاغذی شباهت‌هایی با پرواز هواپیما دارد.

موشک‌های کاغذی نیروی پیشران ندارند؛ بنابراین نیروی پسا، که ناشی از مقاومت هواست، در آن موجب حرکتی کند شونده می‌شود؛ زیرا نیروی پسا همیشه در خلاف جهت حرکت موشک است. در حالت کلی نیروی پسا تابع سرعت موشک می‌باشد. این نیرو متناسب با سطح مقطع موشک و چگالی هوا است. البته در نگاهی دقیق‌تر به موضوع، چگالی هوا تابعی از فشار هوا و دما و ارتفاع است؛ اما برای موشک کاغذی این کمیات با تقریب خوبی ثابت فرض می‌شوند. همچنین شکل ظاهری موشک نیز در این مقاومت تأثیر دارد.

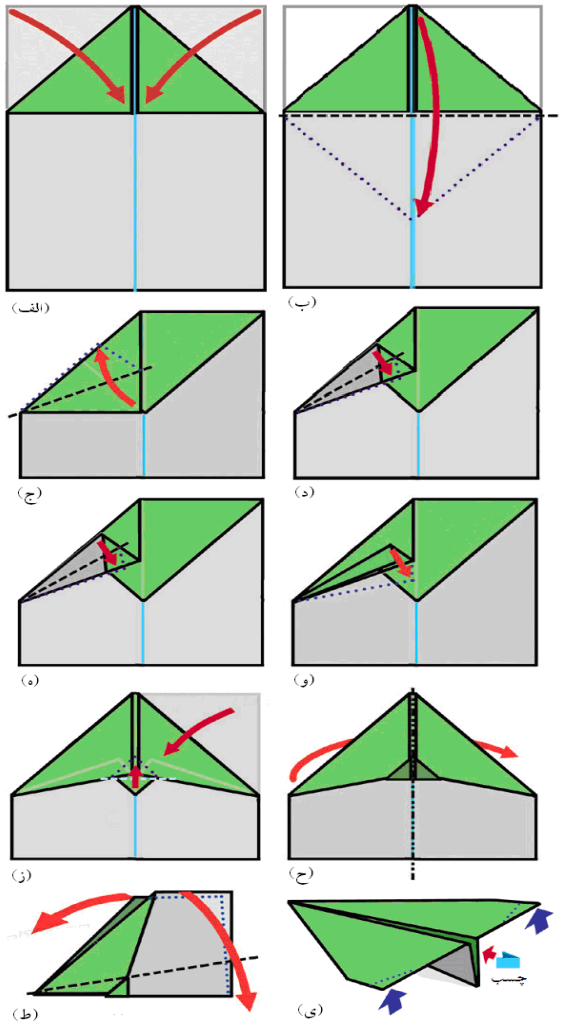
نیروی بالابر نیز نیرویی تابع سرعت است، در این‌صورت، مشابه نیروی پسا، نیروی بالابر را نیز می‌توان متناسب با توان اول سرعت در نظر گرفت [۷]. پس با کاهش سرعت موشک نیروی بالابر نیز کاهش یافته و وقتی مقدار آن از وزن موشک کمتر شود؛ موشک بتدریج ارتفاع خود را کم می‌کند. ارتباط بین نوع حرکت‌های افقی و عمودی موشک با نیروهای وارد شده به آن، با استفاده از قوانین اول و دوم نیوتن قابل بررسی است. دانش‌آموزان به‌صورت نظری و عملی از این قوانین استفاده کرده و انواع و اقسام موشک‌های مختلف را ساخته و حرکت آنها را در عمل با هم مقایسه کردند.

۳- روش پژوهش

روش تهیه آزمون: برای تهیه آزمون از منابعی مانند اف. سی. آی و پرسش‌نامه سنجش‌های پایان نامه‌های دانشجویی دیگرکمک گرفته شد که در کنار چند پرسش محقق ساخته، در کل پانزده پرسش آزمون را تشکیل دادند. روایی پرسش‌ها توسط ۱۰ دبیر فیزیک که متخصص آموزش نیز بودند مورد تأیید قرار گرفت. علاوه بر پرسش‌هایی که دقیقاً آنچه را در کارگاه رخ می‌داد می‌سنجید، چند پرسش نیز منظرهای دیگر قوانین نیوتن را در آزمون قرار داد. هدف از این کار یافتن پاسخ این پرسش بود که: «آیا درک بهتر قوانین، عمیق و مفهومی است یا فقط در همان سطح کارگاه پاسخ‌گو است؟»

