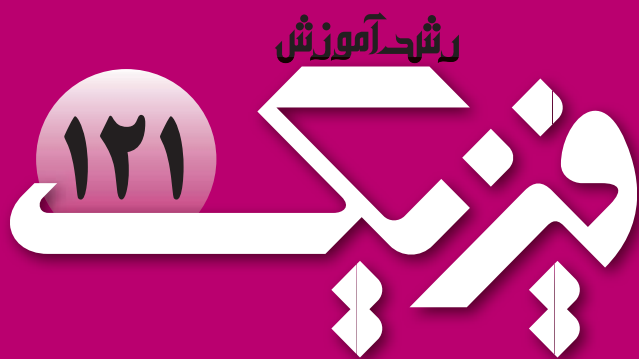




رشد آموزش

بسم الله الرحمن الرحيم

فصلنامه آموزشی، تحلیلی و اطلاع رسانی برای معلمان، مدرسان و دانشجویان
دوره سی و چهارم، شماره ۱، پاییز ۱۳۹۷



وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی
دفتر انتشارات و تکنولوژی آموزشی

مدیر مسئول: محمد ناصری
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
هیئت تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی،
دکتر حسن قلمی بایل علیایی، دکتر هانیه عالی نژاد،
دکتر سیده دایست سجادی، دکتر منیژه رهبر،
اسفندیار معتمدی
طراح گرافیک: نوید اندرودی
ویراستار: دکتر منیژه رهبر
نشانی مجله: تهران، ایران شهر شمالی، پلاک ۲۶۶
تلفن دفتر مجله: ۰۲۱-۸۸۳۰۵۸۶۲ (داخلی ۳۷۴)
نمبر مجله: ۰۲۱-۸۸۸۴۹۰۳۱۶
صندوق پستی مجله: ۱۸۵۷۵/۶۵۸۵
صندوق پستی امور مشترکین: ۱۵۸۷۵/۳۳۳۱
تلفن امور مشترکین: ۰۲۱-۸۸۸۶۷۳۰۸
وبگاه مجلات رشد: www.roshdmag.ir
پایان نگار مجله: Physics@roshdmag.ir
پیامک: ۳۰۰۰۸۹۹۵۰۲
چاپ و توزیع: شرکت افست
شمارگان: ۳۳۰۰ نسخه

یادداشت سردبیر / چالش های آموزش و پرورش / ۲

هماندی ها و کاربرد آن ها در آموزش مفهوم نیرو / طاهره عظیمی، غلامحسین رستگارسب، فاطمه عظیمی / ۳

طبقه بندی مسئله ها، ابزاری آموزشی برای یادگیری فیزیک / اندرو میسون، چاندرا لکا سینگ،

ترجمه رضوان حاجی هاشمی / ۸

از آموزش تا ارزشیابی (پای صحبت دکتر عبدالرسول عمادی، رئیس مرکز سنجش آموزش و پرورش) /

نصرالله دادار / ۱۲

نگاهی به اهداف و رویکردهای فیزیک دوازدهم / احمد احمدی / ۲۲

مهندسی برای همه / کریستین کانینگهام، ملیسا هیگنز، ترجمه مهدی اسمعیلی / ۲۴

نکته هایی که باید به خاطر داشت / فرد زیبمن، ترجمه عبدالصاحب حسنی نژاد، صدیقه حسین پور / ۲۸

مرزهای فیزیک / منیژه رهبر / ۳۳

آموزش مفاهیم پایه فیزیک ذرات (بخش دوم) / آرت هاپسون، برگردان مرجان روح نواز / ۳۸

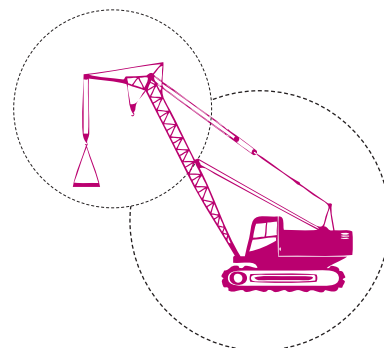
جهت نیروی اصطکاک / عزت الله رضایی، خاطره جعفری، مجتبی گلشنی / ۴۲

تحلیل تمرین ها و فعالیت های کتاب فیزیک دهم بر مبنای طبقه بندی بلوم / فریده پورباقری، مژگان دورنما / ۴۸

میدان الکتریکی در سیم های حامل جریان DC / صفورا شیرین نوش، فاطمه احمدی / ۵۶

همگرایی گرانشی و کاربردهای آن در کلاس های فیزیک و نجوم / برگردان مرجان روح نواز / ۵۹

- مجله رشد آموزش فیزیک، نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، به ویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشند، می پذیرد:
- مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود.
 - شکل قرار گرفتن جدول ها، نمودارها و تصاویر پیوست باید در حاشیه ی مطلب نیز مشخص شود.
 - نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه های علمی و فنی دقت لازم مبذول گردد.
 - مقاله های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز پیوست مقاله باشد.
 - در متن های ارسالی باید تا حد امکان از معادل های فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود.
 - زیرنویس ها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره ی صفحه مورد استفاده باشد.
 - مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله های رسیده مختار است.
 - آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً مبنی نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسئولیت پاسخگویی به پرسش های خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
 - مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شود، معذور است.



چالش‌های آموزش و پرورش

با این همه، به رغم نقدهای بسیاری که به مطالب کمک‌آموزشی و روندی که مؤسسه‌های تولیدکننده آن‌ها صورت می‌گیرد، هنوز این مطالب نقش تعیین‌کننده‌ای در نظام آموزشی ما دارند و شاگردان را به جای سوق دادن در جهت کسب مهارت، به حفظ کردن مطالب و فراموش کردن آن‌ها پس از گذراندن امتحانات تشویق می‌کنند. تلاش افراد دلسوز در جهت اجتناب از تأثیر این فعالیت‌ها به جایی نمی‌رسد و این مؤسسه‌ها مدام رشد بیشتری پیدا می‌کنند.

نکته دیگری که شاید به همان اندازه آموزش مهارت، اهمیت داشته باشد، آموزش مقابله با خطرات و آسیب‌هایی است که دانش‌آموزان در جامعه با آن‌ها روبه‌رو می‌شوند. بدون شک آموزش رفتار مناسب در موقعیت‌های مختلف و دفاع از خود در شرایط روبرویی با ناهنجاری‌های موجود در جامعه یکی از وظیفه‌های مهم نظام آموزشی است. شاگردان به دلیل محرمانه بودن برخورد با این گونه مسائل نمی‌توانند آن‌ها را با کسی در میان بگذارند. در نتیجه این مشکلات به عقده‌هایی تبدیل می‌شوند که در درازمدت آسیب فراوانی را وارد می‌کنند. عدم هماهنگی نظام آموزشی و رسانه‌ای کشور در برخورد با این مشکلات مانع از حل مسائل مربوطه شده است و هر روز صورتی جدی‌تر به خود می‌گیرند. بدون شک مسئولان نظام آموزشی کشور به خوبی آگاه‌اند که اکنون جهان به‌صورت دهکده‌ای کوچک درآمده است که خبر هر رویداد در آن به سرعت پخش می‌شود و همه ساکنان از آن اطلاع پیدا می‌کنند. در این شرایط، ایجاد محدودیت هیچ‌گونه کارایی نخواهد داشت. هر تلاش در جهت ایجاد محدودیت در جامعه با توجه به روحیه محدودیت‌گریز بشر به بزرگ‌تر شدن مشکل می‌انجامد. راه غلبه بر ناهنجاری‌ها آگاهی بخشیدن است. آگاه کردن جوانان از خطراتی که آن‌ها را تهدید می‌کند تنها راه اجتناب از مشکلاتی است که ناگاهی در این زمینه به وجود می‌آورد.

باید خوب و بد، درست و نادرست را بدون محدودیت به شاگردان آموخت و با تربیت صحیح این امکان را به آن‌ها داد تا با توجه به شناخت خودشان، راه صحیح را انتخاب کنند.

سال تحصیلی جدید را در حالی آغاز می‌کنیم که شرایط متلاطم جهان و موقعیت حساس کشورمان مسئولیت دست‌اندرکاران آموزش کشور را بسیار سنگین ساخته است. نهاد آموزش و پرورش مسئولیت بسیار مهم تربیت آینده‌سازان کشور را بر عهده دارد. این افراد بزرگ‌ترین سرمایه کشور را تشکیل می‌دهند و آموزش و تربیت آن‌ها به گونه‌ای که بتوانند نقش خود را به درستی در جامعه ایفا و زندگی شایسته‌ای را برای خود تأمین کنند و سبب پیشرفت کشور شوند مهم‌ترین وظیفه نهاد آموزش و پرورش است.

درباره کارآمدی نظام آموزشی کشور بحث‌های بسیاری مطرح می‌شود و نقدهایی هم در این مورد صورت می‌گیرد. بدون شک نقد وضعیت موجود و تلاش در جهت رفع کاستی‌ها و مشکلات سبب پیشرفت امور خواهد شد. ولی متأسفانه بیشتر آنچه مشاهده می‌شود فقط بیان مسائل است و کمتر تلاشی در جهت حل مشکلات مشاهده می‌شود. نتیجه این کار چیزی جز ایجاد یأس و ناامیدی نخواهد بود. بلکه آنچه بدان نیاز داریم با قاطعیت عمل کردن، اجتناب از بزرگ‌نمایی مسائل و انداختن تقصیر به گردن دیگران است.

بدون شک جوانان کشور ما از بهره هوشی بالایی برخوردارند و در صورت آموزش صحیح می‌توانند این توان بالقوه خود را به‌صورت بالفعل درآورند و با توجه به امکانات و منابع طبیعی موجود در کشور آن را به جایگاه والایی در جهان برسانند. متأسفانه شاخص‌های موجود نشانگر آن هستند که در حال حاضر این کار به درستی صورت نمی‌گیرد و فقدان مدیریت مناسب در راستای بهره‌گیری منابع موجود باعث شده است که در بسیاری موارد از کشورهایی با امکانات بسیار کمتر عقب‌تر باشیم. هنوز بیشترین دغدغه دانش‌آموزان و والدین آن‌ها آموزش تست‌زنی، و حفظ کردن مطالب درسی برای قبول شدن در آزمون‌های ورودی دانشگاه‌ها و مؤسساتی است که بسیاری از جوانان پس از قبول شدن در آزمون ورود به آن‌ها و به دست آوردن مدرک مربوط، نمی‌توانند کاری انجام دهند و زندگی خود را تأمین کنند. گفت‌وگوی این شماره مجله با مسئول ارزشیابی وزارت آموزش و پرورش، مسائل موجود در این زمینه را به خوبی نمایان می‌سازد.

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 آموزش و پرورش 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: اندازه ذرات و همچنین فاصله بین این ذرات است و ارتباط این عوامل با اندازه 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 زمینه 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 زمینه فیزیک، سایر مفاهیم مشابه را در زمینه‌های دیگر فیزیک همزمان آموزش داد. شاهرخ لقای در طرح آموزش همانندی‌ها به این نتیجه رسید که: دیود به مثابه یکسوساز الکتریکی، شیر یک طرفه آب به عنوان یکسوساز جریان آب، شیرهای یک طرفه پنوماتیکی به عنوان یکسوساز باد و یکسوساز نوری به عنوان یکسوکننده نور، از وسایلی هستند که گرچه به لحاظ ظاهری

متفاوت به نظر 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 نظامی جدید و قابل استفاده 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 کمیتی برداری 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 هل 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

۳-۱. نیروی گرانشی

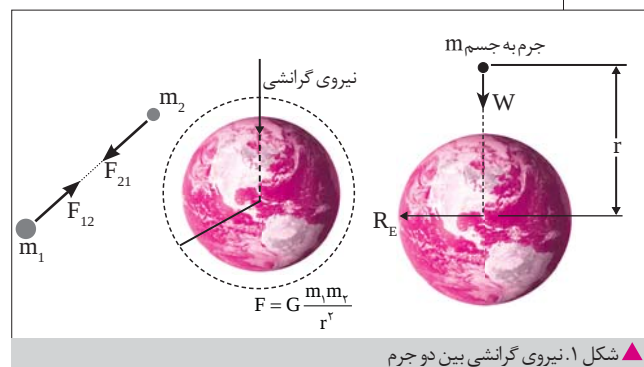
بنا به قانون گرانش نیوتون هر دو جرم همواره یکدیگر

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

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

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 فاصله دو جسم رابطه 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 مشابهی است که در نصف فاصله آن قرار گرفته باشد. به دلیل 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، تحت تأثیر گرانش، مسیری منحنی را طی خواهد کرد. اگر سرعت این پرتابه به اندازه کافی باشد، می‌تواند یک دایره کامل را گرد زمین بپیماید و همواره دور زمین بچرخد.



