همانندی‌ها و کاربرد آن‌ها در آموزش مفهوم نیرو

طاهره عظیمی انجمن علمی آموزشی معلمان فیزیک استان کرمان
غلامحسین رستگارنسب سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
فاطمه عظیمی آموزش‌وپرورش شهرستان رفسنجان

چکیده

آنچه در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، همانندی‌ها و کاربرد آن در آموزش فیزیک است. در این پژوهش همانندی در مفهوم نیرو برای نیروهای الکتریکی، گرانشی و الکترومغناطیسی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا به نکته‌های مهم این نیروها پرداخته شد و سپس این نکته‌ها با یکدیگر مقایسه شد و عوامل مشترک بین آن‌ها به دست آمد، عوامل مشترک: اندازهٔ ذرات و همچنین فاصلهٔ بین این ذرات است و ارتباط این عوامل با اندازهٔ نیروها.

کلیدواژه‌ها: همانندی، نیروی الکتریکی، نیروی گرانشی، نیروی الکترومغناطیسی

مقدمه

در شاخه‌های مختلف فیزیک شباهت‌های بسیاری وجود دارد، این شباهت‌ها گاه ظاهری و گاه محتوایی هستند. در آموزش فیزیک دانستن چنین شباهت‌هایی زمینهٔ رشد مهارت‌های ذهنی و عملی را پیش‌روی دانش‌آموزان قرار داده و قدرت خلاقیت آن‌ها را افزایش می‌دهد. ارزش این همانندی‌ها در آموزش فیزیک آن است که می‌توان با آموزش یک مفهوم معین در یک زمینهٔ فیزیک، سایر مفاهیم مشابه را در زمینه‌های دیگر فیزیک همزمان آموزش داد.

شاهرخ لقایی در طرح آموزش همانندی‌ها به این نتیجه رسید که: دیود به مثابه یکسوساز الکتریکی، شیر یک طرفهٔ آب به‌عنوان یکسوساز جریان آب، شیرهای یک طرفهٔ پنوماتیکی به‌عنوان یکسوساز باد و یکسوساز نوری به‌عنوان یکسوکننده نور، از وسایلی هستند که گرچه به لحاظ ظاهری متفاوت به‌نظر می‌رسند اما به لحاظ صفت یکسوکنندگی مشابه یکدیگرند[۱].

آنچه در این پژوهش مورد بررسی قرار خواهد گرفت نیروهای الکتریکی، نیروهای گرانشی و نیروهای الکترومغناطیسی هستند. پژوهشگران این پژوهش امیدوارند که در پایان بررسی به ارتباط مشترک بین این سه نیرو دست یابند و نیز نشان دهند که وجود عوامل مشترک در این نیروها روش تدریس را منسجم‌تر، راحت‌تر و اصولی‌تر، و یادگیری را عمیق‌تر و آسان‌تر می‌کند و باعث ایجاد مجموعه‌ای کوچک‌تر با نظمی جدید و قابل استفادهٔ بهینه می‌گردد.

۲. مفهوم نیرو

مفهوم نیرو از زمان‌های دور، در استاتیک و دینامیک مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات باستانی روی استاتیک، در قرن سوم قبل از میلاد، در کارهای ارشمیدس به حد نهایی خود رسید که هم‌اکنون نیز قسمت‌هایی از فیزیک جدید را تشکیل می‌دهند. نیرو کمیتی‌برداری است که می‌تواند سرعت جسم را تغییر دهد و سبب حرکت آن شود. به عبارتی نیرو عامل حرکت به شمار می‌رود. در واقع نیروی خالص، عامل شتاب است. نیرو را به‌طور شهودی می‌توان با کشیدن یا هُل دادن توصیف کرد. اگر هیچ نیرویی بر جسم وارد نشود، یا اگر نیروهای وارد بر جسم اثر همدیگر را خنثی کنند، هیچ تغییری در سرعت مشاهده نمی‌شود و جسم در حال تعادل باقی می‌ماند. یکای نیرو نیوتون است.