روش اجرا: در این پژوهش سه گروه دانش‌آموز پیش دانشگاهی در سه مدرسه مختلف استان زنجان به صورت تصادفی هدف‌دار انتخاب شدند. دو گروه از این دانش‌آموزان دختر و یک گروه پسر بودند. افراد هر گروه به دو قسمت تقسیم شدند و از آنها دو گروه جدید تشکیل داده شد؛ که در هر گروه جدید شامل نیمی از هر یک از گروه‌های قبلی بود. این تقسیم‌بندی بر اساس نمرات فیزیک آنها انجام شد تا دو گروه همگن باشند. از یک گروه پیش‌آزمون گرفته شد. سؤالات پیش‌آزمون و آزمون نهایی یکسان بود. هدف از پیش‌آزمون فراهم شدن امکان مقایسه پاسخ‌های قبل و بعد از اجرای کارگاه بود. دلیل این که فقط از یک گروه مورد آزمون قرار گرفت، مقایسه پاسخ نهایی دو گروه بود، تا مطمئن شویم مشاهده سؤالات کمکی به بهبود پاسخ‌ها نداشته و تغییرات تنها ناشی از اثر اجرای کارگاه است. هر دو گروه وارد کارگاه فیزیک پرواز شدند. در این کارگاه ابتدا برای علاقه‌مند کردن آنها تاریخچه کوتاهی از ساخت موشک‌های کاغذی گفته شد. سپس به همه دانش‌آموزان با استفاده از کاغذ و خط‌کش، نحوه ساخت یک موشک کاغذی آموزش داده شد. در حین آموزش بر اهمیت ایجاد تقارن در ساخت موشک کاغذی برای حفظ تعادل آن تأکید گردید. سپس دانش‌آموزان با استفاده از تصاویر نمایش داده شده نیروهای وارد بر یک موشک کاغذی را مشاهده کردند. در طی توضیحات ارائه شده در کارگاه، بدون آن که به طور مستقیم به آنها اشاره شود که در حال آموزش دیدن قوانین نیوتن هستند، قوانین اول و دوم نیوتن توسط معلم تشریح شد. دانش‌آموزان با موشک‌های دست ساز خود شروع به بازی کردند. آنها در این میان متوجه می‌شدند که با به هم ریختن تعادل نیروها (با تغییری که در بال‌ها و سایر قسمت‌های موشک کاغذی می‌دادند)، موشک آنها به سمتی که بر آیند نیروها به آن سو است حرکت می‌کند. آنها نیروهای اصلی درگیر در پرواز موشک را درک می‌کردند.

تمامی اصول شرح داده شده در بخش ۲ به روش‌های مختلف در ساخت موشک کاغذی و هنگام بازی به دانش‌آموزان، آموزش داده شد. آنها متوجه شدند که اگر مایلند موشکشان در جهت خاصی حرکت نماید، چه باید بکنند. حتی گه‌گاه ایده‌های جالبی برای ایجاد حرکت‌های خاص در موشک کاغذی دست ساز خود ارائه می‌دادند. آنها با هم مسابقه پرتاب موشک داده و برای برنده شدن در آن کاملاً علمی فکر و عمل می‌کردند. در مرحله‌ای دیگر برای این که موشکشان در مسیر دایره‌ای حرکت کند، به طور عملی با اصول حرکت در مسیر دایره‌ای آشنا شدند. بعد از کارگاه هر دو گروه با همان پرسش‌های پیش آزمون، مواجه شدند و به آنها پاسخ گفتند.



شکل ۲ مراحل تا زدن و ساختن یک نوع موشک کاغذی طی مراحل «الف» تا «ی»، نشان داده شده است. مرحله «ج» تا «ز»، موجب می‌شود که مرکز جرم به نوک موشک نزدیکتر شود.

۴– نتایج و بحث

روش تجزیه و تحلیل نتایج در این پژوهش به صورت کیفی انتخاب شد. بررسی پرسش‌های پیش‌آزمون، بخشی از

طرح‌واره‌های اشتباه دانش‌آموزان در قوانین نیوتن را مشخص کرد. اشتباهاتی نظیر حرکت بر وجود نیرو دلالت دارد، بزرگترین نیرو جهت حرکت را تعیین می‌کند، آخرین نیرو تعیین کننده حرکت است، وزن بیشتر، نیروی بیشتری می‌طلبد و...، که تأییدی بر تحقیقات قبلی بود. اما مقایسه نتایج پس‌آزمون گروهی که مورد پیش آزمون قرار گرفته جدول ۱ نتایج پیش‌آزمون برای ۲۰ نفر و پس‌آزمون برای ۵۰ نفر (برحسب درصد)، پاسخ‌های صحیح پررنگ نشان داده شده است.