▲ شکل ۱. نیروی گرانشی بین دو جرم

۳-۲. نیروی الکتریکی

نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند با حاصل ضرب اندازه دو بار رابطه مستقیم و با مجذور فاصله دوبار رابطه عکس دارد.

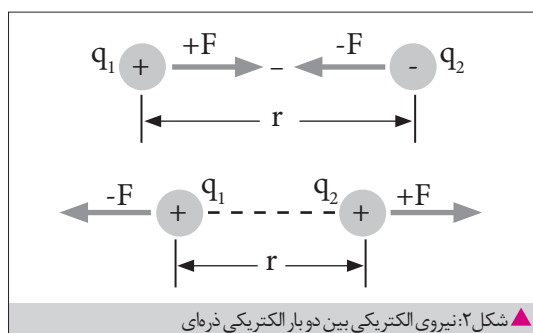
ساز و کار بنیادی قانون کولن بیان می‌کند که بارهای همنام یکدیگر را دفع و بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند [۲]. شکل نرده‌ای قانون کولن تنها اندازه نیروی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای را بیان می‌کند. اگر جهت مهم باشد شکل برداری نیز اهمیت می‌یابد.

اندازه نیروی الکترواستاتیک (F) از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

که r فاصله بین دو بار و k ، ثابت تناسب است. نیروی مثبت، جذب دو بار و نیروی منفی، دافعه 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 ذره باردار، ارتباط مستقیم با اندازه آن دو دارد. یعنی هر چه اندازه آن‌ها بیشتر باشد، نیروی بین آن دو بیشتر است. این قانون همچنین می‌گوید که نیروی الکتریکی میان دو ذره باردار با مجذور فاصله دو جسم رابطه وارون دارد و این نیرو در فواصل نزدیک قوی‌تر عمل می‌کند.



▲ شکل ۲. نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی ذره‌ای

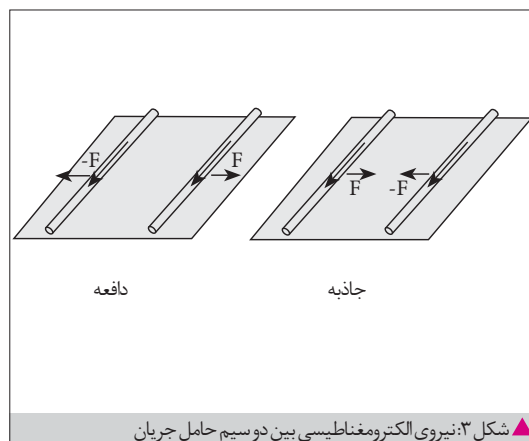
۳-۳. نیروی الکترومغناطیسی

هر گاه دو بار الکتریکی متحرک داشته باشیم، این دو بار به یکدیگر نیروی مغناطیسی وارد می‌کنند. این نیرو با اندازه بارها رابطه 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.

اندازه نیروی الکترومغناطیسی بین دو سیم از رابطه زیر به دست می‌آید:

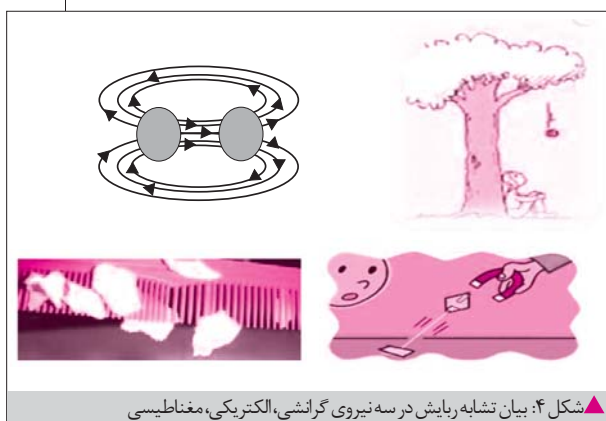
$$F = \mu \cdot \frac{i_1 i_2 L}{2\pi r} \quad (3)$$

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.



۴. بیان تعریف مشترک و تشابه بین مفاهیم ذکر شده

هر دو جرمی که در فاصله مشخصی قرار داشته باشند به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. هر دو ذره باردار که در فاصله 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 فاصله معینی قرار دارند به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. در هر سه نیرو، اندازه ذرات و فاصله بین آن‌ها در اندازه نیرو اهمیت دارند و تأثیر گذارند. نیروهای بررسی شده، هر سه بر اثر میدانی که ذرات در اطراف خود ایجاد می‌کنند، به وجود 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 کره زمین 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



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 اعمال 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 باشد برای تدریس دو نیروی دیگر. برای بیان نیروی الکترومغناطیسی نیز نیاز است که ابتدا دانش آموز با دو میحث نیروی الکتریکی و مغناطیسی آشنا شود.

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

وقتی تویی را به هوا پرتاب می‌کنیم، این توپ پس از طی زمان معین و رسیدن به نقطه اوج خود به زمین برمی‌گردد. وقتی یک گلوله فلزی باردار را به یک آونگ فلزی باردار نزدیک می‌کنیم که دارای بار مخالف آن است، گلوله آونگ منحرف می‌شود. اگر بارها ناهمنام باشند گلوله جذب آن می‌شود. اگر یک فلز (آهنی) را نزدیک آهنربا قرار دهیم، به آهنربا جذب می‌شود. اگر دو سیم انعطاف پذیر را در یک مدار قرار دهیم و جریان را برقرار کنیم، دو سیم 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. برای پدیده پرتاب توپ، زمین و توپ دو جرم هستند که یکدیگر را به‌سوی خود می‌کشند و به دلیل اینکه جرم زمین نسبت به توپ بیشتر است توپ به سمت آن جذب می‌شود. هر چه توپ به زمین نزدیک‌تر می‌شود نیروی 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 سمت خود می‌کشد، هر چه فلز قوی‌تر باشد نیرو بیشتر و هر چه فاصله آهنربا با فلز کمتر باشد نیرو قوی‌تر می‌شود. در پدیده دو سیم موازی نیز؛ هر کدام از دو سیم نقش زمین و توپ را دارند.

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

با کشف و استفاده از همانندی‌های پدیده‌ها و به‌کارگیری نمادهای ساده و مناسب می‌توان نظمی نو به اطلاعات گسترده داد و به یک جمع‌بندی و سازمان‌دهی با نظمی جدید برای استفاده بهینه‌تر دست یافت. وقتی دانش آموز با مبحث جاذبه که آن را به روشنی 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 گرانشی مثل پدیده پرتاب توپ و معرفی هر کدام از اجرام و تشابه دادن آن‌ها با 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 دانش آموز ملموس‌تر و یادگیری آن سریع‌تر می‌شود. معادله نیروی کولنی بسیار شبیه به معادله گرانش نیوتونی است. q نقش m را در این قانون بازی می‌کند، در مبحث مغناطیس نیز علاوه بر اینکه دانش آموز 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 سیم حامل جریان اشاره کرده و در اینجا دانش آموز با مبحث کامل‌تر نیروی الکترومغناطیس آشنا شود. در بیان این نیرو برای دو سیم موازی نیز به‌خوبی می‌توان از تشابه 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 اینجا i نقش m و q را دارد و در هر سه فرمول در مخرج کسر، فاصله دیده می‌شود. همانندی‌ها در یک مبحث فیزیکی همچون کلید رمزگشایی است که با بیان عوامل مشترک در ویژگی‌ها، یادگیری را در بیان مفهوم دیگر آسان‌تر می‌کند. مثلاً در مبحث نیرو، دانش آموز با دانستن 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.

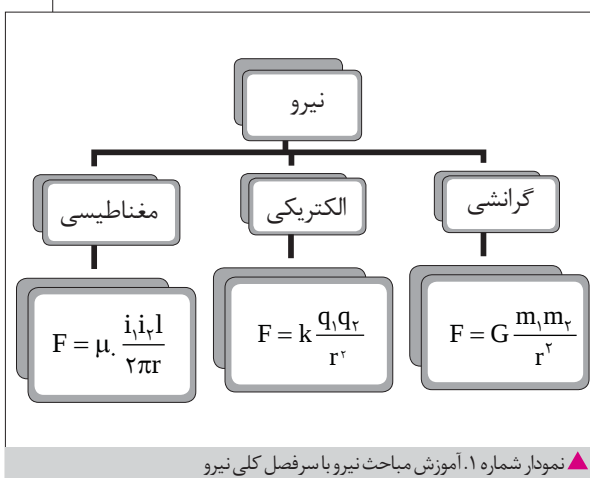
طبق جدول صفحه بعد می‌توان به‌خوبی دید که سه نیروی ذکر شده دارای ویژگی‌های مشابه هستند. اندازه نیرو در هر سه حالت به اندازه ذرات، وابستگی مستقیم و با فاصله بین آن‌ها رابطه عکس دارد. بنابراین آموزش و شناخت یکی از نیروها می‌تواند راه را برای آموزش نیروهای دیگر هموار و آسان‌تر کند. شناخت یک نیرو و دانستن فرمول و وابستگی به پارامترهای 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 مشترک در آن‌ها، می‌توان هنگام تدریس فیزیک، شاخه موردنظر را به‌عنوان سرفصل اصلی تدریس کرد و سپس موارد مشابه را برای آن به‌عنوان زیرمجموعه بیان کرد. همانندی‌ها در شناخت بهتر مبحث، به دانش آموز کمک بسزایی می‌کند. اما با توجه به اینکه شاخه‌های مختلف علم فیزیک گستردگی فراوانی دارند و مباحث هر شاخه، زنجیره‌ای به هم متصل‌اند، با بیان 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	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	$F = \mu \frac{i_1 i_2 l}{2 \pi r}$
رابطه نیرو با ذرات	رابطه مستقیم با حاصل ضرب جرم‌ها	رابطه مستقیم با حاصل ضرب بارها	رابطه مستقیم با حاصل ضرب 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 تیترو 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 اندازه سه نیروی ذکر شده به‌طور مختصر آورده شده است.

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: اندازه ذرات باردار در نیروی الکتریکی، اندازه جرم اجسام در نیروی گرانشی و نیز اندازه جریان یا ذره 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 رابطه 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 مجموعه گسترده‌تر در این مبحث است و این مجموعه 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، مجله رشد آموزش فیزیک، شماره ۶۱، سال سیزدهم، ص ۲-۴.
۲. هالیدی؛ د، رزنیکی؛ ر، فیزیک، الکتریسته و مغناطیس، جلد دوم، ص ۱۷-۲۱.
۳. هالیدی؛ د، رزنیکی؛ ر، فیزیک، مکانیک، جلد اول، ص ۴۳-۴۷.
۴. سایت رشد آموزش فیزیک



طبقه‌بندی مسئله‌ها ابزاری آموزشی برای یادگیری فیزیک

اندرو میسون^۱، چاندرالکا سینگ^۲
ترجمه رضوان حاجی‌هاشمی

چکیده

توانایی طبقه‌بندی مسئله‌ها بر پایه اصول بنیادی، به جای محتوا، یکی از ویژگی‌های بارز مهارت در حل مسئله فیزیک در نظر گرفته می‌شود. ما با الهام از یک مطالعه کلاسیک که توسط چی، فلتویچ گلاسز انجام شده است، طبقه‌بندی ۲۵ مسئله مکانیک مقدماتی براساس شباهت در روش حل توسط شاگردان دوره‌های مقدماتی مبتنی بر حسابان، را با استادان دانشکده فیزیک و دانشجویان دکتری مقایسه کرده‌ایم. در اینجا ما خلاصه مطالعه را ارائه داده‌ایم که نشان می‌دهد کار طبقه‌بندی، به‌ویژه هنگامی که توسط شاگردانی انجام شود که در گروه‌های کوچک با هم‌تایان خود کار می‌کنند، می‌تواند یک ابزار آموزشی مناسب برای کمک به آن‌ها در دوره‌های مقدماتی آموزش فیزیک باشد که تا شباهت اساسی مسئله‌های متنوع با اصول فیزیکی مشابه را تشخیص دهند.