۳. معرفی نیروها

۳ ـ ۱. نیروی گرانشی

بنا به قانون گرانش نیوتون هر دو جرم همواره یکدیگر

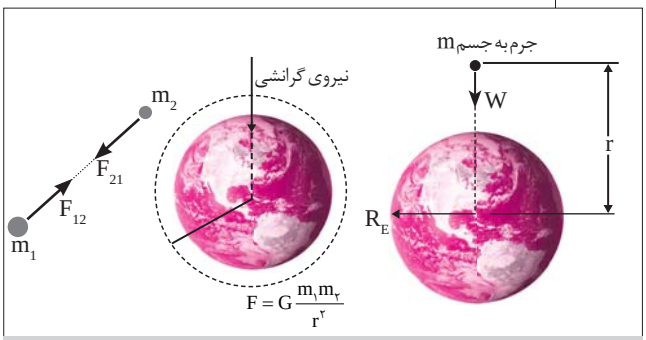
را می‌ربایند (به سمت یکدیگر جذب می‌شوند). بیان این قانون به این صورت است: نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل‌ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله آن‌ها از یکدیگر نسبت وارون دارد. اندازهٔ نیروی گرانش (F) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad (1)$$

در این معادله G ثابت گرانش عمومی است، F نیروی گرانش بین دو جرم، m_1 و m_2 مقدار دو جرم و r فاصله بین دو جرم است. نیروی گرانشی بین جسم‌های با جرم کم، ناچیز است [۳].

قانون گرانش نیوتون می‌گوید که نیروی گرانشی بین دو جسم، با جرم آن دو ارتباط مستقیم دارد. یعنی هر چه جرم آن‌ها بیشتر باشد، نیروی گرانشی بین آن دو بیشتر است. این قانون همچنین می‌گوید که نیروی گرانشی بین دو جسم با مجذور فاصلهٔ دو جسم رابطهٔ عکس دارد. قانون گرانش نیوتون به ما می‌گوید که هر چه اجسام از یکدیگر دورتر باشند، مقدار این نیرو کوچک‌تر است. این قانون همچنین می‌گوید که کشش گرانشی یک ستاره درست یک چهارم کشش گرانشی ستاره مشابه‌ای است که در نصف فاصله آن قرار گرفته باشد. به‌دلیل وجود گرانش، جسمی که در نزدیک زمین قرار می‌گیرد به سطح این سیاره سقوط می‌کند. جسمی که در سطح زمین است نیز نیرویی به سمت پایین را تجربه می‌کند که به علت وجود گرانش است. ما این نیرو را در بدن خود به شکل وزن تجربه می‌کنیم. پیرو این قانون اگر پرتابه‌ای با سرعت زیاد از بالای یک قله پرتاب شود، تحت‌تأثیر گرانش، مسیری منحنی را طی خواهد کرد. اگر سرعت این پرتابه به اندازه کافی باشد، می‌تواند یک دایرهٔ کامل را گرد زمین بپیماید و همواره دور زمین بچرخد.

در آموزش فیزیک دانستن شباهت‌ها زمینه رشد مهارت‌های ذهنی و عملی را پیش روی دانش‌آموزان قرار می‌دهد



▲ شکل ۱. نیروی گرانشی بین دو جرم

۳ ـ ۲. نیروی الکتریکی

نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار q_1 و q_2 که در فاصلهٔ r از یکدیگر قرار دارند با حاصل‌ضرب اندازهٔ دو بار رابطهٔ مستقیم و با مجذور فاصلهٔ دوبار رابطهٔ عکس دارد.