پرسش		درصد					بهبود٪
		الف	ب	ج	د	ه	
۱	پیش-آزمون	۳۵	۵۰	۵	۵	۵	۱۷
	پس-آزمون	۵۲	۲۴	۱۲	۱۰	۲	
۲	پیش-آزمون	۶۵	۱۰	۱۰	۱۰	۵	۵
	پس-آزمون	۷۰	۱۲	۱۰	۶	۲	
۳	پیش-آزمون	۱۰	۲۵	۳۰	۲۵	۱۰	۱۶
	پس-آزمون	۱۶	۲۲	۴۶	۱۲	۴	
۴	پیش-آزمون	۴۵	۲۰	۳۰	۵	۰	۱۴
	پس-آزمون	۳۲	۲۲	۴۴	۲	۰	
۵	پیش-آزمون	۳۵	۴۰	۱۵	۵	۵	۴
	پس-آزمون	۳۲	۴۴	۱۶	۶	۲	
۶	پیش-آزمون	۴۵	۱۰	۱۵	۲۵	۵	۷
	پس-آزمون	۵۲	۸	۲۲	۱۸	۰	
۷	پیش-آزمون	۲۵	۲۰	۳۰	۲۰	۵	۲
	پس-آزمون	۲۶	۲۴	۳۲	۴	۱۴	
۸	پیش-آزمون	۵	۴۰	۵	۳۵	۱۵	۲۷
	پس-آزمون	۱۸	۱۴	۴	۶۲	۲	
۹	پیش-آزمون	۵۵	۱۵	۱۰	۵	۱۵	۲۱
	پس-آزمون	۳۰	۱۶	۱۰	۸	۳۶	
۱۰	پیش-آزمون	۱۵	۲۰	۵	۴۵	۱۵	۳۱
	پس-آزمون	۴	۱۰	۸	۷۶	۲	
۱۱	پیش-آزمون	۳۵	۴۵	۱۰	۱۰	۰	۱۳
	پس-آزمون	۴۸	۴۰	۱۰	۲	۰	

بودند، نشان داد، میزان پاسخ‌های درست دانش‌آموزان به پرسش‌هایی که در طول کارگاه به طور غیر مستقیم به آنها پاسخ داده شده بود به نحو چشم‌گیری افزایش یافته بود.

در ضمن پاسخ‌ها به چند پرسشی که هیچ اشاره‌ای به آنها نشده بود نیز بهتر شده بود. مقایسه نتایج گروهی که بدون پیش آزمون مورد تحقیق نهایی قرار گرفته بود نیز این نتیجه را تأیید می‌کرد و نشان می‌داد که مشاهده مجدد پرسش‌ها موجب پاسخ دهی بهتر نشده بلکه تأثیر کارگاه و بازی، دانش‌آموزان را به پاسخ دهی بهتر سوق داده است.

آزمون نگرش سنج که از یک گروه از دانش‌آموزان گرفته شد، نشان داد که آنها نگرش بهتری نسبت به فیزیک پیدا کرده‌اند و در مقایسه با گروهی که در کارگاه شرکت نکرده بودند، فیزیک را کاربردی‌تر و آموزش آن را ضروری‌تر می‌دانستند. پرسش‌نامه مربوطه در ضمیمه مقاله موجود است و پاسخ‌های دانش‌آموزان به لحاظ آماری، در جدول شماره ۱ آورده شده است. این جدول امکان مقایسه نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون را فراهم می‌کند. علاوه بر مقایسه آماری که نشان دهنده رشد تعداد پاسخ‌های درست و در

نتیجه کارآمدی کارگاه است، سعی شده که با بررسی دقیق پاسخ‌های دانش‌آموزان، اشتباهات آنها و دلیل وقوع اشتباهات مورد تحلیل قرار گیرد.

بررسی نتایج پیش آزمون به موارد زیر اشاره داشت:

«نیرویی در جهت حرکت وجود دارد»، طرحواره‌ای است که در ذهن دانش‌آموزان شکل گرفته است: یعنی آنها همیشه در کنار کلمه حرکت، نیرو را قرار می‌دهند و تصور می‌کنند، در صورت نبودن هیچ نیرویی، حرکتی هم صورت نمی‌گیرد. هر حرکتی را معلول یک نیرو می‌دانند، حتی اگر آن نیرو فرضی و زاییده ذهن آنها باشد.