کلیدواژه‌ها: طبقه‌بندی مسئله‌ها، شباهت مسئله‌ها، اصول مهم

مقدمه

فیزیک، موضوعی سرشار از دانستنی‌هاست، و قانون‌های فیزیک در چارچوب‌های دقیق ریاضی ارائه شده‌اند. شاگردان در بسیاری از دوره‌های مقدماتی فیزیک باید بیاموزند که قانون‌های فیزیکی را که در فرمول‌های ریاضی ارائه شده‌اند بسط دهند و در شرایط مختلف اعمال کنند تا پدیده‌های فیزیکی را پیش‌بینی کرده و شرح دهند. [۴-۱] به عبارت

دیگر، برای دستیابی به مهارت، شاگردان باید بیاموزند که اصول انتزاعی فیزیکی را تفسیر کنند و شناخت بهتری از آن‌ها به‌دست آورند و تلاشی آگاهانه برای کسب دانشی منسجم داشته باشند [۹-۵]. طبقه‌بندی مسئله‌های فیزیک بر پایه شباهت راه‌حل، به جای محتوا یا ویژگی‌های ظاهری مسائل، یکی از نشانه‌های بارز مهارت در نظر گرفته می‌شود [۱۴-۱۰]. یک متخصص فیزیک می‌تواند بسیاری از مسئله‌های مربوط به پایستگی انرژی را در یک طبقه و مسئله‌هایی را که مربوط به پایستگی تکانه هستند در طبقه دیگر قرار دهد. حتی اگر برخی از مسئله‌های مربوط به قانون‌های پایستگی مختلف محتوای مشابهی داشته باشند و با دیگر مسئله‌هایی که فقط مربوط به پایستگی انرژی هستند محتوای بسیار متفاوتی داشته باشند. به هر حال یادگیری، محتوامحور است و بسیاری از شاگردان دوره‌های مقدماتی فیزیک تلاش می‌کنند تا شباهت‌های اساسی مسئله‌های فیزیک با مشخصات ظاهری متفاوت را تشخیص دهند. برای مثال یک استاد فیزیک مسئله‌ای مربوط به یافتن سرعت چرخش یک بالرین که بازوهایش را نزدیک بدنش قرار داده و مسئله مربوط به چرخش یک ستاره نوترونی را که بر اثر نیروی جاذبه خودش فرومی‌پاشد به‌عنوان مسائل مشابه طبقه‌بندی خواهد کرد. زیرا در هر دو مسئله هیچ گشتاور خارجی بر دستگاه وارد نمی‌شود و پایستگی تکانه زاویه‌ای هر دستگاه بیانگر افزایش سرعت زاویه‌ای آن است. با وجود این شاگردان بر مشخصات ظاهری مسئله تمرکز می‌کنند و مسئله‌های بالرین و ستاره نوترونی را بسیار متفاوت می‌پندارند. در مطالعه انجام شده توسط چی و همکاران [۱۰] (در اینجا با نام مطالعه

چی از آن یاد می‌شود)، از هشت شاگرد فیزیک مقدماتی در دوره‌های مبتنی بر حسابان درخواست شد که مسئله‌های مکانیک مقدماتی را براساس شباهت در راه حل، طبقه‌بندی کنند. برخلاف متخصصان که مسئله‌ها را براساس قانون‌های فیزیک به کار رفته در حل آن‌ها طبقه‌بندی می‌کنند، شاگردان مقدماتی به مشخصات ظاهری آن‌ها حساس بودند. برای مثال مسئله‌های مربوط به سطح شیب‌دار را در یک طبقه و مسئله‌های مربوط به قرقره را در یک طبقه جداگانه قرار دادند [۱۰]. با الهام از مطالعه چی [۱۰]، ما طبقه‌بندی مسئله‌های مکانیک مقدماتی را به‌وسیله دانشجویان دوره‌های پیشرفته مبتنی بر حسابان، با اعضای هیئت علمی فیزیک و دانشجویان دوره‌های دکتری مقایسه کردیم. ما نسبت به آنچه از تحلیل داده‌های مربوط به تنها ۸ دانشجوی مقدماتی که در مطالعه چی [۱۰] داوطلب شده بودند به‌دست آمده بود، طیف بسیار وسیع‌تری از مهارت شاگردان را در یک کلاس مقدماتی بزرگ یافتیم. در بخش‌های بعدی به شرح مطالعه می‌پردازیم و نشان می‌دهیم که تکلیف طبقه‌بندی به‌ویژه هنگامی که توسط دانشجویانی که در گروه‌های کوچک با همسالان خود هستند انجام شود می‌تواند یک ابزار آموزشی مؤثر برای کمک به شاگردان دوره‌های فیزیک مقدماتی باشد، تا بیاموزند که شباهت اساسی بین مسئله‌های با محتوای متفاوت اما اصول فیزیکی اساسی مشابه را تشخیص دهند.

روش

ما توانستیم پرسش‌های مطرح شده در مطالعه چی و همکاران [۱۰] را به‌دست آوریم. بنابراین خودمان پرسش‌های مکانیک و تعداد زیادی پرسش اقتباس شده از مطالعات قبلی [۱۱-۱۳] را انتخاب کردیم. بافت ۲۵ مسئله مکانیک، متفاوت و شامل «سینماتیک یک‌بعدی و دو بعدی»، «دینامیک»، «کار و انرژی» و «ضربه و تکان»^۳ بود. در ابتدای مجموعه پرسش‌ها، به همه شرکت‌کنندگانی که تکلیف طبقه‌بندی را انجام می‌دادند دستورالعمل زیر ارائه شد:

وظیفه شما این است که ۲۵ مسئله زیر را بر پایه شباهت در راه‌حل در ورقه کاغذی که در اختیارتان قرار داده شده در گروه‌های مختلف طبقه‌بندی کنید. مسئله‌هایی که به نظر شما مشابه‌اند را در یک گروه قرار دهید. می‌توانید هر تعداد گروه که بخواهید داشته باشید. گروه‌بندی مسئله‌ها نباید بر حسب «آسان»، «متوسط» و «سخت» باشد بلکه باید براساس ویژگی‌ها و مشخصاتی باشد که آن‌ها را مشابه می‌سازد. یک مسئله می‌تواند در بیش از یکی از گروه‌ها قرار گیرد. لطفاً توضیح مختصری درباره اینکه چرا یک مجموعه مسئله را در گروه خاصی قرار داده‌اید، ارائه دهید. لازم نیست هیچ مسئله‌ای را حل کنید.

ورقه‌ای که از شرکت‌کنندگان درخواست شده بود که در آن مسئله‌ها را طبقه‌بندی کنند، دارای سه ستون بود. از ایشان درخواست شده بود که در ستون اول نام دلخواه گروه را برای هر یک از گروه‌ها بنویسند. در ستون دوم از آن‌ها درخواست شده بود توضیح دهند چرا مسئله‌هایی که در آن گروه قرار دارند با هم طبقه‌بندی شده‌اند، و در ستون سوم خواسته شده بود که فهرست شماره مسئله‌هایی را بنویسند که باید در آن گروه قرار گیرند. غیر از این نه به شاگردان و نه به اعضای هیئت علمی هیچ نکته‌ای درباره اینکه چه نامی برای گروه‌ها انتخاب کنند، داده نشد. اگر چه ما ایده‌ای درباره اینکه گروه‌های ساخته شده توسط افراد باید «خوب» در نظر گرفته شوند یا «بد» داشتیم، اما فرض‌هایمان را با استادان اعتبارسنجی کردیم. ما به‌طور تصادفی طبقه‌بندی‌های ایجاد شده توسط ۲۰ شاگرد فیزیک مقدماتی را انتخاب و آن‌ها را به سه استاد که اخیراً فیزیک مقدماتی تدریس کرده بودند دادیم و از ایشان خواستیم درباره اینکه هر یک از گروه‌های ساخته شده توسط تک‌تک شاگردان باید «خوب»، «متوسط» یا «ضعیف» در نظر گرفته شوند، تصمیم بگیرند. از آن‌ها درخواست شد که به هر ردیف دارای نام گروه که توسط شاگرد ساخته شده بود و به توضیح اینکه چرا این گروه برای قرارگیری مسائلی که در آن قرار داده است مناسب است، امتیاز دهند. از استادان خواستیم که اگر گروه ایجاد شده توسط شاگرد مقدماتی را «خوب» ارزیابی کردند، پرسش‌هایی را که متعلق به این گروه نیستند خط بزنند. سازگاری امتیازات استادان مختلف بیش از ۹۵ درصد بود. ما از آرای ایشان به‌عنوان راهنما برای امتیاز دادن به گروه‌های ساخته شده توسط هر شاگرد به‌عنوان «خوب»، «متوسط» و «ضعیف» استفاده کردیم. هر گروه فقط در صورتی که براساس اصول اساسی فیزیک بود، «خوب» در نظر گرفته می‌شد. طبق روال معمول هر دو گروه «پایستگی انرژی» و «پایستگی انرژی مکانیکی» را به‌عنوان گروه‌های «خوب» در نظر گرفتیم. «انرژی جنبشی» به‌عنوان نام گروه، در صورتی که شاگرد توضیحی نداده بود که پرسش‌های آن گروه می‌تواند با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی یا قضیه کار و انرژی حل شود، یک طبقه‌بندی «متوسط» در نظر گرفته شد. به گروهی مانند «انرژی» هم در صورتی که شاگردان برای قرار دادن مسئله‌ای در آن گروه دلیل منطقی ارائه کرده بودند، امتیاز «خوب» داده شد. اگر یک دسته ثانویه مانند «اصطکاک» یا «تنش» تنها گروهی بود که مسئله‌ای در آن قرار داشت و توضیح گروه، اصول فیزیکی اولیه مربوط به آن را بیان نکرده بود، یک گروه «متوسط» در نظر گرفته شد. دسته‌هایی مانند «سطح شیب‌دار» و «قرقره» نیز «ضعیف» در نظر گرفته شدند.

شاید برای حل مسئله‌ای بیش از یک اصل یا مفهوم قابل

توانایی
طبقه‌بندی
مسئله‌ها بر پایه
اصول بنیادی به
جای محتوا یکی
از ویژگی‌های
بارز مهارت
در حل مسئله
فیزیک در نظر
گرفته می‌شود

استفاده بود. راهنمای طبقه‌بندی، به شاگرد گوشزد می‌کرد که می‌تواند یک مسئله را در بیش از یک دسته قرار دهد. با توجه به اینکه مسئله داده شده می‌توانست با استفاده از بیش از یک رویکرد حل شود، دسته‌بندی براساس روش‌های مختلفی که برای حل مناسب هستند، «خوب» در نظر گرفته شد. درباره مسئله‌هایی که برای حل نیاز به دو اصل مهم داشتند، افرادی که آن‌ها را به خوبی دسته‌بندی کرده بودند یا گروهی ساخته بودند که شامل هر دو اصل مانند «پایستگی انرژی مکانیکی» و «پایستگی تکانه» می‌شد و مسئله‌ها را در دو دسته ساخته شده یکی مربوط به پایستگی انرژی مکانیکی و دیگری مربوط به پایستگی تکانه قرار داده بودند «خوب» در نظر گرفته شد. برای برخی مسئله‌ها، پایستگی انرژی مکانیکی می‌توانست کارآمدتر باشد، اما مسئله‌های مذکور می‌توانستند با استفاده از سینماتیک یک‌بعدی و دوبعدی شتاب ثابت نیز حل شوند. در اینجا بحث ما منحصر به طبقه‌بندی‌هایی است که از استادان امتیاز خوب دریافت کردند. در بخش نتایج، اینکه گروه خاصی (شاگرد مقدماتی، دانشجویان دکتری یا اعضای هیئت علمی) ۶۰ درصد از مسئله‌ها را در دسته خوبی قرار داده بودند نشان می‌دهد که ۴۰ درصد دیگر مسئله‌ها در دسته‌های متوسط یا ضعیف قرار داده شده‌اند.