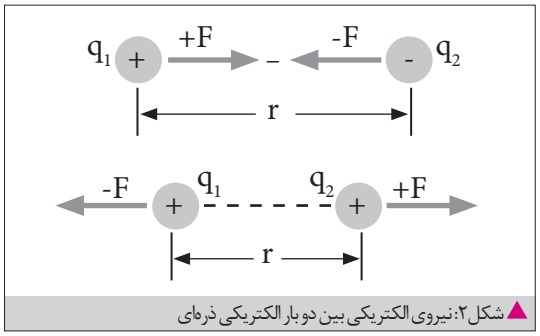
ساز و کار بنیادی قانون کولن بیان می‌کند که بارهای همنام یکدیگر را دفع و بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند[۲]. شکل نرده‌ای قانون کولن تنها اندازهٔ نیروی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای را بیان می‌کند. اگر جهت مهم باشد شکل برداری نیز اهمیت می‌یابد.

اندازهٔ نیروی الکترواستاتیک (F) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad (2)$$

که r فاصله بین دو بار و k، ثابت تناسب است. نیروی مثبت، جذب دو بار و نیروی منفی، دافعهٔ بین دو بار را بیان می‌کند. ثابت k، ثابت کولن نامیده می‌شود (گاهی هم ثابت نیروی کولنی) که به شرایط محیط بستگی دارد و می‌توان آن را محاسبه کرد[۲].

قانون کولن می‌گوید که نیروی بین دو ذرهٔ باردار، ارتباط مستقیم با اندازهٔ آن دو دارد. یعنی هر چه اندازهٔ آن‌ها بیشتر باشد، نیروی بین آن دو بیشتر است. این قانون همچنین می‌گوید که نیروی الکتریکی میان دو ذرهٔ باردار با مجذور فاصلهٔ دو جسم رابطهٔ وارون دارد و این نیرو در فواصل نزدیک قوی‌تر عمل می‌کند.



▲ شکل ۲: نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ذره‌ای

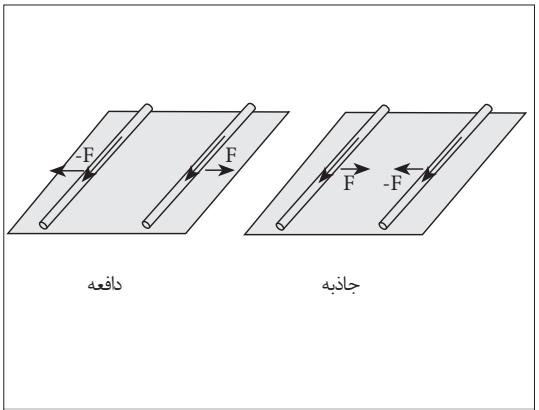
۳ ـ ۳. نیروی الکترومغناطیسی

هرگاه دوبار الکتریکی متحرک داشته باشیم، این دو بار به یکدیگر نیروی مغناطیسی وارد می‌کنند. این نیرو با اندازهٔ بارها رابطهٔ مستقیم و با فاصله آن‌ها از یکدیگر رابطه عکس دارد.

اگر دو سیم موازی بلند را در نظر بگیریم و در این دو سیم جریان الکتریکی برقرار کنیم، خواهیم دید این دو سیم به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. و با توجه به جهت سیم‌ها، این نیرو می‌تواند دافعه یا جاذبه باشد. هرگاه دو سیم دارای جریان همسو باشند نیرویی ربایشی بین آن‌ها ایجاد می‌شود. هر چه دو سیم دارای جریان قوی‌تری باشند و در فاصله کمتری از یکدیگر قرار گرفته باشند نیروی ربایشی بین آن‌ها قوی‌تر است.