آنها معمولاً اصطکاک را به عنوان نیرو نمی‌شناسند، ادامه حرکت را نیازمند حضور نیرویی مداوم در جهت حرکت می‌دانند.

دانش‌آموزان اغلب بر این عقیده‌اند که یک نیرو جسم را حرکت نمی‌دهد، مگر این که به نیروی درونی جسم غلبه کند. آنان این نیروی درونی را متمایز از وزن جسم نمی‌دانند.

دانش‌آموزان بر این باورند که یک نیروی ثابت، سرعتی ثابت به جسم می‌دهد و برای بیشتر شدن سرعت، باید نیرو زیاد شود. برخلاف دیدگاه نیوتنی که در آن نیرو با شتاب متناسب است، از گفته‌های دانش‌آموزان می‌توان دریافت که آنها نیرو را با سرعت متناسب می‌دانند.

گرچه دانش‌آموزان با این نظریه موافقند که نیروی برآیند در جهت شتاب است؛ اما در ابتدا با دیدگاه شهودی خود، که به نیروی در جهت حرکت باز می‌گردد، اغلب آنها تصور می‌کنند که بزرگ‌ترین نیرو، جهت حرکت را تعیین می‌کند.

بسیاری از دانش‌آموزان تصور می‌کنند که وزن بیشتر، نیروی بیشتری می‌طلبد و عوامل سریعتر، نیروی بیشتری تولید می‌کنند.

بررسی نتایج پس آزمون نیز به موارد زیر اشاره داشت:

همان‌طور که پرسش‌های ۱و۲ نشان می‌دهند، قبل از کارگاه طرح واره غلط «جسم بزرگ‌تر نیروی بیشتری وارد می کند» و درنظر گرفتن نیروی خارجی، باعث انتخاب گزینه‌های اشتباه شده است. با این که به این سؤال مستقیم در کارگاه اشاره نشده بود، پاسخ درست در پس آزمون افزایش داشت.

اشتباه در پرسش ۳ ناشی از ناتوانی در درک صحیح قانون دوم نیوتن بود، که باز هم در پس آزمون ۱۶٪ بهتر شد.

پرسش ۴ را به دلیل تصور لزوم نیرو برای ادامه حرکت، به اشتباه انتخاب کردند. در پس آزمون رشد ۱۴٪ را نشان می‌دهد.

اشتباه در پرسش ۵ ناشی از عدم توجه به نبودن اصطکاک و ادامه مسیر در راستای مماس بر مسیر است. در این مورد تغییر مثبت اندکی ایجاد شده است.

مشکل پرسش ۶ ناشی از این تصور است که نیروهای عمل و عکس العمل بر یک جسم وارد می‌شوند. با توجه به قانون دوم نیوتن m افزایش یافته؛ پس باید نیرو نیز افزایش یابد. تغییر مثبت ۷ درصدی ایجاد شده است، که با توجه به این که در کارگاه مستقیماً به این موضوع اشاره نشده بود، قابل توجه است.

پاسخ ها در پرسش ۷ پیشرفت خاصی نداشتند.

از بین پرسش‌هایی که مستقیماً در کارگاه مطرح شدند، نحوه پاسخ‌دهی پرسش ۸ به این صورت است که: طبق جدول در پیش آزمون ۱ نفر گزینه اول، ۸ نفر گزینه ب، ۱ نفر گزینه ج، ۷ نفر گزینه د و ۳ مورد گزینه را انتخاب کرده‌اند. از بررسی جواب‌ها مشخص است که علی‌رغم این که اغلب دانش‌آموزان قانون اول نیوتن را می‌دانند؛ اما به سبب دیدگاه ارسطویی و پیش‌فرض‌های اولیه خود هنگام مواجهه با یک مسأله به راحتی طرح واره نادرست را فعال می‌کنند و سعی دارند پاسخی را انتخاب کنند که مؤید نیرویی در جهت حرکت، و از نظر آنها منطقی، است. بعد از کارگاه، بین ۵۰ نفر که مورد آزمون قرار گرفتند، ۳۱ نفر (۶۲٪) پاسخ درست را انتخاب کردند که ۲۷٪ بهبود را نشان می‌دهد.