یافته‌ها

کلاس مبتنی بر حسابان با ۱۸۰ شاگرد، کار طبقه‌بندی را در کلاس‌های شفاهی پس از آموزش‌های مربوط انجام دادند. شکل (۱) نمودار میله‌ای درصد پرسش‌هایی را که در دسته‌های «خوب» (نه متوسط یا ضعیف) قرار گرفتند نشان می‌دهد و میانگین عملکرد ۱۸۰ شاگرد مقدماتی را با ۲۱ دانشجوی دکتری و ۷ عضو هیئت علمی در کار طبقه‌بندی مقایسه می‌کند. اگرچه عملکرد شاگردان مقدماتی مبتنی بر حسابان در کار طبقه‌بندی، هم‌سطح دانشجویان دکتری نیست، همپوشانی زیادی بین دو گروه وجود دارد که نشان می‌دهد بسیاری از شاگردان مقدماتی هنگام طبقه‌بندی مسئله‌ها از «تازه‌کار» بودن فاصله گرفته‌اند [۱۰]. همچنین شکل (۱) نشان می‌دهد تفاوت در طبقه‌بندی «خوب» میان اعضای هیئت علمی فیزیک و دانشجویان دکتری و شاگردان فیزیک مقدماتی مبتنی بر حسابان است. اعضای هیئت علمی فیزیک اغلب به روش‌های متعدد حل مسئله اشاره کرده بودند و برای یک مسئله خاص دسته‌های مختلفی، اغلب بیش از دانشجویان دکتری و شاگردان مقدماتی، مشخص کرده بودند. شاگردان فیزیک مقدماتی و حتی برخی از دانشجویان دکتری، نسبت به اعضای هیئت علمی، مسئله‌های بسیار

بیشتری را در دسته‌های نامناسب قرار داده بودند. مثلاً مسئله‌ای را که مبتنی بر قضیه ضربه و تکانه یا پایستگی تکانه است در دسته پایستگی انرژی قرار داده بودند. بسیاری از دسته‌های ساخته شده توسط اعضای هیئت علمی، دانشجویان دکتری و شاگردان مقدماتی، مشابه بودند ولی بخشی از مسئله‌هایی که توسط هر گروه در دسته‌بندی خوبی قرار گرفته بودند، متفاوت بود. تعدادی دسته‌بندی ضعیف مانند سطح شیب‌دار و قرقره به چشم می‌خورد که توسط شاگردان مقدماتی، نه توسط استادان فیزیک یا دانشجویان دکتری به وجود آمده بودند. افزون بر این برخی از شاگردان فیزیک مقدماتی برای مسئله‌هایی که به صراحت محاسبه سرعت و انرژی جنبشی را خواسته بود، دسته‌بندی‌هایی را با نام این کمیت‌های فیزیکی ساخته بودند. توضیح‌های ارائه شده توسط شاگردان به‌عنوان اینکه چرا نام آن دسته خاص، برای مثال «سرعت»، مناسب‌ترین نام برای یک مسئله است، کافی نبود. شاگردان مقدماتی نوشته بودند که این گروه را به این دلیل ساخته‌اند که درخواست مسئله، محاسبه سرعت است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، احتمال ساختن چنین دسته‌هایی توسط دانشجویان دکتری بسیار کمتر از شاگردان مقدماتی بود و دانشجویان دکتری با احتمال بیشتری مسئله‌ها را براساس اصول فیزیکی و مفاهیم، مثلاً «پایستگی انرژی مکانیکی» یا «سینماتیک یک بعدی»، دسته‌بندی کرده بودند. در پرسش‌هایی که مربوط به کاربرد دو اصل فیزیکی مهم بودند، مثلاً مسئله آونگ بالیستیک، بیشتر استادان مسئله را در هر دو دسته «پایستگی انرژی مکانیکی» و «پایستگی تکانه» قرار داده بودند. در عوض بیشتر شاگردان مقدماتی و حتی برخی از دانشجویان دکتری آن را به‌عنوان مسئله‌ای از «انرژی» یا مسئله‌ای از «تکانه»، نه هر دو دسته، دسته‌بندی کرده بودند.

کاربرد در آموزش

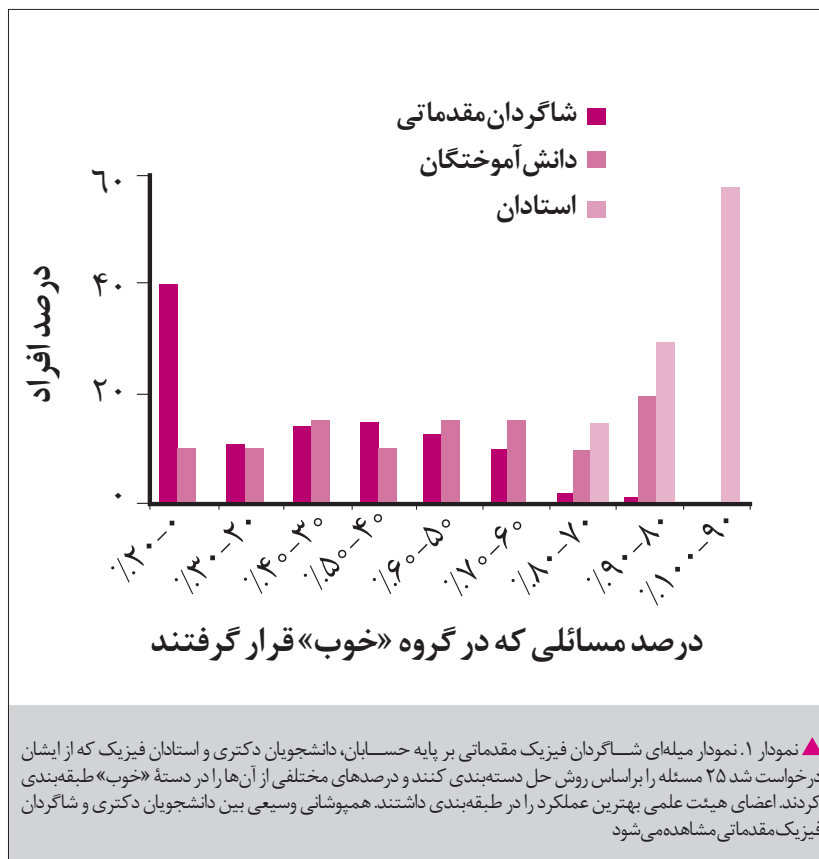
آموزش فیزیک مقدماتی با استفاده از مفاهیم مختلف، ابزاری مناسب برای کمک به شاگردان در یادگیری فیزیک است. شاگردان باید بیاموزند که اصول فیزیکی را در شرایط گوناگون به کار برند تا به پیش‌بینی و شرح پدیده‌های فیزیکی بپردازند. مفاهیم عینی می‌تواند به شاگردان کمک کند که اصول فیزیکی خلاصه شده را بهتر بیاموزند. همچنین مفاهیم می‌توانند کمک کنند که مشارکت فعال شاگرد در فرایند یادگیری حفظ شود و نیز به آن‌ها کمک می‌کند که آنچه را آموخته‌اند با دانش قبلی و تجربیات خود پیوند دهند. با وجود این شاگردان باید بیاموزند اصول فیزیکی مهم را فراتر از مفاهیم خاص درک کنند، چرا آن اصول در مورد

← پی‌نوشت‌ها

1. Andrew Mason
2. Chandralekha Singh
۳. مسائل را می‌توان با ارسال پست الکترونیکی به نشانی ajmason@uca.edu دریافت کرد.

← منابع

1. Mashood K and Singh V 2013 Large scale studies on the transferability of general-problem solving skills and the pedagogical potential of physics Phys. Educ. 48 629
2. Yap K and Wong C 2007 Assessing conceptual learning from quantitative problem solving of a plane mirror problem Phys. Educ. 42 50
3. Reif F 1986 Scientific approaches to science education Phys. Today 39 48
4. Reif F 1995 Millikan lecture 1994: understanding and teaching important scientific thought processes Am. J. Phys. 63 17
5. Reif F 1981 Teaching problem solving—a scientific approach Phys. Teach. 19 310
6. Larkin J and Reif F 1979 Understanding and teaching problem solving in physics' Eur. J. Sci. Educ. 1 191
7. Larkin J 1981 Cognition of learning physics Am. J. Phys. 49 534
8. Larkin J, McDermott J, Simon D and Simon H 1980 Expert and novice performance in solving physics problems Science 208 1335
9. Maloney D 1994 Research in problem solving: physics Handbook of Research on Science Teaching and Learning ed D Gabel (New York: MacMillan) pp 327–54
10. Chi M, Feltovich P and Glaser R 1981 Categorization and representation of physics problems by experts and novices Cogn. Sci. 5 121
11. Singh C 2009 Categorization of problems to assess and improve proficiency as teachers and learners Am. J. Phys. 77 73
12. Lin S and Singh C 2010 Categorization of quantum mechanics problems by professors and students Eur. J. Phys. 31 57
13. Mason A and Singh C 2011 Assessing expertise in introductory physics using categorization task Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 7 020110
14. Wolf S, Dougherty D and Kortemeyer G 2012 Empirical approach to interpreting cardsorting data Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 8 010124



سپس بحثی کلاسی درباره اینکه چرا بعضی دسته‌بندی‌ها بهتر از بقیه هستند انجام دهیم و شاگردان می‌توانند تکالیف طبقه‌بندی ادامه‌داری را تا اطمینان از یادگیری فردی در این فعالیت دریافت کنند. تکالیف طبقه‌بندی به شاگردان کمک می‌کند به مهارت‌های رشد نیافته خود بپردازند. آن‌ها فقط تجزیه و تحلیل مفهومی انجام می‌دهند و نقشه حل را در فرایند حل کردن مسئله طراحی می‌کنند که با به کار بردن نقشه مخالف است و مانع رویکرد الگوریتمی برای حل مسئله است. همچنین مربیان می‌توانند در این فرایند دانش خود را درباره محتوای آموزشی برحسب اشتباه‌های رایج شاگردان در طبقه‌بندی مسئله‌ها توسعه دهند. این کار با دسته‌بندی مسئله‌ها از دیدگاه شاگردان و سپس مقایسه پاسخ‌های آن‌ها با داده‌های منتشر شده، درباره اینکه شاگردان مقدماتی وقتی واقعاً تنها هستند چگونه آن‌ها را دسته‌بندی می‌کنند، امکان‌پذیر است.

چنین مفاهیمی کاربری دارند و اینکه چگونه بفهمند یک اصل خاص در شرایط جدیدی که با آن روبه‌رو می‌شوند قابل استفاده است یا نه. دسته‌بندی مسئله‌های مختلف براساس شباهت در روش حل می‌تواند ابزار مفیدی برای کمک به شاگردان در یادگیری فیزیک باشد زیرا این کار، آن‌ها را هدایت می‌کند که تمرکزشان به جای مفاهیم خاص، بر شباهت مسئله‌ها براساس اصول مهم باشد. مثلاً شاگردان فیزیک با سطوح متفاوتی از مهارت می‌توانند در گروه‌های کوچکی قرار گیرند و از آن‌ها درخواست شود که مسئله‌ها را طبقه‌بندی کنند و درباره اینکه چرا مسئله‌های متفاوت باید در یک گروه قرار گیرند بحث کنند، بدون اینکه از آن‌ها بخواهیم مسئله‌ها را به‌طور کامل حل کنند. چون طبق نمودار (۱) در عملکرد افراد برای طبقه‌بندی مسئله‌ها تنوع وجود دارد، شاگردان مقدماتی در گروه‌های کوچک می‌توانند بحث معناداری هنگام طبقه‌بندی کردن آن‌ها داشته باشند.



از آموزش تا ارزشیابی

پای صحبت دکتر عبدالرسول عمادی، رئیس مرکز سنجش آموزش و پرورش

گفت‌وگو از نصرالله دادار

عکاس غلامرضا بهرامی

اشاره

جریان آموزشی و جریان ارزشیابی و سنجش صورت گیرد.

متن کامل این گفت‌وگو را در ادامه ملاحظه خواهید کرد:

• منیژه رهبر: خواهشمند است جهت آشنایی بیشتر خوانندگان ابتدا از سوابق تحصیلی و کاری خودتان صحبت کنید.

○ **عمادی:** من عبدالرسول عمادی متولد ۱۳۴۷ در بوشهر هستم. دیپلم ریاضی فیزیک و لیسانس دبیری فیزیک دارم. از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۱ در دانشگاه بوعلی همدان، دانشجوی فیزیک بودم. بعد از آن تا سال ۱۳۷۷ دبیر فیزیک بودم. در سال ۱۳۷۷ در آزمون کارشناسی ارشد فلسفه علم دانشگاه شریف پذیرفته شدم. ولی چون یک مسئولیت اداری داشتم از سال ۱۳۷۹ با تأخیر وارد دانشگاه شدم. در سال ۱۳۸۰ فوق لیسانس فلسفه علم گرفتم و به بوشهر برگشتم. بعد از آن تا سال ۱۳۸۴، هم مسئولیت‌های اداری داشتم و هم تدریس می‌کردم. در این فاصله مدیر کل آموزش و پرورش استان‌های بوشهر و خوزستان هم بودم. سال ۱۳۸۴ برای

دکتر عبدالرسول عمادی رئیس مرکز سنجش آموزش و پرورش در گفت‌وگو با مجله رشد آموزش فیزیک گفت: «معتقدم حجم محتوای درسی ما با ساعت تدریس و توانایی معلمان و انگیزه‌های آنان و نظارت والدین، در تعادل خوبی نیستند. به همین دلیل، قربانی اول این داستان ارزشیابی است. زیرا وقتی حجم کتاب، زیاد و زمان کم است و شاید طی همین زمان، تعطیلی هم اتفاق بیفتد، نقش معلم، نقش یک سخنران می‌شود و به جای اینکه یادگیری تعاملی بین معلم و دانش آموز شکل گیرد، معلم یک سخنران می‌شود و به جلو می‌رود و ارزشیابی مستمر و تکوینی در طی سال و ارزشیابی توأم با آموزش از بین می‌رود.»