اندازهٔ نیروی الکترومغناطیسی بین دو سیم از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

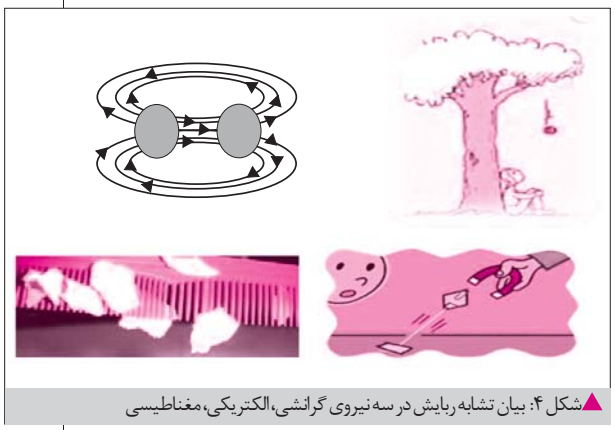
$$F = \mu . \frac{i_1 i_2 L}{2\pi r} \qquad (3)$$



شکل ۳: نیروی الکترومغناطیسی بین دو سیم حامل جریان

۴. بیان تعریف مشترک و تشابه بین مفاهیم ذکر شده

هر دو جرمی که در فاصلهٔ مشخصی قرار داشته باشند به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. هر دو ذرهٔ باردار که در فاصلهٔ معینی از یکدیگر قرار گرفته‌اند، به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. ذرات مغناطیسی مانند قطب‌های آهنربا در فاصله معین به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. ذرات باردار متحرک به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. دو سیم حامل جریان که در فاصلهٔ معینی قرار دارند به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. در هر سه نیرو، اندازه ذرات و فاصله بین آن‌ها در اندازه نیرو اهمیت دارند و تأثیرگذارند. نیروهای بررسی شده، هر سه بر اثر میدانی که ذرات در اطراف خود ایجاد می‌کنند، به‌وجود می‌آیند. بیان یک مثال برای بیان تشابه نیروهای الکتریکی و گرانشی: چرا وقتی لباس پلاستیکی را از تن خود در می‌آورید لباس به تن شما می‌چسبد؟ چرا بعد از شانه کردن سر، شانه می‌تواند خرده‌های کاغذ را بلند کند؟ چرا بعد از راه رفتن روی فرش، اگر به دستگیره در دست بزنید به دست شما شوک وارد می‌شود؟ این‌ها نمونه‌هایی از نیرویی هستند که از بسیاری جهات شبیه به نیروی گرانشی است. زیرا ظاهراً از دور و از طریق خلأ اثر می‌کند. اگر شانه‌ای را به سر خود بزنید و آن را به توپ پینگ‌پونگ آغشته به گرافیت آویزان نزدیک کنید، شانه توپ را از فاصله‌ای جذب می‌کند. اما این نیرو از نوع گرانشی نیست زیرا خیلی قوی‌تر از آن است. جاذبه گرانشی بین توپ پینگ‌پونگ و شانه به قدری ضعیف است که قابل آشکارسازی نیست. برای اینکه نیروی گرانشی آشکارسازی شود، جسمی در اندازه کره‌زمین یا ماه لازم است. نیروی جدید یک خاصیت موقتی دارد. زیرا اگر بعد از شانه زدن مدتی صبر کنید، احتمالاً اثر این نیرو ناپدید خواهد شد. برای اینکه شانه توپ را جذب کند باید بار الکتریکی به آن داده شود. این همان نیروی الکتریکی است که شباهت به نیروی گرانشی دارد [۵]. برای بیان تشابه نیروهای مغناطیسی و گرانشی به مثالی واضح اشاره می‌کنیم. هنگامی که آهنربایی را به تعدادی میخ نزدیک می‌کنیم میخ‌ها جذب آهنربا می‌شوند و میخ‌هایی که به آهنربا نزدیک‌ترند بیشتر جذب می‌شوند، هر چه آهنربا قوی‌تر باشد میخ‌های بیشتری را به خود جذب می‌کند و هر چه آهنربا را در فاصله نزدیک‌تری به میخ‌ها قرار دهیم میخ‌های بیشتری جذب آن می‌شوند. همچنین دو قطب هم نام آهنربا یکدیگر را دفع می‌کنند. برای مثالی تکمیلی از مغناطیس که همان الکترومغناطیس است می‌توان به این مثال پرداخت: مداری شامل دو سیمی که دارای جریان عبوری همسو هستند را در نظر بگیریم و پس از ایجاد میدان الکتریکی در مدار، دو سیم به یکدیگر نزدیک و جذب هم می‌شوند و هر چه در این مدار سیم‌ها به هم نزدیک‌تر باشند و جریان‌ها قوی‌تر باشند نیروی ربایشی قوی‌تر است.