پرسش ۹ نشان می‌دهد، دانش‌آموزان همیشه نیرو را عامل حرکت و ادامه آن می‌دانند. افزایش ۲۱ درصدی پاسخ‌های درست نشان از تأثیر کارگاه در افزایش درک دانش‌آموزان دارد.

پرسش۱۰ طبق جدول با ۳۱ درصد افزایش پاسخ‌های صحیح، بالاترین بهبود در پاسخ‌ها را داشت. از آنجا که نیروهای وارد به موشک هم با شکل و هم در توضیحات مورد توجه قرار گرفتند، این نتیجه قابل پیش بینی بود.

در پرسش ۱۱، چون موشک همچنان جلو می‌رفت اغلب فکر می‌کردند، نیروی پیش‌ران همچنان قوی‌تر است. رشد۱۳ درصدی پاسخ‌های درست نشان می‌داد که تعداد قابل توجهی از دانش‌آموزان پس از کارگاه طبق انتظار متوجه اشتباه خود شدند.

در مجموع بررسی پس آزمون نشان داد، دانش‌آموزان بعد از آگاهی از فیزیک پرواز موشک‌های کاغذی در قالب بازی، به پرسش‌هایی که نیاز به تحلیل نیروها داشت بهتر از قبل پاسخ دادند. در مورد مشکلات دیگر اشاره شده هم انتخاب جواب‌های نیوتنی بیشتر شد. البته باید اذعان داشت عقاید ارسطویی انسان‌ها نیز بسیار پایدار است و تغییر آن‌ها نیازمند استفاده از روش‌ها و ابزارهای گوناگونی است. یکی از این روش‌ها، استفاده از بازی‌های علمی است که می‌تواند به نحو شایسته‌ای در یادگیری مؤثر دانش‌آموزان مورد استفاده قرار گیرد.

۵- نتیجه گیری

یادگیری قوانین نیوتن، همواره با چالش‌هایی برای دانش‌آموزان همراه است. پرسش‌های پیش‌آزمون و تحلیل دقیق آنها کج فهمی‌های زیادی را در فهم این قوانین و در تأیید تحقیقات قبلی، نشان داد. کارگاه فیزیک پرواز موشک‌های کاغذی توانست با قرار دادن دانش‌آموزان در موقعیت واقعی و در عین حال جذاب و درگیر کردن آنها با قوانین نیوتن، میزان یادگیری دانش‌آموزان از این قوانین را افزایش دهد. نتایج این تحقیق نیز بیانگر این امر است که روش سنتی که تنها بر توضیح و گفتار بنا شده باشد در یادگیری شاگردان نسبت به یک روش فعال مؤثر عمل نکرده است. باورهای اشتباه شاگردان باید طی روشی فعال جایگزین شوند.

دانش‌آموزان در پاسخ به پرسش‌های پس آزمون به طور قابل توجهی پاسخ بهتری ارائه دادند. حتی در مورد پرسش‌هایی که در کارگاه به آنها اشاره نشده بود، به دلیل بینش بهتری که پیدا کرده بودند، بهتر پاسخ دادند. بنابراین با تأیید وجود طرحواره های ناقص از دینامیک در ذهن دانش‌آموزان پس از آموزش معمول، استفاده از بازی‌های جذاب علمی برای افزایش درک دانش‌آموزان، مناسب و کمک کننده بود.

پی نوشت

[1] Hestenes
[2] Clement
[3] Thornton
[4] Sokoloff

مراجع

[1] Champagne A. B., Klopfer L. E. and Anderson J., *Factors Influencing the Learning of Classical Mechanics,* Am. J. Phys., Vol. 48, No.12, **1980**, pp. 1074-1079.

[2] Eunsoot K. and Sung Joe p., *Students do not Overcome Conceptual Difficulties after Solving 1000 Traditional Problems*, Am.J. Phys., Vol. 70, No. 1**, 2002**, pp.759-765.

[3] Bowden J., Dall Alba G., Martin E., Laurillard D., Martin F., Master G., Ramsdend P., Stephanou P. and Walsh f., *Displacement, Velocity, and Frames of Reference Phenomenographic Studies of Student's Understanding and some Implications for Teaching and Assessment*, Am.J. Phys., Vol. 60, No. 3, **1992**, pp. 262-269.

[4] Thornton R. and Sokoloff D.R., *Learning Motion Concepts Using Real-Time Microcomputer-Based Laboratory Tools.* Am. J. Phys. Vol. 58, No.9, **1990**, pp. 858-867.