رئیس مرکز سنجش در این گفت‌وگو که با حضور خانم دکتر منیژه رهبر، سردبیر، و آقایان اسفندیار معتمدی، احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی و دکتر سیدهدایت سجادی، اعضای هیئت تحریر فصلنامه رشد آموزش فیزیک انجام شد، افزود: «اصلاح نظام ارزشیابی اولین گام در جهت بهبود نظام آموزش و پرورش است و آن هم کار مشترکی است که باید با هماهنگی بین سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی و گروه‌های برنامه‌ریزی درسی و



ما نیاز به تحول در نظام ارزشیابی خود داریم. تحول در نظام ارزشیابی نیازمند یک سازمان محوری برای هماهنگ‌سازی همه اجزای تعلیم و تربیت است

ابتدایی این ارزشیابی به خوبی انجام می‌شود یا خیر و معلم‌ها می‌توانند به خوبی از عهده آن برآیند یا خیر - موجب یک نوع آزادی در دوره ابتدایی است که در این آزادی، یادگیری بهتر انجام می‌شود. البته اگر این آزادی یک آزادی هدایت شده باشد. یعنی معلم هدایت آموزشی کتاب را و هدایت آموزشی یادگیری را به خوبی عهده‌دار شود. وقتی بچه‌ها بعد از آن وارد دوره متوسطه اول می‌شوند، یک‌باره نظام ارزشیابی ما کمی می‌شود. چند وقت پیش مطلبی با عنوان امپراتوری نمره در پایه هفتم نوشتم. بچه‌ها تا پایه ششم آزادند بعد یک‌باره که وارد پایه هفتم می‌شوند، ترمزشان را به‌شدت با نمره

می‌کشیم. یک ماه از سال تحصیلی در پایه هفتم نگذشته است، والدین را خبر می‌کنیم و یک کارنامه به‌دستشان می‌دهیم و او می‌بیند که نمره‌های فرزندش چگونه است. ولی با دیدن نمره‌ها وحشت می‌کند و می‌گوید که نمره‌هایش طی ۶ سال گذشته خیلی خوب بود و واقعاً هم خیلی خوب بود. بچه‌ها تمام مطالب را می‌فهمید و متوجه می‌شد.

مدرس‌ها هم عادت کردند، برای هماهنگ کردن بچه‌ها با نظام ارزشیابی خودشان در پایه هفتم یک جور سخت‌گیری خاصی دارند، معتقدند که بچه در دوره ابتدایی رها بوده است و حالا باید تحت قیود فعلی خودشان درآید و به همین دلیل از امتحانات مداد کاغذی استفاده می‌کنند. به‌نظر من اصلاح این نظام ارزشیابی در وهله اول ایجاد بهبود در نظام آموزش و پرورش قرار دارد و این هم یک کار مشترکی است که باید بین سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی و گروه‌های برنامه‌ریزی درسی و جریان آموزش و جریان ارزشیابی و سنجش صورت بگیرد.

ما باید برای حل این چالش بزرگ اقدام کنیم، که چگونه باید ارزشیابی کنیم و فرایند این چگونه ارزشیابی کردن از پایه اول تا دوازدهم را به‌صورت عملیاتی طوری طراحی کنیم که یک‌باره با یک مانع سخت در پایه هفتم مواجه نشویم.

چرا ما با چنین وضعیتی مواجه هستیم که بچه در طی ۶ سال هیچ نمره‌ای ندارد اما در پایه هفتم با انبوهی از عدد به‌عنوان نمره مواجه می‌شود. معتقدم اگر بتوانیم این موضوع را علاج کنیم می‌توانیم خیلی از مشکلات نظام آموزشی را حل کنیم.

● معتمدی: آیا برای این قسمت فکری شده است؟

○ **عمادی:** کاری که در طی حدود پنج سال، بنده در مرکز سنجش با ۳ وزیری که آمدند، انجام دادیم، این بود که گفتیم: سیاست‌گذاری واحدی در حوزه ارزشیابی اتفاق بیفتد. در حال حاضر مصوباتی که شورای عالی آموزش و پرورش

خواندن دکترای تاریخ علم به تهران آمدم. در سال ۱۳۸۶ پذیرش شدم و سال ۹۱-۱۳۹۰ فارغ‌التحصیل شدم. بعد از آن در گروه تاریخ علم پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی مشغول تدریس شدم، چون جزء اولین فارغ‌التحصیلان تاریخ علم بودم. البته در ایران دو یا سه نفری بودند که در این رشته تحصیل کرده بودند. مثل آقای دکتر حسین معصومی همدانی که در پاریس دکترایش را خوانده بود.

● **رهبر:** شما در نظام آموزشی مسئولیت دارید و می‌دانید که به هر حال نقدهایی به آموزش و پرورش ما می‌شود و بحث‌های زیادی وجود دارد. به قدری که شاگردان زحمت می‌کشند، مطلبی یاد نمی‌گیرند. خوشبختانه گویا یک سری حرکت‌هایی در جهت اینکه بچه‌ها از کمک آموزشی و تست و حفظ کردن و... بیرون بیایند به‌وجود آمده است. از دید شما چه تحولی می‌تواند به کارآمدتر شدن نظام آموزشی ما کمک کند؟

○ **عمادی:** ما نیاز به تحول در نظام ارزشیابی خود داریم. تحول در نظام ارزشیابی نیازمند یک سازمان محوری برای هماهنگ‌سازی همه اجزای تعلیم و تربیت است. امروز صبح در خدمت آقای دکتر تورانی سرپرست سازمان پژوهش بودیم و بخش‌های مختلف دیگری هم حضور داشتند. شورای عالی بود. آقای دکتر نوید، آقای دکتر زرافشان، دکتر خنیفر از دانشگاه فرهنگیان، دکتر عظمتی از دانشگاه شهید رجایی و از خود دوستان سازمان پژوهش بودند.

بحث بر سر این موضوع بود که سازمان پژوهش یک سازمان محوری در وزارت آموزش و پرورش است. من گفتم: اینجا یک شاهراهی است که همه حوزه‌ها می‌آیند و به آن وصل می‌شود. اینجا مسئول پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی است. یعنی باید تکلیف محتوا را روشن کند و تکلیف چگونگی فرایند یاددهی، یادگیری محتوا را نیز روشن کند و طبیعتاً باید تکلیف ارزشیابی آن محتوا را نیز روشن کند.

منتهی این سازمان باید با حمایت و کمک و همفکری همه حوزه‌های آموزش و پرورش این کار را انجام بدهد. در حال حاضر ما یک نقصانی در نظام ارزشیابی خود داریم و آن این است که محتوایی برای دوره ابتدایی طراحی کردیم و برایش یک ارزشیابی کیفی قرار دادیم. یعنی در این ارزشیابی کیفی که بر فرایند تدریس هم اثر گذاشته است، بچه‌ها یک نوع آزادی دارند و معلم‌ها در ارائه محتوا آزادی دارند و دغدغه اینکه بچه‌ها در پایان سال نمره می‌آورند یا خیر را ندارند و بچه‌ها را هم تحت فشار قرار نمی‌دهند که حتماً گزاره‌های خاصی را بخوانند و حفظ کنند و بعد از آن‌ها امتحان مداد و کاغذی بگیرند.

اعتقاد بر این است که ارزشیابی کیفی - بماند که آیا در دوره

درسی بیشتر است. یعنی ارزشیابی به معلم دید جدیدی در آموزش می‌دهد که چه باید انجام بدهد.

وقتی به آزمون‌ها و اندیشه‌های بین‌المللی مثل تیمز و پرلز نگاه می‌کنیم، تحولات شگفت‌انگیزی در نحوه طراحی سؤال و بالاخص در ارتباط با نحوه تصحیح ورقه‌ها مشاهده می‌کنیم. به ویژه کدهایی که پاسخ‌های مختلف می‌دهند. مثلاً کدهای درست با عددهای ۱ و ۲ شروع می‌شوند و کدهای نادرست با عددهای ۷ و ...

مثلاً برای کسی که یک مطلبی را نوشته باشد و پاک کرده باشد با کسی که اصلاً چیزی ننوشته باشد، فرق قائل هستند. یعنی نظام ارزشیابی همواره یک آزمایشگاه بزرگ برای پی بردن به کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان و اصلاحاتی که باید در نحوه آموزش معلمان اتفاق بیفتد است. براساس همین یافته‌ها در ارزشیابی ما نیز می‌توانیم در امتحانات نهایی این‌گونه عمل کنیم.

○ **عمادی:** برای اینکه موضوع ارزشیابی و مشکلاتش را در ایران ببینیم، باید دید آیا تناسبی بین محتوایی که به بچه‌ها منتقل می‌کنیم با زمان حضور بچه‌ها در کلاس و مدرسه وجود دارد؟

اعتقادم بر این است که برنامه درسی تحقق‌یافته ما با برنامه‌ای که طراحی می‌کنیم خیلی فاصله دارد. وقتی برنامه را اجرا می‌کنیم در اجرا، هدف‌گذاری اولیه برای برنامه درسی به شدت با چالش مواجه می‌شود. چالش‌هایی همچون تعطیلی کلاس، شرایط غیرمترقبه، شرایط جوی مثل برف، گرد و خاک و هوای گرم باعث تعطیلی کلاس می‌شوند.

ساعت کلاسی را طوری برنامه‌ریزی کردیم که طی ۲ ساعتی که بچه در کلاس حضور دارد، امکان انتقال مطلب به جز در نیم ساعت اول وجود ندارد و در بقیه اوقات بچه حوصله گوش دادن به مطالب را ندارد.

معتقدم حجم محتوای درسی ما با ساعت تدریس و توانایی معلم‌ها و انگیزه‌های آنان و نظارت والدین، در تعادل خوبی نیستند. به همین دلیل قربانی اول این داستان ارزشیابی است. وقتی حجم کتابتان زیاد است و باید آن را به دانش‌آموزان منتقل کنید و زمان کم است و ممکن است در طی همین زمان تعطیلی هم اتفاق بیفتد، نقش معلم یک سخنران می‌شود. به جای اینکه یک یادگیری تعاملی بین معلم و دانش‌آموز شکل بگیرد، معلم یک سخنران می‌شود و به جلو می‌رود و ارزشیابی مستمر و تکوینی در طی سال و ارزشیابی توأم با آموزش از بین می‌رود و همه‌چیز به یک ارزشیابی

دارد بر مبنای صلاحیت‌های حوزه‌های مختلف است. مثلاً پیشنهاد می‌دهند و به شورای عالی می‌رود و در شورای عالی تصویب می‌شود و به بیرون ارسال می‌شود.

به همین دلیل اگر بسیاری از قانون‌های آموزش و پرورش را در کنار هم بگذارید، گاهی با هم تناقض دارند. به نظر من باید سیاست‌گذاری واحدی در حوزه ارزشیابی انجام شود. متولی حوزه ارزشیابی را مرکز سنجش و سازمان پژوهش قرار دهیم. هر اتفاقی که می‌خواهد در حوزه ارزشیابی واقع بشود و هر پیشنهادی که قرار است به شورای عالی آموزش و پرورش برود، باید حاصل توافق میان سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی و مرکز سنجش باشد. به‌عنوان مثال سازمان آموزش و پرورش استثنائی خودش به‌طور مستقل برای ارزشیابی برنامه‌ریزی نکند. معاونت ابتدایی خودش یک پیشنهاد برای شورای عالی نبرد و یک مصوبه بگیرد. معاونت متوسطه نبرد برای پایه‌های هفتم و هشتم مصوبه‌های جداگانه بگیرد. بلکه یک سیاست‌گذاری واحد داشته باشد. هنوز هم به این مسئله

اعتقاد دارم که متأسفانه سیاست‌گذار واحدی برای این موضوع نداریم. الان در حوزه ابتدایی یک سری دوستان مدافعان سفت و محکم ارزشیابی توصیفی هستند. بعد در دوره متوسطه دوستانی منتقد ارزشیابی توصیفی ابتدایی هستند و می‌گویند که بچه‌ها را بی‌سواد تحویل مقاطع بالاتر می‌دهند. ما که جزایر مجزایی نیستیم. باید تعیین تکلیف واحدی بشود. این‌گونه نیست که تا پایه ششم در فنلاند درس خوانده باشد و برای پایه هفتم به ایران آمده باشد. خیر. از یک مدرسه‌ای در ایران به مدرسه دیگری آمده است. چرا باید این

همه اتفاقات وجود داشته باشد؟

● **احمدی:** ما واقف هستیم که ارزشیابی در آموزش به‌خاطر خط‌دهی در آموزش خیلی اهمیت دارد و البته در دانش ارزشیابی، ارزشیابی یک امتحان پایانی یا یک اتفاق محسوب نمی‌شود. بلکه فرایندی است که ما در طی آن بچه‌ها را ارزشیابی می‌کنیم که چقدر به دانش قصد شده رسیدند و چقدر مهارت و نگرش کسب کردند و قضاوت درباره تمام آن‌ها، اسمش ارزشیابی است.