شکل ۴: بیان تشابه ربایش در سه نیروی گرانشی، الکتریکی، مغناطیسی

۵. کدام‌یک از این نیروها معمول‌ترند و بهتر است ابتدا آموخته شود؟

در بین سه نیروی الکتریکی، گرانشی و الکترومغناطیسی، نیروی مغناطیسی قطب‌های آهنربا به علت در دسترس بودن آهنربا و عینی بودن آن‌ها و نیروی ربایشی بین قطب‌ها و اجسام جذب شده به سمت آهنربا، قابل مشاهده است، اما در موارد پیشرفته‌تر بیان چگونگی اِعمال نیرو نیاز به توضیح‌ها و فهم بیشتری دارد. نیروی الکتریکی، نیاز به شرایط ویژه‌تری نسبت به نیروی گرانشی دارد تا این نیرو احساس شود، اما مثال‌های فراوانی در مشاهده این نیرو وجود دارد. مثل چسبیدن موها به شانه ... و استفاده از همانندی نیروها برای درک این نیرو بسیار مؤثر است. اما در بین این سه نیرو، نیروی گرانشی به علت وجود زمین که یک جرم بزرگ است و تمام اجسام را به سمت خود می‌کشد و همیشه این جاذبه برای همه اجسام اتفاق می‌افتد معمول‌تر و در دسترس‌تر و قابل درک‌تر است و یادگیری آن آسان‌تر است. با توجه به اینکه اثر نیروی گرانشی به وضوح قابل مشاهده است و کاربرد بیشتری دارد و همین دلایل باعث ملموس‌تر بودن فهم آن است، بنابراین بهتر است که قبل از نیروهای دیگر گفته شود

و این نیرو مدل و کلید رمزی باشـــد برای تدریس دو نیروی دیگر. برای بیان نیروی الکترومغناطیســـی نیز نیاز است که ابتدا دانش‌آموز با دو مبحث نیروی الکتریکی و مغناطیســـی آشنا شود.

۶. بیان مباحثی فیزیکی و بررســـی حالت‌ها و شرایط مختلف همانندی‌ها برای این مباحث از نظر مفهوم نیرو

وقتـــی توپی را به هوا پرتاب می‌کنیم، این توپ پس از طی زمان معین و رسیدن به نقطهٔ اوج خود به زمین برمی‌گردد.

وقتـــی یک گلولهٔ فلزی باردار را به یـــک آونگ فلزی باردار نزدیک می‌کنیم که دارای بار مخالف آن اســـت، گلوله آونگ منحرف می‌شـــود. اگر بارها ناهمنام باشـــند گلوله جذب آن می‌شـــود. اگر یک فلز (آهنی) را نزدیـــک آهنربا قرار دهیم، به آهنربا جذب می‌شـــود. اگر دو سیم انعطاف‌پذیر را در یک مدار قرار دهیم و جریان را برقرار کنیم، دو ســـیم با توجه به جهت‌شان از یکدیگر دور یا به هم نزدیک می‌شوند. با بررسی همانندی‌ها در این سه رویداد می‌توان برای هر مبحث دلایل مشترک را که در تعریف تک‌تک نیروها آمده است بیان کرد. بـــرای پدیدهٔ پرتاب توپ، زمین و توپ دو جرم هســـتند که یکدیگر را به‌سوی خود می‌کشند و به دلیل اینکه جرم زمین نســـبت به توپ بیشتر است توپ به سمت آن جذب می‌شود. هر چه توپ به زمین نزدیک‌تر می‌شـــود نیـــروی بین آن‌ها بیشتر می‌شود. هر چه جرم توپ بیشتر باشد نیرو نیز بیشتر می‌شود در مثال گلوله و آونگ نیز، با استفاده از همانندی‌ها می‌توان بیان کرد که گلوله نقش زمین را دارد و گلوله آونگ، نقش توپ. وقتی که گلوله را به آونگ نزدیک می‌کنیم هر چه فاصله کمتر می‌شود نیروی بین آن‌ها قوی‌تر و هر چه گلوله‌ها بار بیشتری داشته باشند نیروی بین آن‌ها بیشتر می‌شود. در پدیده آهنربایی، آهنربا نقش زمین را دارد و فلز را به ســـمت خود می‌کشـــد، هر چه فلز قوی‌تر باشد نیرو بیشتر و هر چه فاصله آهنربا با فلز کمتر باشد نیرو قوی‌تر می‌شود. در پدیدهٔ دو ســـیم موازی نیز؛ هر کدام از دو ســـیم نقش زمین و توپ را دارند.