[5] Halloun I. A. and Hestenes D., *Common sense Concepts about Motion,* Am. J. Phys., Vol. 53, **1985**, pp. 1056-106.

[6] Clement J., *Student Preconceptions in Introductory Mechanics,* Am. J. Phys., Vol. 50, No.1, **1982**.

[7] Halloun I. A. and Hestenes D., *The Initial Knowledge State of College Physics Students,* Am. J. Phys., Vol.53, **1985**, pp.1043-1056.

[۸] رزاقی‌زنوز نادیا، *شناسایی طرح واره‌های ذهنی دانش‌آموزان دوم دبیرستان در مکانیک نیوتنی*، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه فیزیک دانشکده علوم، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، **۱۳۸۷**.

[۹] آیت‌اللهی محبوبه، بررسی اثربخشی آموزش مفاهیم انتزاعی دینامیک با به کارگیری تصویر بر یادگیری معنی‌دار شاگردان و ماندگاری آن و مقایسه آن با آموزش سنتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، **۱۳۸۸**.

[10] Thornton R. K. and Sokoloff D.R., *Assessing Student Learning of Newton's laws: The Force*

and Motion Conceptual Evaluation, Am.J. Phys., Vol. 66, No. 4, **1990**, pp. 228-351.
[11] Oliver Linton J., *The Physics of Flight: I. Fixed and Rotating Wings,* Physics Education, Vol. 42, No. 4, **2007**, pp. 351-357.
[۱۲] لاکروکس رال‌ران، *مقایسه بین دیدگاه‌های رفتارگرایی و ساخت و سازگرایی*، **۱۹۹۱**، ترجمه زهرا گویا، مجله رشد آموزش ریاضی، شماره ۷۶، دفتر انتشارات کتب آموزشی، **۱۳۸۸**.
[۱۳] لانگر الن ج، *یادگیری هوشیار نقدی بر نظام‌های آموزشی معاصر*، ترجمه عباس مخبر، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، **۱۳۷۷**.
[14] Mc Dermott L. C., Milikan Lecture 1990: What We Teach and What is Learned-Closing the Gap, Am. J. Phys., Vol. 59, No.4, **1991**, pp. 301-315.
[15] Redish E.F., *Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics,* Am.J. Phys., Vol. 62, **1994**, pp. 796-803.
[16] Redish E. F., *Teaching Physics with the Physics Suite*, USA: John wiley, **2003**.

پیوست ۱– پرسش‌نامه آزمون

شکل زیر را برای جواب دادن به دو سؤال بعد استفاده نمایید.

پرسش ۱- یک کامیون بزرگ خراب شده است و یک ماشین سواری کوچک همان‌طور که در شکل نشان داده شده، از عقب کامیون را هل می‌دهد.

در حالی‌که ماشین، کامیون را هل می‌دهد و سرعت آنها در حال افزایش است:

الف) اندازه نیرویی که ماشین رو به جلو به کامیون وارد می‌کند با نیرویی که کامیون رو به عقب به ماشین وارد می‌کند، برابر است.

ب) اندازه نیرویی که ماشین رو به جلو به کامیون وارد می‌کند، از نیرویی که کامیون رو به عقب به ماشین وارد می‌کند، کوچک‌تر است.

ج) اندازه نیرویی که ماشین رو به جلو به کامیون وارد می‌کند از نیرویی که کامیون رو به عقب به ماشین وارد می‌کند، بزرگ‌تر است.

د) موتور اتومبیل روشن است، بنابراین به کامیون نیرو وارد می‌کند؛ ولی موتور کامیون خاموش است و نمی‌تواند به ماشین نیرو وارد کند.

ه) هیچیک از این دو بر هم نیرو وارد نمی‌کنند. کامیون به سادگی رو به جلو هل داده می‌شود؛ چون در مسیر ماشین است.

پرسش ۲- بعد از این که ماشین به سرعت مناسب ثابت رسید، اگر راننده ماشین سرعت هل دادن کامیون را ثابت نگاه دارد:

الف) اندازه نیرویی که ماشین رو به جلو به کامیون وارد می‌کند با نیرویی که کامیون رو به عقب به ماشین وارد می‌کند، برابر است.