وزیر آموزش و پرورش فرانسه می‌گوید: نقش یک آزمون پایان سال در عمل از هزاران صفحه برنامه



وزیر آموزش و پرورش فرانسه می‌گوید: نقش یک آزمون پایان سال در عمل از هزاران صفحه برنامه درسی بیشتر است. یعنی ارزشیابی به معلم دید جدیدی در آموزش می‌دهد که چه باید انجام بدهد

پایانی موقوف می‌شود و آن وقت بچه باید حجم زیادی از کتاب را بخواند و برای امتحان حاضر بشود.

متأسفانه ما آزمون‌های جامع نداریم. ما باید یک ارزشیابی و آزمون‌های جامع داشته باشیم که از ارزشیابی پیشرفت تحصیلی جدا باشد. باید ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مرتباً در ضمن سال بین معلم و شاگرد در جریان باشد و ما بعد از پایان یک دوره، یک آزمون جامع بگیریم تا متوجه شویم اهداف دوره در آن مرحله چقدر محقق شده است و این آزمون در سطح مدرسه باشد. معلم پایه ششم با هر نمره توصیفی که بخواهد، نتیجه ارزشیابی‌اش را اعلام کند. بعداً آزمون جامعی از بچه‌ها گرفته شود تا میزان درک و فهم و یادگیری بچه‌ها از علوم، ریاضی و ادبیات سنجیده شود.

امروزه چالش بزرگ و جدی که در آموزش و پرورش ایران با آن مواجه هستیم، این است که یا اصلاً آزمون جامع نداریم و یا اگر هم آزمونی باشد تحت عنوان آزمون پیشرفت تحصیلی است. مثلاً امتحان نهایی پایه دوازدهم یا سوم متوسطه می‌خواهد هم نقش ارزشیابی تحصیلی پایه دوازدهم را ایفا کند و هم با آن کل سیستم سنجیده شود.

امروزه نقشی که برای امتحانات نهایی قائل هستیم این است که نظام آموزش و پرورش و کارایی و اثربخشی سیستم را نیز با همان امتحانات نهایی می‌سنجیم.

۴-۵ سال است که در مرکز سنجش برنامه‌ای با عنوان تحلیل نتایج امتحانات نهایی را انجام می‌دهیم. در آنجا تحلیل می‌کنیم که از منظر امتحانات نهایی کدام منطقه موفق‌تر و کدام منطقه ناموفق‌تر بوده است. در حالی که این امتحانات ارزشیابی از کتاب درسی بوده است و نه کل نظام. ارزشیابی از جنس آزمون تیمز و پرلز نیست. چون در آن آزمون‌ها عوامل متعدد و متنوعی در آزمون دخیل هستند. ما به طراح و دبیر امتحانات نهایی چه می‌گوییم؟ ما که از او نمی‌خواهیم آزمون جامع و کاملی برای سنجش تمام ابعاد یادگیری بچه‌ها طراحی کند. ما فقط از او می‌خواهیم ۱۵ تا ۲۰ سؤال از کتاب درسی طراحی کند. طبق یک استاندارد حداقلی طراحی سؤال می‌کنیم و امتحان می‌گیریم و بیشتر نقش همان ارزشیابی پیشرفت تحصیلی را دارد. یعنی محتوا سنجیده می‌شود نه یادگیری دانش‌آموزان.

ما به دلیل مشکلات فراوانی که در عمل وجود دارد، آزمون جامع نمی‌گیریم و این یکی از ضررهای بزرگ در آموزش و پرورش جامعه ایران است.

همان امتحان نهایی هم که گرفته می‌شود و کل کشور با آن سنجیده می‌شود میانگین نمرات جاجرم خراسان شمالی را با منطقه یک تهران مقایسه می‌کنیم. میانگین نمرات جاجرم ۱۱ و میانگین نمرات تهران ۱۸ می‌شود. نتیجه‌گیری

تهران خیلی خوب و جاجرم خیلی ضعیف می‌شود. این کار عملاً برای آموزش و پرورش سودی ندارد. چون دانش‌آموزان فارغ‌التحصیل شدند و رفتند و نتایج آن‌ها کلیتی به‌دست ما می‌دهد ولی سال بعد دانش‌آموزان عوض شدند و نتایج متفاوتی در سال بعد خواهیم داشت. بنابراین امکان تصحیح و بهبود نخواهیم داشت.

ما باید در هر پایه‌ای آزمون جامع بگیریم و اصلاحات به‌دست آمده مثلاً در پایه ششم را برای پایه هفتم مدنظر قرار بدهیم. اشکالات بچه‌ها را در پایه ششم تحلیل کنیم و آن‌ها را برای پایه هفتم تغییر بدهیم و سبب بهبودی آموزش و محتوا و فرایند آموزش شویم.

● **احمدی:** جناب دکتر به‌نظرم بخشی از آن، به منابع و اعتبارات ربط پیدا می‌کند ولی بخشی از آن به آموزش همکارانمان مربوط می‌شود. چون نگاه در ارزشیابی حتی در نمره‌دهی متفاوت شده است. این بخش که لازم است همکاران دوره ببینند تا بیاموزند نحوه نمره دادن براساس آخرین تحقیقات در دنیای امروز چگونه است، در ایران صورت نمی‌گیرد.

○ **عمادی:** بنده می‌گویم ارزشیابی شما و چگونگی محتوای آن به زمان ارائه محتوا، تجهیزات و آزمایشگاه و کلاسی که در مدرسه دارید بستگی دارد. چند درصد معلمان علوم و فیزیک ما، مباحث را در آزمایشگاه درس می‌دهند؟ واقعاً چند درصد آموزش علوم ما در ایران در آزمایشگاه و حین انجام آزمایش تدریس می‌شود؟ خیلی کم.

ارزشیابی تابعی از آموزش شماست. شما نمی‌توانید بروید و ارزشیابی را اصلاح کنید و پرسش‌ها را به‌گونه‌ای طراحی کنید که بچه‌ها استدلال کنند. چون اصلاً به بچه‌ها استدلال یاد نداده‌اید. به‌خاطر اینکه اصلاً در آزمایشگاه با بچه‌ها این مسائل را تمرین و حل نکردید. بچه‌ها فقط این مفاهیم را بر روی کاغذ خوانده‌اند.

فرق میان آگاهی و تربیت این است که آگاهی را می‌توان از طریق تلویزیون، روزنامه، کتاب و رادیو منتقل کنید ولی برای تربیت باید با طرف زندگی کنید تا اینکه جزئی از تربیتش شوید و فرایند یادگیری - یاددهی علم بخشی از تربیت است. اگر می‌خواهید فقط آگاهی به دانش‌آموزان بدهید، او مطالب را حفظ می‌کند و به شما پاسخ می‌دهد و هیچ‌گونه استدلالی برای شما نمی‌کند. نوع سؤالاتی که ما از دانش‌آموزان می‌پرسیم، اقتضای استدلال کردن متفاوت را ندارد. حتی در برخی سؤالات، دلیل را ما خودمان به بچه‌ها گفته‌ایم و خواستیم دلیل آن را بنویسند.

ما آنچنانی که درس می‌دهیم، ارزشیابی می‌کنیم. اگر

**حجم محتوای
درسی ما با
ساعت تدریس
و توانایی
معلم‌ها و
انگیزه‌های
آنان و نظارت
والدین، در
تعادل خوبی
نیستند. به
همین دلیل
قربانی اول
این داستان
ارزشیابی است**

کل ببینیم. یعنی همه اجزا بر روی یکدیگر تأثیر می‌گذارند. ولی به نظر می‌رسد خیلی تسلیم وضعیت فعلی شده‌ایم. یک نظام ارزشیابی به مسیر آموزش جهت می‌دهد. در عمل هم نظام ارزشیابی، این کار را کرده است. اما احتمالاً نظام ارزشیابی فقط به شما ربط ندارد. ما دو نهاد داریم: یکی مرکز سنجش وزارت آموزش و پرورش است و دیگری سازمان سنجش وزارت علوم است. سؤال من این است، آیا اساساً این دو نهاد ارتباطی به هم دارند یا خیر؟ به دلیل اینکه آنچه کلاً آموزش و پرورش ما را تحت تأثیر قرار داده است، همان سنجش و کنکور وزارت علوم است.

به عنوان مثال عمده مدارس تیزهوشان که دولتی هستند - کاری به غیر انتفاعی ندارم - در سطح تهران بیشتر درس‌ها را حذف کرده‌اند تا بتوانند در همان ساعت درسی کلاس‌های کنکور و شیوه‌های تست‌زنی برای بچه‌ها بگذارند. دقیقاً مدارس تیزهوشان تهران و احتمالاً سایر نقاط کشور به یک مؤسسه برای کنکور تبدیل شده‌اند. یعنی این نظام ارزشیابی خارج از اراده آموزش و پرورش است که روی کل موضوع اثر گذاشته است و به کل فرآیند آموزش جهت داده است.

○ **عمادی:** سؤال شما این بود که آیا بین مرکز سنجش و سازمان سنجش رابطه‌ای وجود دارد یا خیر؟ از روزی که سازمان سنجش آموزش کشور تأسیس شد، برای این بود که نظام آموزشی را مورد یک ارزشیابی بیرونی قرار بدهد و داده‌های نظام آموزشی را بسنجد و ببیند اعتبارشان چقدر است و بر مبنای داده‌های نظام آموزشی، تکلیف پذیرش دانشجو‌ها و دانشگاه‌ها را روشن کند. به عبارت دیگر سازمان سنجش آموزش کشور برای حذف کنکور تشکیل شد. به خاطر اینکه در آن موقع با وضعی روبه‌رو شده بودیم که تعداد دانشگاه‌ها در کشور زیاد شده بود و متقاضی ورود به دانشگاه به شکلی بود که می‌توانستند کنکور را حذف کنند و از نمره‌های مدرسه‌ای برای پذیرش دانشجو استفاده کنند. منتهی تا این سازمان تشکیل شد، در اواخر دهه پنجاه، انقلاب، جنگ، بالا رفتن جمعیت و کم شدن ظرفیت دانشگاه‌ها باعث مستحکم‌تر شدن پایه‌های کنکور شدند و این سازمان به جای اینکه مأموریت اصلی خودش را انجام بدهد، برعکس، وظیفه‌اش فقط برگزاری دوره‌های کنکور شد و واقعاً این مسئله پیش آمد.

اتفاقی که در حال حاضر در کشور رخ داده این است که حدود ۲۷۰۰ دانشگاه داریم با سه میلیون و دویست یا سیصد هزار ظرفیت صندلی دانشگاهی (ظرفیت پذیرش دانشجو) اما حدود ۸۰۰ - ۷۰۰ هزار داوطلب داریم.

بخواهید هر کاری در نظام ارزشیابی انجام بدهید، تا زمانی که نظام یاددهی - یادگیری اصلاح نشود و تا محتوا به درستی تغییر نکند، تا تجهیزات آزمایشگاه کافی نباشد و معلم تسلط کافی بر موضوعات و مباحث نداشته باشد، موفق نخواهید بود.

● **دادار:** شما در اینجا خیلی بیشتر از ما نظام ارزشیابی را نقد کردید. از طرف دیگر می‌گویید اگر بخواهد تحولی در نظام آموزشی صورت بگیرد، این تحول باید از نظام ارزشیابی آغاز شود. مگر مرکز سنجش کارش همین نیست؟ پس مرکز سنجش چه می‌کند؟

○ **عمادی:** مرکز سنجش، مرکزی برای گرفتن آزمون است. آنچنانی که شما به دانش‌آموزان درس دادید، مرکز سنجش آزمون می‌گیرد.

ما برای امتحانات نهایی طوری سؤال طراحی می‌کنیم که میانگین نمره کشور در برگه‌ها کمتر از ۱۲ نشود. چرا؟ چون اگر یک ذره سؤال‌ها را سخت‌تر کنیم، آموزش و پرورش ایران سقوط می‌کند.