ارزش این همانندی‌ها در آن است که می‌توان با آموزش یک مفهوم معین در زمینه‌ای از فیزیک، مفاهیم مشابه در زمینه‌های دیگر را همزمان آموزش داد

۷. چگونه می‌توان از همانندی‌ها در آموزش نیرو استفاده کرد؟

با کشف و اســـتفاده از همانندی‌های پدیده‌ها و به‌کارگیری نمادهای ساده و مناسب می‌توان نظمی نو به اطلاعات گسترده داد و به یک جمع‌بندی و ســـازمان‌دهی با نظمی جدید برای استفاده بهینه‌تر دست یافت. وقتی دانش‌آموز با مبحث جاذبه که آن را به روشـــنی در طول شبانه‌روز بارها مشاهده می‌کند، آشناست، با معرفی قانون گرانش نیوتون که بیان ریاضی نیروی جاذبه است، مفهوم نیروی جاذبه را بهتر درک می‌کند و ویژگی و عوامل مؤثر در آن را می‌آموزد. در مبحث نیروی الکتریکی با بیان مثالی از جاذبه گرانشـــی مثل پدیده پرتاب توپ و معرفی هـــر کدام از اجرام و تشـــابه دادن آن‌ها بـــا ذرات باردار و بیان تعریف نیروی الکتریکی و قانون کولن و تشابه وابستگی آن به فاصله و ذرات، مانند نیروی گرانش، درک نیروی الکتریکی برای دانش‌آموز ملموس‌تر و یادگیری آن ســـریع‌تر می‌شود. معادلهٔ نیروی کولنی بســـیار شبیه به معادلهٔ گرانش نیوتونی است. q نقش m را در این قانون بازی می‌کند، در مبحث مغناطیس نیز علاوه براینکه دانش‌آموز با ویژگی آهنربا آشنایی ابتدایی دارد، می‌توان از ویژگی همانندی نیروها استفاده کرده و این مبحث را گسترده‌تر و روان‌تر بازگو کرد، به‌طوری که به مباحث نیروی وارد بر بار و نیروی وارد بر ســـیم حامل جریان اشـــاره کرده و در اینجا دانش‌آموز با مبحث کامل‌تر نیروی الکترومغناطیس آشنا شـــود. در بیان این نیرو برای دو سیم موازی نیز به‌خوبی می‌توان از تشـــابه آن با نیروی الکتریکی بهره برد. این نیرو نیز مانند نیروهای مشابه خود به جریان عبوری که یکی از عوامل تولید نیرو است وابستگی مستقیم و با فاصله، رابطه عکس دارد. در اینجـــا i نقش m و q را دارد و در هر ســـه فرمول در مخرج کسر، فاصله دیده می‌شود. همانندی‌ها در یک مبحث فیزیکی همچون کلید رمزگشـــایی است که با بیان عوامل مشترک در ویژگی‌ها، یادگیری را در بیان مفهوم دیگر آســـان‌تر می‌کند. مثلاً در مبحث نیرو، دانش‌آموز با دانســـتن یک نیرو و مرور و یادآوری ویژگی‌های آن می‌تواند سریع‌تر و دقیق‌تر نیروی جدید را به‌خوبی یاد بگیرد و این یادگیری تا مدت‌ها با حضور این کلید ارتباطی برای او ماندگار بماند.