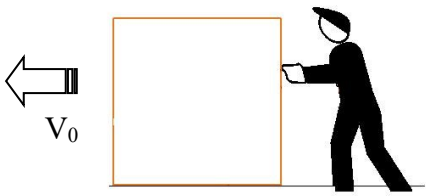
ب) اندازه نیرویی که ماشین رو به جلو به کامیون وارد می‌کند از نیرویی که کامیون رو به عقب به ماشین وارد می‌کند، کوچک‌تر است.

ج) اندازه نیرویی که ماشین رو به جلو به کامیون وارد می‌کند از نیرویی که کامیون رو به عقب به ماشین وارد می‌کند، بزرگ‌تر است.

د) موتور اتومبیل روشن است؛ بنابراین به کامیون نیرو وارد می‌کند؛ ولی موتور کامیون خاموش است و نمی‌تواند به ماشین نیرو وارد کند. کامیون به سادگی رو به جلو هل داده می‌شود؛ چون در مسیر ماشین است.

ه) هیچ یک از این دو بر هم نیرو وارد نمی‌کنند. کامیون به سادگی رو به جلو هل داده می‌شود. چون در مسیر ماشین است.

پرسش ۳- شخصی نیرویی افقی ثابت به یک جعبه بزرگ وارد می‌کند.



در نتیجه جعبه روی یک سطح هموار با سرعت ثابت v_0 حرکت می‌کند. نیروی افقی اعمال شده به وسیله شخص:

الف) با وزن جعبه برابر است.

ب) بزرگ‌تر از وزن جعبه است.

ج) با اندازه نیروی افقی که در برابر حرکت جعبه مقاومت می‌کند، برابر است.

د) بزرگ‌تر از اندازه نیروی افقی مقاومت‌کننده در برابر حرکت جعبه است.

ه) از اندازه هر یک از دو نیروی وزن جعبه یا نیروی افقی مقاومت‌کننده در برابر حرکت جعبه، بزرگتر است.

پرسش ۴- اگر شخص در سؤال ۳، ناگهان هل دادن جعبه را متوقف کند، جعبه؛

الف) فوراً خواهد ایستاد.

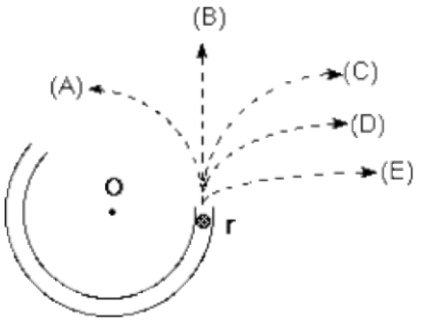
ب) حرکتش را با سرعتی ثابت برای مدتی ادامه خواهد داد و سپس کند خواهد شد تا بایستد.

ج) فوراً حرکتش شروع به کند شدن می‌کند تا سرانجام بایستد.

د) حرکتش را با سرعت ثابت ادامه خواهد داد.

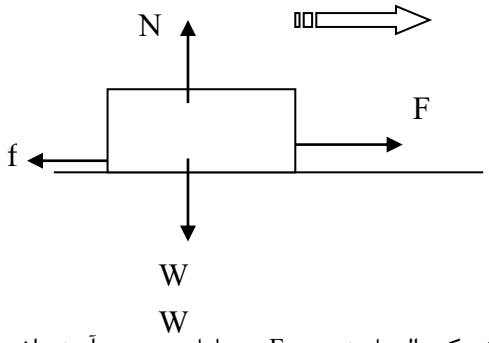
ه) سرعتش برای مدتی افزایش خواهد یافت و سپس کند می‌شود تا بایستد.

پرسش ۵- یک توپ کوچک درون یک کانال دایره‌ای شکل که به صورت افقی روی یک میز بدون اصطکاک ثابت شده است، مانند شکل زیر حرکت می‌کند. کدام خط در شکل نشان داده شده به خط سیر توپ هنگامی که از کانال خارج می‌شود و روی میز حرکت می‌کند، نزدیک است.



الف) A ب) B ج) C د) D ه) E

پرسش ۶- جسمی به وزن W مطابق شکل، با سرعت ثابت روی سطح کشیده می‌شود. کدام گزینه در مورد نیروهای عمل و عکس‌العمل درست است؟



الف) عکس‌العمل نیروی F بر عامل به‌وجود آورنده‌اش وارد می‌شود و به سمت چپ است.

ب) عکس‌العمل نیروی W بر سطح تکیه‌گاه وارد می‌شود.

ج) نیروی N عکس‌العمل W است و آن را خنثی می‌کند.

د) F و f نیروهای عمل و عکس‌العمل هستند و برآیندشان صفر است.

