

شناسایی ضعف دانش آموزان در مبحث حرکت دایره‌ای یکنواخت و تحلیل نیرو و شتاب مرکز گرا

فرزاد شعبانی^۱، فاطمه بوربور^۲

پذیرش: ۹۹/۳/۱۳

دریافت: ۹۹/۱/۱۲

چکیده

در دوره متوسطه دوم بعضی از مباحث فیزیک، مفهومی هستند و کاربردهای فراوانی از آن‌ها در محیط مشاهده می‌شود. در تدریس این مفاهیم مشاهده می‌شود که دانش آموزان ضعف‌هایی دارند. از این رو معلمان در فرآیند آموزش با مشکلاتی مواجه می‌شوند. برای رفع این گونه ضعف‌های آموزشی، ابتدائی‌ترین گام شناسایی آن‌ها می‌باشد. مبحث حرکت دایره‌ای یکنواخت در پایه دوازدهم رشته ریاضی از جمله مباحث مهم در دینامیک است. از آنجایی که این نوع حرکت در مسیر غیرمستقیم انجام می‌شود. امکان بروز اشتباهاتی برای دانش آموزان وجود دارد. هدف از این پژوهش بر روی دانش آموزان پایه دوازدهم رشته ریاضی مدرسه شهید فکوری منطقه ۱۴ شهر تهران، شناسایی برخی از ضعف‌های آن‌ها در مبحث حرکت دایره‌ای یکنواخت و تحلیل نیرو و شتاب مرکز گرا است. ابزار جمع‌آوری اطلاعات، پرسش‌نامه شناسایی ضعف‌ها می‌باشد. داده‌های بدست آمده به صورت کیفی تحلیل و بررسی شده است، که نتایج نشان می‌دهد دانش آموزان در تشخیص نوع حرکت از منظر سینماتیک و شناسایی نیرو به عنوان عامل حرکت از دیدگاه دینامیکی دچار اشکالاتی هستند. تصویرسازی حرکت دایره‌ای برای دانش آموزان در فرآیند آموزش، بدون بهره‌مندی از ابزارهای آموزشی، احتمال کج‌فهمی در تشخیص نیروی مرکز گرا و تحلیل شتاب مرکز گرا و سرعت در حرکت دایره‌ای یکنواخت را افزایش داده است.

کلیدواژه‌ها: حرکت دایره‌ای، نیرو و شتاب مرکز گرا، ضعف‌ها، دانش آموزان.

۱. دانشجوی کارشناسی آموزش فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، نویسنده مسئول، farzadshsh^{۲۶}@gmail.com

۲. عضو هیات علمی گروه علوم پایه دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

مقدمه

فیزیک نیاز به تفکر دارد، نیاز به فهم دارد و در زمان کوتاه نمی‌توان یک علم پایه نظیر فیزیک را در مغز تثبیت نمود. بنابراین مفاهیم فیزیکی از آن دسته مفاهیمی است که امکان کج‌فهمی و ضعف در آن‌ها بسیار بالا است. در فرآیند یادگیری ممکن است دانش آموزان به دلایل متعدد عملکرد مورد نظر را بروز ندهند، که این منجر به شکل‌گیری ناقص مبانی دانش در ذهن آن‌ها می‌شود. این شکل‌گیری ناقص دانش بحث زیرمجموعه ذهنیت و یا پیش‌دانسته‌های قبلی، تردید و عدم اطمینان و در نهایت عدم یادگیری کامل یک مبحث طبقه‌بندی می‌شود (عصمتی، مرضیه، ۱۳۹۴).

اولین گام برای رفع این مشکلات، شناسایی آن‌ها می‌باشد. در همین راستا مطالعه‌ی کتاب درسی فیزیک در رشته ریاضی پایه دوازدهم آغاز شد. پس از آن بحث و گفتگو با تعدادی از دانش‌آموزان درباره‌ی حرکت دایره‌ای صورت گرفت. نتایج چنین بود که آن‌ها در تحلیل نیرو و شتاب مرکزگرا و به طور کلی در حرکت اجسام بر روی مسیرهای دایره‌ای دچار ضعف هستند. سپس تصمیم بر آن شد در این تحقیق به شناسایی و تحلیل این ضعف‌ها پرداخته شود. قبل از ورود به فرآیند پژوهش، حرکت دایره‌ای به اختصار تعریف می‌شود.