طبق جدول صفحه بعد می‌توان به‌خوبی دیدکه سه نیروی ذکر شـــده دارای ویژگی‌های مشابه هستند. اندازهٔ نیرو در هر ســـه حالت به اندازه ذرات، وابستگی مستقیم و با فاصله بین آن‌ها رابطه عکس دارد. بنابراین آموزش و شـــناخت یکی از نیروهـــا می‌تواند راه را برای آمـــوزش نیروهای دیگر هموار و آســـان‌تر کند. شناخت یک نیرو و دانستن فرمول و وابستگی به پارامترهایش مثالی مناسب برای یادآوری آن نیرو است و پیش‌زمینه‌ای برای تدریس نیروهای دیگر است.

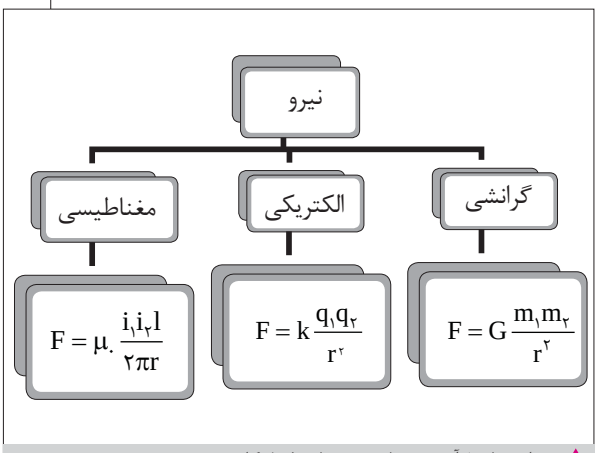
۸. چگونه می‌توان از این همانندی‌ها در کاهش سرفصل‌های فیزیک استفاده کرد؟

با توجه به مباحث فیزیک و کاربرد همانندی‌ها در این مباحث و وجود عوامل مشـــترک در آن‌ها، می‌تـــوان هنگام تدریس فیزیک، شاخهٔ موردنظر را به‌عنوان سرفصل اصلی تدریس کرد و سپس موارد مشـــابه را برای آن به‌عنوان زیرمجموعه بیان کرد. همانندی‌ها در شناخت بهتر مبحث، به دانش‌آموز کمک بســـزایی می‌کند. اما با توجه به اینکه شاخه‌های مختلف علم فیزیک گستردگی فراوانی دارند و مباحث هر شاخه، زنجیره‌ای به هم متصل‌اند، با بیـــان کلی می‌توان آن‌ها را آموزش داد و

جدول شماره ۱: رابطه نیروها و چگونگی تشابه بین پارامترها

نیرو	نیروی گرانشی	نیروی الکتریکی	نیروی الکترومغناطیسی
فرمول	$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$	$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$	$F = \mu_0 \frac{i_1 i_2 l}{2\pi r}$
رابطه نیرو با ذرات	رابطه مستقیم با حاصل‌ضرب جرم‌ها	رابطه مستقیم با حاصل‌ضرب بارها	رابطه مستقیم با حاصل‌ضرب بارها
رابطه نیرو با فاصله بین ذرات	رابطه عکس با مجذور فاصله	رابطه عکس با مجذور فاصله	رابطه عکس با خود فاصله
مثال	دستگاه توپ و زمین	دو گلوله باردار	دو سیم حامل جریان