ه) عکس‌العمل نیروی F بر عامل به وجود آورنده‌اش وارد می‌شود و به سمت راست است.

پرسش ۷- شخصی یک اتومبیل خراب شده را با نیروی افقی F هل می‌دهد، تا با شتاب a حرکت کند. اگر راننده نیز در اتومبیل بنشیند، برای این که اتومبیل با همان شتاب حرکت کند. شخص باید:

الف) نیرویی برابر نیروی قبلی به اتومبیل وارد کند. چون می‌خواهیم شتاب تغییر نکند.

ب) نیرویی برابر حاصل جمع نیروی F و نیروی وزن راننده به اتومبیل وارد کند.

ج) نیرویی بزرگتر از نیروی F به اتومبیل وارد کند.

د) نیرویی برابر وزن راننده به اتومبیل وارد کند، تا بر این نیرو غلبه کند.

ه) اطلاعات برای پاسخ دادن به سؤال کافی نیست.

پرسش ۸- هواپیمایی در یک ارتفاع ثابت دارای حرکت یکنواخت است. کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد نیروهای وارد بر هواپیما صحیح است؟

الف) نیروهای رو به جلو با نیروهای رو به عقب که بر هواپیما وارد می‌شود برابرند؛ ولی نیروهای بالابرنده و وزن برابر نیستند؛ چون هواپیما از سطح زمین فاصله گرفته است.

ب) نیروهای بالابرنده با نیروی وزن که بر هواپیما وارد می‌شود برابرند؛ ولی نیروهای روبه جلو و رو به عقب که به هواپیما وارد می‌شوند برابر نیستند. چون هواپیما دارای حرکت است.

ج) در هیچ راستا نیروها با هم برابر نیستند.

د) برآیند نیروهای وارد بر هواپیما صفر است؛ یعنی نیروی پیشران با نیروهای مقاومتی برابر و نیروی وزن با نیروی بالابر، برابر هستند.

ه) در مورد نیروها نمی‌توان اظهارنظر کرد.

پرسش ۹- موشکی کاغذی زمانی پس از پرتاب به سمت زمین سقوط می‌کند و ساکن می‌شود، چون:

الف) پس از مدتی دیگر نیرویی به آن وارد نمی‌شود.

ب) در آن زمان نیروی رو به جلو با نیروهای مقاومتی برابر است؛ ولی نیروی وزن بزرگ‌تر از نیروی بالابر است.

ج) نیروی پیشران آن به صورت تدریجی کم شده و به صفر می‌رسد.

د) نیروی وزن از نیروی بالابر بزرگ‌تر و نیروی مقاومتی کوچک‌تر از نیروی پیشران است.

ه) نیروی وزن از نیروی بالابر بزرگ‌تر و نیروی مقاومتی بزرگ‌تر از نیروی پیشران است.

پرسش ۱۰- هواپیمایی با سرعتی افقی ثابت در حال اوج گرفتن است:

الف) در این حالت فقط نیروهای بالابر با نیروی وزن برابر است.

ب) در این حالت فقط نیروی پیشران بزرگ‌تر از نیروهای مقاومتی است.

ج) در این حالت هم نیروهای بالابر با نیروی وزن برابر است و هم نیروی پیشران با نیروهای مقاومتی.

د) در این حالت نیروهای بالابر بزرگ‌تر از نیروی وزن هستند و نیروی پیشران با نیروهای مقاومتی برابر است.

ه) در این حالت نیروی بالابر ثابت است؛ ولی نیروی وزن به تدریج کوچک شده و صفر می‌شود.

پرسش ۱۱- جتی در یک ارتفاع ثابت پیوسته سرعت خود را کاهش می‌دهد، در این حالت:

الف) نیروهای مقاومتی بیشتر از نیروی پیشران است؛ ولی نیروی وزن با نیروهای بالابر برابر است.

ب) نیروهای مقاومتی کمتر از نیروی پیشران است؛ ولی نیروی وزن با نیروهای بالابر برابر است.

ج) نیروهای مقاومتی برابر با نیروی پیشران است؛ ولی نیروی وزن بزرگ‌تر از نیروهای بالابر است.

د) نیروهای مقاومتی برابر با نیروی پیشران است؛ ولی نیروی وزن کوچک‌تر از نیروهای بالابر است.

ه) نیروهای مقاومتی بیشتر از نیروی پیشران است و نیروی وزن هم از نیروهای بالابر بزرگتر است.