حرکت دایره‌ای^۱ در فیزیک به حرکت یک جسم در طول محیط منحنی یا چرخش در امتداد یک مسیر دایره‌ای گفته می‌شود. این نوع حرکت به دو دسته‌ی یکنواخت و غیریکنواخت تقسیم می‌شود. در حرکت دایره‌ای یکنواخت، اندازه سرعت جسم ثابت است ولی جهت آن دائما در حال تغییر است. اما در حرکت دایره‌ای غیریکنواخت، اندازه سرعت و جهت حرکت هردو در حال تغییر است. از آنجایی که در کتاب فیزیک پایه دوازدهم رشته ریاضی به حرکت دایره‌ای یکنواخت و مفهوم آن پرداخته شده است، در این مقاله نیز سعی بر آن شده است که اشکالات دانش‌آموزان در این نوع حرکت مورد بررسی قرار گیرد. جسمی با سرعت v روی دایره یا کمانی به شعاع r حرکت می‌کند و شتاب مرکزگرای a را دارد که اندازه‌ی آن $\frac{v^2}{r}$ است. شتاب همواره در راستای شعاع و جهت آن به طرف مرکز دایره است. از قانون دوم نیوتون می‌دانیم شتاب یک جسم را نیروی خالص وارد بر آن ایجاد می‌کند، و شتاب همواره در راستا و جهت نیروی خالص وارد بر جسم است. بنابراین، در حرکت دایره‌ای یکنواخت نیز یک نیروی خالص رو به مرکز سبب ایجاد شتاب مرکزگرا می‌شود. به این نیروی خالص که منجر به حرکت دایره ای یکنواخت می‌شود، نیروی مرکزگرا می‌گوییم (رزنیگ و هالیدی، ۱۳۸۱).

وقتی جسم متصل به نخ را روی سطح افقی بدون اصطکاک می‌چرخانیم، نخ نیرویی را به جسم وارد می‌کند که آن را در مسیر دایره‌ای به حرکت وا می‌دارد. این نیرو، مرکزگرا نامیده می‌شود. نیروی مرکزگرا نوع جدیدی از نیرو نیست. نیروهای گرانشی یا الکتریکی می‌توانند نیروهای مرکزگرا را تامین کنند. مثلا نیروی گرانشی به طرف مرکز زمین، ماه را در مداری تقریبا دایره‌ای نگه می‌دارد. الکترون‌های مداری اتم‌ها در مدل بور تحت تاثیر نیروی الکتریکی به طرف هسته در مدارهای خود می‌چرخند (سازمان پژوهش و برنامه‌نویسی آموزشی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۷).

$$\sum F = \frac{mv^2}{r}$$

قانون دوم نیوتون در حرکت دایره‌ای بدین صورت است:

در زمینه‌ی کج‌فهمی و بررسی ضعف‌های آموزشی پژوهش‌هایی انجام شده است که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود: در مقاله‌ای با عنوان «بررسی یکی از عوامل ضعف دانش‌آموزان در مبحث دینامیک» به مشکلات دانش‌آموزان در چگونگی استفاده از قانون دوم نیوتون پی برده شده است (بهرامی و تاجیک قشقائی، ۱۳۹۶). مقاله‌ای با عنوان «آموزش فیزیک و گذر از کج‌فهمی‌های مبتنی بر فهم متعارف: بررسی چند مثال در فیزیک» به کج‌فهمی در باب قوانین نیوتون پرداخته است که دانش‌آموزان تصور می‌کنند هرگونه حرکت یک جسم، نیاز به نیرو دارد. و اشاره می‌کند این فهم عمومی و متعارف یک فرد از حرکت و سکون است، قبل از اینکه با مفهوم قانون اول نیوتون در فیزیک آشنا شود (سجادی، هدایت، ۱۳۹۴). همچنین مقاله‌ی «بررسی تصورات و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی درباره مفهوم انرژی» نشان می‌دهد، دانش‌آموزان کج‌فهمی‌های بسیار در زمینه مفهوم انرژی، ماهیت و ساختار انرژی، تبدیل انرژی، منابع انرژی و مفهوم کار دارند و آموخته‌های آنان در پایه‌های پایین‌تر مانع بروز این کج‌فهمی‌ها نشده است (بدریان و صفری، ۱۳۹۵).