وقتی با همین پرسش‌های آسان دانش‌آموزان مدام به خیابان می‌آیند و می‌گویند سؤال‌ها سخت بوده است، من می‌گویم این موضوع، مسئله‌ای است در کل فرایند تعلیم و تربیت و به ارگان خاصی ربط ندارد.

آقای دادار عزیز! من می‌گویم شما نمی‌توانید هیچ‌کسی را پشت میز محاکمه بنشانید و اشکالاتی را که مربوط به یک نظام است را به آن فرد نسبت بدهید و با آن او را محکوم کنید. حتی یک فرد خطاکار جامعه را نمی‌توانید جداگانه مجازات کنید و بگویید مشکل جامعه را حل کردیم.

در جوامع بسیاری از آدم‌های خطاکار را می‌گیرند، حبس می‌کنند و اعدام می‌کنند. آیا مسئله حل می‌شود؟ چون با معلول برخورد می‌کنند! علت را به شکل فراگیر نمی‌بینند تا بتوانند مسئله را بشناسند و حل کنند.

عرض من این است که نظام ارزشیابی ما در تناسب با محتوا و نظام آموزشی فعلی مان است.

● **سجادی:** ما باید نظام آموزشی را مثل یک



ما باید نظام آموزشی را مثل یک کل ببینیم. یعنی همه اجزا بر روی یکدیگر تأثیر می‌گذارند

ممکن است بگویید خیلی خوب است تعداد داوطلبان خیلی کمتر از تعداد صندلی‌های دانشگاهی است بدین ترتیب هر کسی بخواهد می‌تواند بر روی هر صندلی که دوست دارد، بنشیند. اگر این موضوع را علنی کنیم، همه دانش‌آموزان برای نشستن بر روی صندلی پزشکی ابراز علاقه می‌کنند. آن وقت چند تا صندلی رشته پزشکی داریم؟ مثلاً ده‌هزار تا. اینکه می‌گوییم همه به سمت پزشکی می‌روند درست است چون تعداد بیش از ۶۰۰ هزار نفرشان در زیرگروه علوم تجربی هستند و همه آن‌ها علاقه‌مند پزشکی، دندان پزشکی و داروسازی هستند و کل ظرفیت پزشکی هم ۱۵ - ۱۰ هزار نفر بیشتر نیست.

ما با یک وضعیت بغرنجی در ایران مواجه هستیم. در رشته‌های مهندسی، انسانی و هنر تا دلتان بخواهد ظرفیت خالی وجود دارد. مثلاً در حال حاضر یک پزشک متخصص که نامش جا افتاده باشد، درآمدش با هیچ‌کس قابل مقایسه نیست و به همین دلیل همه به این رشته روی می‌آورند و در مقابلش صنعت و کارخانجات رو به تعطیلی و مهندسان بیکار هستند. با این اوصاف همه دوست دارند به رشته تجربی بروند. ما عملاً با این چنین شرایطی مواجه هستیم.

● معتمدی: امسال یک اقدام شجاعانه‌ای در آموزش و پرورش صورت گرفت و آن مسئله از بین بردن رقابت بین دانش‌آموزان از طریق تست و آزمون بود ولیکن به نظر می‌رسد این اقدام اولیه‌ای که وزیر مطرح کردند، در حال سست شدن است. آیا این‌طور است؟

○ عمادی: وزیر آموزش و پرورش برنامه‌ای را مطرح کرد و آن این بود که ما در دوره ابتدایی ارزشیابی را توصیفی کردیم تا بچه‌ها کمتر در آزمون شرکت کنند و امتحانات گوناگون از آن‌ها گرفته نشود. ولی به‌خاطر اینکه بچه‌ها در پایه ششم باید در آزمون تیزهوشان یا آزمون مدارس نمونه شرکت کنند، از همان پایه اول در گاج و قلم‌چی و ... شرکت می‌کنند و آزمون می‌دهند تا تراز قلم‌چی آن‌ها بالا برود تا پایه هفتم و بعد در آزمون تیزهوشان شرکت می‌کنند.

گفتند: آزمون را حذف کنیم. بعد گفتند: اگر آزمون حذف شود، باید به نحوی برای این مدارس دانش‌آموز بگیریم. اگر آزمون حذف شود چه کنیم؟ از طریق مسابقات ورزشی، فرهنگی و ... انتخاب کنیم؟

این بحث مطرح شد و گفتند نمی‌توانند آزمون‌ها را حذف کنند مگر اینکه مدارس نمونه و تیزهوشان را در متوسطه اول حذف کنند. تیزهوشان را در پایه نهم شناسایی کنیم و ۳ سال به آن‌ها آموزش بدهیم به‌عنوان کسانی که دارای استعداد

ویژه هستند. این طرح مطرح شد و به شورای عالی رفت و به تصویب شورای عالی آموزش و پرورش هم رسید که در متوسطه اول، مدارس نمونه و تیزهوشانش حذف شود و اگر بچه‌ها می‌بایست در آزمونی شرکت کنند در پایه نهم باشد. در خیلی از کشورهای دنیا این‌گونه است که در ۹ سال اول دوره آموزش عمومی است و هیچ‌گونه آموزش تخصصی در آن وجود ندارد و تمایزی نیست. مدارس مجزایی وجود ندارد. تفکیکی وجود ندارد. در شورای عالی این طرح تصویب شد. منتهی این مصوبه هنوز به امضای رئیس‌جمهور نرسیده است. اتفاقی که برای امسال افتاده است (به‌دلیل تصویب نشدن مصوبه) این است که برای مدارس استعدادهای درخشان برای سال ۹۷، دانش‌آموزان در پایه هفتم پذیرش می‌شوند. منتهی اینکه چگونه این شیوه صورت بگیرد، آیا به شکل آزمون‌های سال‌های قبل باشد یا خیر، هنوز در وزارتخانه تصمیم‌گیری نشده است.

آنچه که می‌توانم عرض کنم این است که برای پایه هفتم مدارس تیزهوشان دانش‌آموز خواهیم داشت و برای مدارس نمونه این‌گونه نیست و بنابر آنکه نحوه پذیرش آنان از سال‌های قبل متفاوت باشد.

● معتمدی: الان برای مدارس غیردولتی وضعیت چگونه است؟ آیا آن‌ها می‌توانند امتحان بگیرند؟

○ آنچه که گفته شده این است که مدارس غیردولتی هم نباید آزمون بگیرند و باید پذیرش دانش‌آموزان را به شیوه‌هایی غیر از آزمون انجام بدهند. متأسفانه شیوه‌ای که در ایران باب شده است، این است که مدارس غیردولتی می‌گویند دانش‌آموز باید بسیار زبده و با معدل عالی باشد، تا بتوانند او را پذیرش کنند. از میان کسانی که این شرایط را دارا هستند، آن‌هایی را انتخاب می‌کنند که بتوانند در آزمون ورودی نمره بالاتری کسب کنند و این هنر نیست که بهترین دانش‌آموزان را با بیشترین میزان دریافتی مالی از والدین در مدارس داشته باشید و اعلام کنید بالاترین میزان قبولی در کنکور را دارم.

● دادار: ممکن است بفرمایید مرکز سنجش آموزش و پرورش، چه وظایفی دارد؟

○ عمادی: سابقاً اسم مرکز سنجش، اداره کل امتحانات بود. وظیفه اداره کل امتحانات، اجرای امتحان‌های نهایی بود. در سابق ما در ایران ۳ امتحان نهایی در پایه پنجم، سوم راهنمایی (نهم) و پایه دوازدهم، داشتیم. اداره کل برای اجرای امتحان‌های نهایی سه پایه فوق شکل گرفته بود. بعدها امتحان نهایی پایه پنجم و نهم (سوم راهنمایی) را حذف کردند و به امتحانات هماهنگ منطقه‌ای تبدیل کردند و گفتند هر شهرستان می‌تواند یک امتحان هماهنگ

فرق میان آگاهی و تربیت این است که آگاهی را می‌توان از طریق کتاب، تلویزیون و سایر رسانه‌ها منتقل کرد ولی برای تربیت باید با بچه‌ها زندگی کرد

● **معمدی:** مسئله مهمی مطرح بود که بچه‌ها در دوره راهنمایی و در آن سن و سال نیازمند راهنمایی یک سازمانی هستند. به نظر می‌رسد یک ارزشیابی اساسی صورت نگرفته است، که این مسئله یک مرتبه کنار گذاشته شده است و هر موقع یک تغییر کلی در آموزش و پرورشمان دادیم، بیشتر نظر چند نفر بود که اعمال شد و نه یک ارزشیابی اساسی علمی که تغییر مفیدی باشد و جانشین کار جدیدی بشود.

○ ما جاهای مختلفی مثل پژوهشگاه تعلیم و تربیت داریم که زیرمجموعه سازمان پژوهش است و گاهی این پژوهشگاه را جدا و مستقل می‌کنند و گاهی زیر نظر سازمان نگه می‌دارند. وظیفه پژوهش در آموزش و پرورش برای اصلاح برنامه آموزشی و یا ساختار آموزش و پرورش برعهده این سازمان است. زیرا این سازمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی است. چون اول باید درباره مباحث مختلف آموزش، پژوهش کنید و بعد با توجه به آن پژوهش‌ها، برنامه‌ریزی آموزشی کنید. از طرف دیگر پژوهشگاه به عنوان بازوی پژوهشی این سازمان است. مرکز سنجشی که تعریف شده است، در حال حاضر در جایگاه برگزاری امتحان نهایی است.

یعنی من ۴ - ۵ سال تلاش کردم تا آن مرکز، یک مرکز سیاست‌گذاری و اتخاذ وحدت رویه در امر ارزشیابی بشود که نشد. آن زمان آقای فانی بود. هر کاری کردم که حوزه‌هایی مثل سوادآموزی، استثنائی، متوسطه، ابتدایی و تیزهوشان دور یک میز جمع شوند و در مورد ارزشیابی یک تصمیم‌گیری واحد کنیم، کسی حاضر نشد.

من خودم به عنوان کسی که شناختی از آموزش و پرورش دارد، چند بار طرحی برای تغییر و اصلاح ساختار نویشتم و ارائه کردم و متوجه شدم ظاهراً شدنی نیست و نظام اداری ما خیلی متصل‌تر از آن است که بتوان به راحتی در آن اصلاح ایجاد کرد. و اگر زمانی اصلاحی هم در آموزش و پرورش صورت می‌گیرد، فقط تصمیم چند نفر است که یک تصمیم می‌گیرند و اجرایی می‌کنند. با وجودی که تصمیمشان، صداقتی ندارد و جامع دیده نشده است.

● **سجادی:** آیا اصلاً اراده‌ای برای تغییر نظام آموزشی وجود دارد یا خیر؟

○ **عمادی:** چشم امید همه به سند تحول بنیادین آموزش و پرورش دوخته شده است. ولی اعتقاد بر این است که تحول بنیادین اتفاق نمی‌افتد مگر اینکه حوزه‌های مختلف آسیب‌شناسی شده باشند و درباره آن‌ها دور یک میز در فضای واقعی بحث شود. با نوشتن اسناد کلی و گفتن یک سری عبارت‌ها و با حلوا حلوا گفتن دهن شیرین نمی‌شود و کاری درست نمی‌شود.

برای پایه پنجم و یک امتحان هماهنگ در استان برای پایه نهم بگیرد. بدین ترتیب امتحان نهایی فقط برای پایه آخر (دوازدهم) باقی ماند. یعنی عملاً وظیفه اداره کل، برگزاری امتحانات نهایی بود. بعد اداره کل را به مرکز سنجش ارتقا دادند و دو وظیفه برعهده این مرکز قرار گرفت. یکی برگزاری آزمون نهایی پایه دوازدهم و دیگری اندازه‌گیری شاخص‌هایی که شورای عالی آموزش و پرورش برای سنجش کارایی و اثربخشی آموزش و پرورش مصوب کرده است و ما باید سالانه این شاخص‌های مصوب شده را اندازه‌گیری کنیم. مثل نسبت معلم به دانش‌آموز در شهرستان‌ها و استان‌های مختلف، نسبت تراکم کلاس، سطح تحصیلات معلمان، میزان کلاس‌های دایر، میزان فضای آموزشی نسبت به دانش‌آموزان. حدود ۴۰ - ۵۰ شاخص است که سالانه توسط مرکز سنجش اندازه‌گیری می‌شوند. بدین ترتیب وظیفه اول مرکز سنجش، طراحی و برگزاری امتحانات نهایی و وظیفه دوم محاسبه شاخص‌های مصوب شورای عالی است. شاخص‌ها در حوزه‌های مختلف همچون تربیت بدنی، پرورشی، آموزشی و ... وجود دارد که حدود چهار و چند شاخص می‌شود که سالانه اطلاعات آن‌ها را از مرکز برنامه‌ریزی و استان‌ها دریافت می‌کنیم و به معاونتی که در مرکز سنجش داریم، رسانده می‌شود و یک گزارش سالانه تهیه می‌کند.