نیاز است تا برای بیان هر مبحث، عوامل ابتدایی پیدایش آن توضیح داده شود. مثلاً برای بیان نیروی الکتریکی باید دانش‌آموز با تعریف میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی نیز آشنا شود که مباحث یک شاخه هستند. البته می‌دانیم که هر سه این نیروها در اثر میدانی در دستگاه خود به‌وجود می‌آیند. اما در کنار همه این نیازها می‌توان به‌طور کلی مبحث مورد نظر را به‌عنوان تیتر و سرفصل اصلی آورد و سپس موارد زنجیره‌ای را که در این مبحث مشابه‌اند بیان کرد. مثلاً طبق این پژوهش نیرو را به‌طور کلی و به‌عنوان سرفصل درس در نظر گرفته و توضیح داد، سپس موارد ذکر شده (الکتریکی، گرانشی، الکترومغناطیسی) را با توجه به همانندی‌شان بیان و ویژگی‌های مشترک را بررسی کرد. بنابراین در سرفصل اصلی نیرو، هر چه مصداق نیرو هست بررسی می‌شود. در ادامه نمودار درختی با سرفصل آموزشی نیرو و استفاده از همانندی در ویژگی پارامترهای اثرگذار در اندازهٔ سه نیروی ذکر شده به‌طور مختصر آورده شده است.



▲ نمودار شماره ۱. آموزش مباحث نیرو با سرفصل کلی نیرو

۸. نتیجه‌گیری

از مباحث مورد بررسی قرار گرفته شده در این پژوهش که نیروهای الکتریکی، گرانشی و الکترومغناطیسی هستند، این نتیجه به‌دست آمد که: نکته‌های مشترکی بین آن‌ها وجود دارد. این عوامل مشترک عبارت‌اند از: اندازهٔ ذرات باردار در نیروی الکتریکی، اندازه جرم اجسام در نیروی گرانشی و نیز اندازهٔ جریان یا ذرهٔ مغناطیسی در نیروی الکترومغناطیسی، که اندازه نیروها با این عوامل رابطه مستقیم داشتند، همچنین عامل مشترک دیگر، فاصله بین این ذرات است که: نیروی الکتریکی و گرانشی با مجذور فاصله رابطهٔ عکس دارند، اما در نیروی الکترومغناطیسی با خود فاصله رابطه عکس دارد. استفاده از این همانندی‌ها در نیروهای ذکر شده و بیان این عوامل در تدریس نیروهای موردنظر، یادگیری و فهم مطالب را برای دانش‌آموزان راحت‌تر و عمیق‌تر می‌کند و در مدت طولانی به‌صورت مجموعه‌ای با ویژگی‌های یکسان و زنجیره‌ای در خاطر دانش‌آموزان باقی می‌ماند و این تشابه باعث یک پیوستگی در مفهوم نیرو و همچون واژه کلیدی در ذهن دانش‌آموز به علت وجود ویژگی‌های مشترک می‌ماند. با استفاده از همانندی‌ها و پیدا کردن نکته‌های مشترک می‌توان به مجموعه‌ای منظم‌تر و منسجم‌تر از یک موضوع آموزشی در زمینه خاص از شاخه‌های مختلف رسید که دسترسی به آن راحت‌تر از یک مجموعهٔ گسترده‌تر در این مبحث است و این مجموعهٔ منسجم و کوچک که شامل موارد مشابه در نیروهای مختلف در شاخه‌های مختلف علم فیزیک است، یادگیری و یاددهی را بهبود می‌دهد.

منابع

۱. لقایی: شاهرخ، طرح آموزشی همانندی‌ها در فیزیک، مجلهٔ رشد آموزش فیزیک، شمارهٔ ۶۱، سال سیزدهم، ص ۲ ـ ۴.
۲. هالیدی؛ د، رزنیک؛ ر، فیزیک، الکتریسیته و مغناطیس، جلد دوم، ص ۱۷ ـ ۲۱.
۳. هالیدی؛ د، رزنیک؛ ر، فیزیک، مکانیک، جلداول، ص ۱ ص ۴۳ ـ ۴۷.
۴. سایت رشد آموزش فیزیک