^۱ Circular motion

شرح تحقیق

با توجه به موضوع مورد بحث و اهداف مورد نظر، پژوهشی متشکل از یک پرسش‌نامه شامل هفت سوال طراحی شد. جامعه آماری پژوهش، کلیه دانش‌آموزان پایه دوازدهم رشته ریاضی مدرسه شهید فکوری هستند، که در سال تحصیلی ۹۸_۹۷ در منطقه ۱۴ شهر تهران در حال تحصیل هستند. تعداد دانش‌آموزان ۵۳ نفر می‌باشند که در دو گروه جداگانه سوالات را مطالعه و پاسخ داده‌اند. متن سوالات پرسش‌نامه بدین صورت است:

خودرویی به جرم m و اندازه سرعت ثابت v می‌خواهد حول یک میدان به شعاع r حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام دهد. ضریب اصطکاک بین لاستیک‌ها و جاده μ می‌باشد. با توجه به وضعیت فوق به سوالات پاسخ دهید:

(۱) حرکت خودرو حول میدان:

- الف) سرعت ثابت است
ب) شتاب ثابت است
ج) با شتاب متغیر است
د) گزینه الف و ب

(۲) در طول حرکت، بردار سرعت:

- الف) تغییری نمی‌کند
ب) مقدارش تغییر می‌کند و جهتش ثابت است
ج) مقدارش ثابت است و جهتش تغییر می‌کند
د) عمود بر مسیر حرکت است

(۳) تغییر چه عاملی باعث افزایش سرعت خودرو خواهد شد، بدون آنکه بلغزد؟

- الف) کاهش ضریب اصطکاک بین جاده و خودرو
ب) کاهش شعاع مسیر
ج) افزایش شعاع مسیر
د) افزایش جرم ماشین

(۴) کدام توصیف برای شتاب مرکزگرا صحیح است؟

- الف) مماس بر مسیر حرکت است
ب) ناشی از تغییر اندازه و جهت سرعت خودرو است
ج) ناشی از تغییر اندازه سرعت خودرو است
د) ناشی از تغییر مداوم جهت حرکت خودرو است

(۵) جهت بردار سرعت و شتاب:

- الف) هر دو مماس بر مسیر حرکت
ب) سرعت مماس بر مسیر و شتاب عمود بر مسیر

ج) سرعت عمود بر مسیر و شتاب مماس بر مسیر
د) هر دو عمود بر مسیر حرکت

(۶) کدام نیرو مانع از لغزش خودرو از مسیر دور میدان می‌شود؟

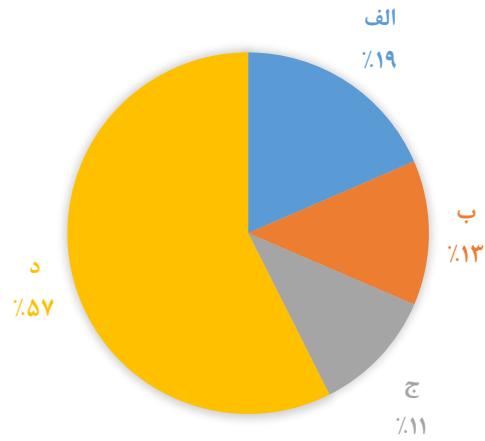
الف) نیروی اصطکاک
ب) نیروی عمودی سطح

ج) نیروی وزن
د) هر سه مورد

(۷) اگر نیروی اصطکاک بین لاستیک‌های خودرو و زمین ناچیز باشد:

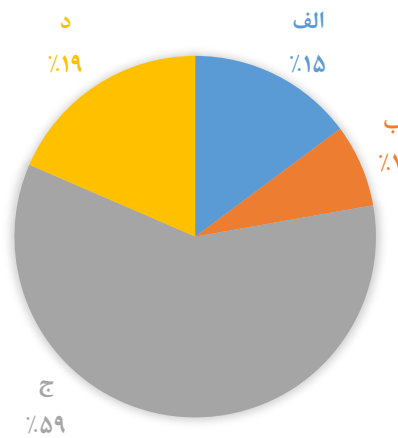
- الف) خودرو بدون تغییر به حرکت خود ادامه می‌دهد
ب) سرعت خودرو افزایش می‌یابد
ج) سرعت خودرو کاهش می‌یابد
د) خودرو از مسیر خود خارج می‌شود

بعد از پایان فرآیند پاسخ‌دهی به سوالات، هر یک از آن‌ها به صورت کیفی تحلیل شده و نتایج زیر بدست آمد:



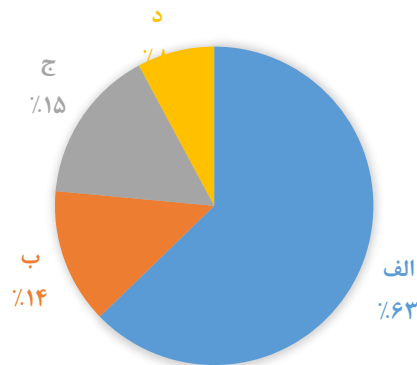
نمودار ۱

هدف از مطرح کردن سوال اول، شناسایی نوع حرکت از منظر سینماتیک است. همانطور که مشاهده می شود اکثریت دانش آموزان نتوانستند بین شتابدار بودن حرکت در ذهن شان با ثابت بودن اندازه سرعت که در متن سوال گفته شده است، ارتباط صحیحی پیدا کنند و به این علت گزینه (د) را انتخاب کردند. در حالیکه گزینه صحیح (ب) می باشد.



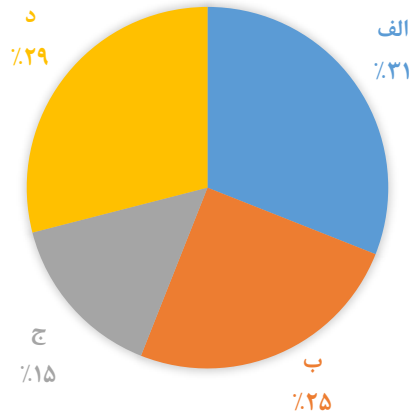
نمودار ۲

سوال دوم اشاره به ویژگی کمیت های برداری نظیر سرعت دارد که نمودار نشان می دهد تحلیل اکثریت دانش آموزان درست بوده و گزینه صحیح (ج) را انتخاب کردند.



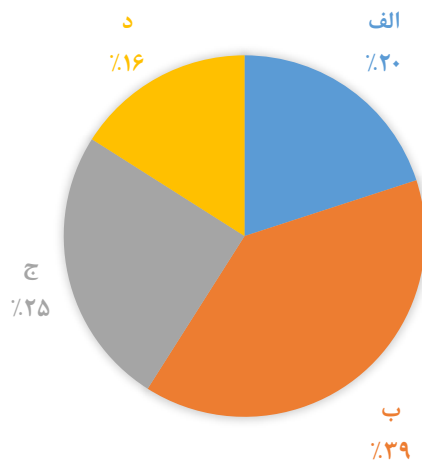
نمودار ۳

در سوال سوم، درباره‌ی عامل موثر بر اندازه سرعت خودرو پرسش شده است. بیشترین پاسخ مربوط به گزینه (الف) است. در حالیکه طبق رابطه $v = \frac{v\pi r}{T}$ در حرکت دایره‌ای یکنواخت و مقایسه‌ی آن با گزینه‌ها، شعاع مسیر رابطه مستقیمی با سرعت خودرو دارد. در نتیجه پاسخ دانش آموزان بیان می‌کند که آن‌ها اولاً نقش نیروی اصطکاک را درست متوجه نشده‌اند و ثانیاً عوامل تاثیرگذار بر سرعت را تشخیص نداده‌اند. طبق توضیحات داده شده گزینه (ج) صحیح می‌باشد.



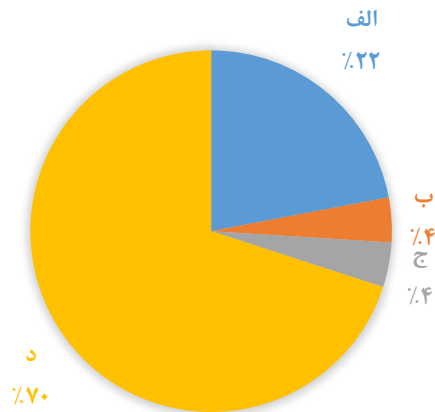
نمودار ۴

سوال چهارم، مربوط به ارتباط شتاب مرکزگرا با تغییر مداوم جهت حرکت است. درصد متوسطی از دانش آموزان گزینه صحیح (د) را انتخاب کردند. با توجه به پاسخ‌های داده شده به این سوال مشخص می‌شود که بیشتر آن‌ها جهت شتاب را ندانسته و آن را مماس بر مسیر حرکت می‌پندارند. این اشتباه می‌تواند ناشی از تشخیص ندادن نیروی اصطکاک به عنوان نیروی مرکزگرا باشد که اگر آن را تشخیص می‌دادند، با توجه به برداشت گذشته خود از یکسان بودن راستای نیروی خالص با شتاب جسم، اشتباه نمی‌کردند.

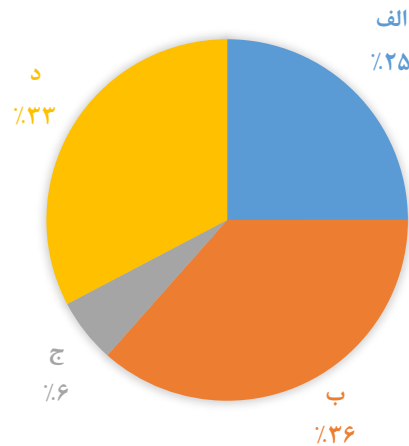


نمودار ۵

در سوال پنجم، اکثریت پاسخ صحیح (ب) را برگزیدند که بعد از مقایسه با پاسخ‌های داده شده در سوالات دوم و چهارم می‌توان دریافت که دانش آموزان پس از مقایسه‌ی جهت بردار سرعت و شتاب مرکزگرا با یکدیگر و توجه به عمودبودن آن‌ها در این نوع حرکت، به پاسخ درست دست یافتند. با این حال تعداد قابل توجهی نیز آن‌ها را در یک جهت دانسته‌اند که اشتباه می‌باشد.



نمودار ۶



نمودار ۷

سوالات ششم و هفتم به نیروی مرکزگرا پرداخته است تا نشان دهد این نیرو، نوع جدیدی از نیروها نیست. بلکه به گونه‌ای است که وابسته به نوع وضعیت، هریک از نیروها می‌توانند نقش آن را ایفا کنند. مطابق با نمودار سوال ششم بیشتر دانش‌آموزان هر سه نیروی موجود در حرکت خودرو حول میدان را عامل عدم لغزش انتخاب کردند. در صورتی که نیروی اصطکاک (الف) به عنوان نیروی مرکزگرا این نقش را دارد. پاسخ داده شده دور از انتظار نیست. زیرا این اشتباه در پاسخ به سوال سوم نیز مشاهده شده بود. در سوال هفتم نیز همین مفهوم مورد سوال قرار گرفته است که اکثریت (ب) را انتخاب کردند، درحالی‌که پاسخ صحیح (د) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در گذشته، ثابت شده است که مبحث حرکت دایره‌ای در متوسطه از جمله مباحثی است که فهم آن برای دانش‌آموزان کمی دشوار است. از این رو تصمیم گرفتیم به ریشه‌یابی برخی از این مشکلات آموزشی که موجب ضعف دانش‌آموزان در تبیین و حل مسائل مربوط به حرکت دایره‌ای یکنواخت و کمیت‌های نیرو و شتاب مرکزگرا شده است، پردازیم. نتایج زیر بعد از تحلیل پاسخ سوالات حاصل شده است:

حرکت دایره‌ای یکنواخت در مسیر غیرمستقیم انجام می‌شود. دانش آموزان با توجه به آنچه در فصل حرکت بر خط راست آموخته‌اند، نتوانستند این نوع حرکت را به درستی تحلیل نمایند. و در سوال اول مشخص شد که از منظر سینماتیک این حرکت دچار اشکال هستند.

نیروی خالص در دینامیک، عامل حرکت نامیده می‌شود. و برای تحلیل و حل سوالات باید عامل حرکت جسم مشخص شود. اما مطابق نتایج سوالات سوم، ششم و هفتم دانش آموزان نتوانستند آن را به درستی تشخیص دهند. و همین موضوع باعث انتخاب اشتباه جهت شتاب در سوال چهارم شده است. این موضوع نشان می‌دهد که دانش آموزان از منظر دینامیکی حرکت دایره‌ای یکنواخت نیز دچار کج فهمی هستند. این ضعف می‌تواند ناشی از حرکت متفاوت دایره‌ای نسبت به دیگر نوع حرکت‌های یک‌بعدی باشد. حرکت‌هایی مانند سرعت ثابت و شتاب ثابت در یک خط راست و سقوط آزاد در راستای قائم برای دانش آموزان قابل درک و تصویرسازی است، ولی حرکت دایره‌ای اینگونه نیست. و همین عامل، یاددهی و یادگیری مفاهیم این مبحث را دشوار می‌کند.

نیرو و شتاب مرکزگرا برای نخستین بار در مبحث حرکت دایره‌ای مطرح می‌شوند. و با توجه به آن که دانش آموزان از گذشته نسبت به آن شناختی ندارند، کج فهمی‌هایی در مفاهیم دیده می‌شود. شتاب در مفاهیم دینامیکی در راستای نیروی خالص حرکت است. اما نتایج نشان می‌دهد که اکثر دانش آموزان نیروی مرکزگرای حرکت را نمی‌شناسند. در واقع تشخیص ندادن این نیرو، سبب اشتباه دانش آموزان در انتخاب جهت شتاب در سوالات چهارم و پنجم شده است. همچنین دانش آموزان با توجه به سوال دوم درک درستی از کمیت سرعت ندارند. اما اشتباهات مشاهده شده در سوال سوم مربوط به عوامل موثر بر سرعت و در سوال پنجم مربوط به جهت سرعت، تحت تاثیر دوبعدی بودن حرکت و عدم شناسایی نیروی مرکزگرا است.

به طور کلی علل چنین کج فهمی‌هایی به دو دسته تقسیم می‌شوند. در صورتی که دانش آموزان پیش از آموزش در کلاس، هیچ برداشتی از موضوع نداشته باشند. در این صورت می‌توان با ایجاد ساختاری جدید در ذهن آن‌ها این مفاهیم را به طور صحیح تشکیل داد. دسته دوم از دانش آموزان ممکن است از موضوع در حال تدریس اطلاعات ناقصی داشته باشند و این اطلاعات ناقص، خود یکی از موارد مهم است که بستگی به راهکارهای آموزشی معلم برای بیان و انتقال مفاهیم، می‌توانند رفع شوند و شکاف بدفهمی‌های گذشته نیز پر شوند. در صورتی که این ضعف‌های آموزشی شناسایی نشوند و راهکارهای مناسبی در جهت تصحیح آن‌ها صورت نگیرد، اطلاعات ناقص قبلی تاثیر زیادی در بدفهمی موضوع جدید خواهد داشت.

مبحث حرکت دایره‌ای یکنواخت در پایان فصل دینامیک پایه دوازدهم رشته ریاضی آورده شده است. ارائه این مبحث به صورت انتقال مستقیم بدون استفاده از ابزارهای آموزشی مناسب توسط معلم، احتمال چنین ضعف‌هایی که در تحقیق به آن‌ها اشاره شد را، بوجود می‌آورد. توجه به چند موضوع در ارائه این مبحث برای معلمین نیازمند است. درک این نوع حرکت نسبت به حرکت‌های یک‌بعدی دشوارتر است. چرا که در مسیر غیرمستقیم و دوبعدی انجام می‌شود. معلمین می‌توانند از ابزارهای آموزشی در دسترس مثل طناب و اجسام کوچک و حتی سطل آب در طراحی آزمایش استفاده نمایند. از ابزارهای آموزشی تصویری نیز می‌توان بهره برد و حرکت‌هایی مثل چرخش ماه به دور زمین، خودرو حول یک میدان، چرخ و فلک و دیسک گردان در شهربازی و چندین نوع مثال دیگر را به نمایش گذاشت. این نوع ابزارهای آموزشی به گونه‌ای است که معلم می‌تواند همراه با طراحی آن‌ها کمیت‌های سرعت، نیرو و شتاب مرکزگرای حرکت را برای دانش آموزان تحلیل نماید.

منابع

- بدریان، عابد؛ صفری، پروا. (۱۳۹۵). بررسی تصورات و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی درباره مفهوم انرژی. فصلنامه علمی-پژوهشی خانواده و پژوهش، دوره سیزدهم، شماره اول.
- بهرامی، سمیرا؛ تاجیک قشقائی، مهدیه. (۱۳۹۶). بررسی یکی از عوامل ضعف دانش‌آموزان در مبحث دینامیک. پویش در آموزش علوم پایه، دوره سوم، شماره اول.
- سجادی، سید هدایت. (۱۳۹۴). آموزش فیزیک و گذر از کج‌فهمی‌های مبتنی بر فهم متعارف: بررسی چند مثال در فیزیک. رشد آموزش فیزیک، دوره سی و یکم، شماره دوم.
- عصمتی، مرضیه. (۱۳۹۴). الگوی ذهنی نادرست و کج‌فهمی: مانع یادگیری مفاهیم فیزیکی. فصلنامه فیزیک و آموزش فیزیک، دوره چهارم، شماره سوم.
- رابرت رزنیك، دیوید هالیدی. (۱۳۸۱). فیزیک، ترجمه جلال الدین پاشایی، محمد خرمی، محمدرضا بخاری. مرکز نشر دانشگاهی ایران، جلد اول، ویراست چهارم.
- فیزیک (۳) رشته ریاضی، وزارت آموزش و پرورش، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۷.