● **معمدی:** ما برای کل آموزش و پرورش ارزشیابی داریم؟ آیا کل نظام را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم؟

○ **عمادی:** خیر. نکته مهمی است و پیشنهادی که خودم داشتم این بود که مرکز سنجش به مرکز سنجش زیر نظر شورای عالی آموزش و پرورش تبدیل شود و ارزشیابی پیشرفت تحصیلی به خود دوره‌ها سپرده شود. یعنی دوره ابتدایی یا متوسطه، خودشان بر فرایندهای ارزشیابی در کلاس‌ها نظارت کنند و امتحان گرفتن جزء وظایف مرکز سنجش نباشد و مرکز سنجش به زیرمجموعه شورای عالی منتقل شود و برای پایان دوره‌ها آزمون جامع طراحی کند و همین‌طور سنجش نظام را انجام بدهد. یعنی شاخص‌های مربوط به اثربخشی نظام را بسنجد. چون در حال حاضر ما نه یک مرکز اجرایی کامل هستیم نه یک مرکز برای سیاست‌گذاری و در واقع یک وظیفه ناقصی برعهده این مرکز است و جایگاهش مطلوب نیست. در جایگاه اداره کل امتحانات است و فقط امتحانات را برگزار می‌کند ولی اسمش مرکز شده است و ارتقای جایگاه پیدا کرده است.



مسئله مهمی مطرح بود که بچه‌ها در دوره راهنمایی و در آن سن و سال نیازمند راهنمایی یک سازمانی هستند. به نظر می‌رسد یک ارزشیابی اساسی صورت نگرفته است

● **سجادی:** معضلات نظام آموزشی ما چندوجهی هستند: اجتماعی، اقتصادی، سیاسی، صنعتی و ... به عوامل گوناگونی مرتبط می‌شود.

○ **عمادی:** می‌گویند: یک معلم در روستایی که از قضا یک فیلسوف هم در آن روستا ساکن بود، به دیدار فیلسوف رفت. معلم فرد نویسنده و شخصیت علمی بود. از فیلسوف خواست تا درباره فلسفه آموزش و پرورش برایش توضیح بدهد. فیلسوف نگاهی به معلم کرد و گفت: تو خیلی به فلسفه آموزش و پرورش کار نداشته باش. فعلاً فقط بچه‌ها را نزن. چون من شنیدم که بچه‌ها را کتک می‌زنید.

آقای دکتر محمد فاضل، جامعه‌شناس و استاد دانشگاه شهید بهشتی می‌گوید: «شما حرف‌های بزرگ زنید. چون نتوانستید حرف‌های بزرگ را اجرا کنید. اول کارهای کوچک را انجام بدهید تا مردم ببینند که شما می‌توانید و کاری انجام دادید.»

● **سجادی:** مشکل ما این است که ما نگاه جامع راهبردی نداریم. سیاست‌زدگی سبب شده که همه اتفاقات و جریانات را فقط برای دوره‌های کوتاه‌مدت برنامه‌ریزی می‌کنند.

● **خلیلی بروجنی:** تا زمانی که ما به این سمت نرویم که مدرسه، مدرسه است و از این تنوع فاصله بگیریم مشکل وجود دارد. در صورتی که اگر در گوشه‌ای از شهر یا منطقه مدرسه خوبی بود که متقاضی زیاد داشت، هر کس مایل بود، برود و اسم بنویسد. ولی مدرسه بگوید ظرفیت ما محدود است و برای مثال فقط می‌توانم از ۶۰ نفر نام‌نویسی کنم. پس از آن از میان داوطلبان قرعه‌کشی کنند و ظرفیت مورد نیاز را انتخاب کنند. بدین ترتیب همه‌گونه دانش‌آموز، باهوش، ضعیف، متوسط به مدرسه راه می‌یابند. وقتی این گروه‌های دانش‌آموزی شکل بگیرد، آموزش معنادار را هم به دنبال می‌آورد و همه از جمله دانش‌آموزان از یکدیگر می‌آموزند. به این ترتیب با رقابتی که بین مدارس به وجود می‌آید، با گذشت چندین سال، بیشتر مدارس به یک سطح استاندارد یکسان می‌رسند.

○ **عمادی:** من در جلسه با آقای بطحایی، برای ثبت‌نام در مدارس دولتی و غیردولتی گفتم، ثبت‌نام‌ها را اینترنتی کنید و برای ثبت‌نام ظرفیت بگذارید. وقتی ۶۰ نفر ثبت‌نام کردند، دیگر نفر ۶۱ امین ثبت‌نام نشود. برای ثبت‌نام یک بازه زمانی در نظر بگیرید.

● **خلیلی بروجنی:** این راه حل جواب نمی‌دهد. باید سامانه‌ای مبتنی بر قرعه‌کشی ایجاد شود.

○ **عمادی:** وقتی همه به شیوه اینترنتی ثبت‌نام کنند، مسئله حل است و دیگر مشکلی نخواهد بود.

○ **احمدی:** این هم ترافیک خودش را ایجاد می‌کند. نظام اینترنتی جواب نمی‌دهد. این شیوه کمی از عدالت به دور است. ولی می‌توان از شیوه دیگری استفاده کرد. چند وقت پیش یکی از شبکه‌های جمهوری اسلامی، موضوع ثبت‌نام دانش‌آموزان را مطرح کرده بود و دقیقاً نشان می‌داد که معضل ثبت‌نام دانش‌آموزان چیست. برخی از مدارس، متقاضی خیلی زیادی داشتند. افراد در مدارس مختلف ثبت‌نام می‌کردند، مدرسه‌ها قرعه‌کشی می‌کردند. خلاصه در یکی از مدارس اسمش برنده می‌شد و در آن مدرسه نام‌نویسی می‌شد. این روال ثبت‌نام در مدارس انگلیس است.

● **خلیلی بروجنی:** با توجه به مسؤلیتی که شما دارید، شاید پیشنهاد بنده بتواند فرصتی برای تفکر بیشتر و اجرایی شدن پیدا کند.

به نظرم خوب است آزمون‌های هماهنگ کشوریمان را به سال دهم و یازدهم معطوف کنیم. پس از آن نمره‌ای برای این آزمون‌ها استخراج کنیم. برای سال دوازدهم آزمون هماهنگ برگزار نکنیم. چون دانش‌آموزان کنکور دارند و ذهنشان باید معطوف به کنکور باشد و برای کنکور هم ملزم کنیم که صرفاً فقط از محتوای کتاب‌های دوازدهم سؤال طرح شود. یعنی دانش‌آموز فقط یک سال درگیر محتوایی شود که می‌خواهد کنکور بدهد و دیگر آزمون هماهنگ هم نداشته باشد. معضلی که از سال ۹۸ خواهیم داشت، این است که دانش‌آموز باید ۲ آزمون بدهد. یکی اینکه باید خودش را برای آزمون هماهنگ آماده کند و دیگری آماده شدن برای کنکور که سؤالات آن از پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم خواهد بود.

○ **عمادی:** آیا می‌دانید اشکال پیشنهاد شما چیست؟ یک آسیبی که پیشنهاد شما دارد این است که در واقع شما ۳ سال آخر تحصیل بچه‌ها را کلاً بر روی کنکور متمرکز کرده‌اید. یعنی ۲ سال که بچه‌ها امتحان نهایی می‌دهند به قصد اعمال در کنکور و یک سال هم که درس می‌خوانند که سؤالات کنکور از همان سال طراحی می‌شود.

● **خلیلی بروجنی:** مگر قرار است شما چگونه آزمون بگیرید؟ یک آزمون تشریحی است. شیوه‌های ارزشیابی شما غیر از این نیست.

○ شما با این پیشنهاد، بازار کلاس‌های خصوصی مؤسسات را برای پایه‌های دهم و یازدهم محکم‌تر از قبل می‌کنید. چرا؟

وقتی درآمد
یک پزشک
متخصص که
نامش پر آوازه
است با هیچ‌کس
قابل مقایسه
نیست و به دلیل
تعطیلی صنعت
و کارخانجات،
مهندسان بیکار
هستند، همه
مردم دوست
دارند فرزندشان
به رشته تجربی
برود تا پزشک
شود

چون قرار است نمرات این دو مقطع در کنکور تأثیر داشته باشد. بچه‌ها از پایه دهم باید در دوره‌های کمک‌درسی و ... ثبت‌نام کنند. برای اینکه بتوانند در امتحان نهایی موفق شوند. یعنی شما کنکوری را که می‌تواند یک سال به سیستم ما آسیب بزند به سه سال پیایی منتقل می‌کنید.

● خلیلی بروجنی: مگر غیر این است که سال سوم ما ۲۵-۲۰ درصد سهم دارد. شما حتی به دنبال آن بودید که سه ساله‌اش کنید.

○ ما دنبال آن نبودیم که سه ساله‌اش کنیم. قانون مصوب سال ۹۲ مجلس گفته بود که سوابق تحصیلی سه سال آخر دوره متوسطه مدنظر قرار بگیرد. این قانون در سال ۹۵ اصلاح شد و به تعدادی از دروس سه سال آخر دوره متوسطه و پیش‌دانشگاهی تبدیل شد. من امروز ساعت ۲ برای همین موضوع با سازمان سنجش جلسه دارم و پیشنهاد ما این است: سازمان سنجش گفته است که شما ۳ سال دهم، یازدهم و دوازدهم را نهایی کنید.

تأثیر سوابق پایه دهم ۳۰ درصد، پایه یازدهم، ۳۰ درصد و پایه دوازدهم ۳۰ درصد و ده درصد آن برای کنکور بماند. این درصدها تا سال ۱۴۰۵ باشد و از سال ۱۴۰۵ به بعد ده درصد مربوط به کنکور را حذف کنیم و صد درصد به نمره‌های سوابق تحصیلی مربوط شود.

بحثی که ما داریم این است: قانون، حذف کنکور را نگفته است. قانون گفته است سهم سوابق تحصیلی نمره‌های تعدادی از دروس است. بنابراین براساس آیین‌نامه متوسطه می‌گوییم امتحان نهایی فقط در پایه دوازدهم است.

ما برای ۱۱-۱۰ درس پایه دوازدهم امتحان نهایی برگزار می‌کنیم و به عنوان سابقه تحصیلی به سازمان سنجش می‌دهیم.

خود سازمان سنجش هم یک آزمون عمومی - اختصاصی به عنوان کنکور بگیرد. که پنجاه درصد سهم نمرات پایه دوازدهم و پنجاه درصد سهم نمره‌های آزمون کنکور خواهد بود. این پیشنهاد مکتوب شده ماست که قبلاً به آن‌ها ارائه کردیم و امروز درباره‌اش بحث خواهیم کرد.

● خلیلی بروجنی: پیشنهاد آنان که به نفع شما بوده است! چون نود درصد به شما سهم می‌داد. مگر اینکه شما بگویید امکان برگزاری‌اش را ندارید.

○ عمادی: برای چی پیشنهاد آنان به نفع ماست؟ یک: ما امکان برگزاری‌اش را نداریم. هزینه وحشتناکی به آموزش و پرورش تحمیل می‌شود. ۲: فشار روانی سنگینی به خانواده‌ها تحمیل می‌کند. ۳: مأموریت اصلی آموزش و پرورش را که یاددهی عادی بچه‌ها بوده است تحت‌شعاع کنکور قرار می‌دهد. چون سه سال آموزش عمومی بوده است.

نکته دیگری که مطرح است: توان نمره‌ای که ما تولید می‌کنیم، توانایی تفکیک آن قدر نیست که بتواند برای رشته‌های پرمقتاضی دانشجو پذیرش کند. شما می‌گویید این ۳ سال در کنکور شما تأثیر دارد. بعد پنجاه صدلی رشته پزشکی در دانشگاه تهران دارید و می‌خواهید با نمره مدرسه‌ای برای آن پنجاه صدلی مقتاضی انتخاب کنید. مثلاً ۵۰۰ نفر معدل ۲۰ گرفته‌اند و همه آن‌ها مقتاضی رشته پزشکی دانشگاه تهران هستند. چه کار می‌کنید؟ چگونه فقط ۵۰ نفر را انتخاب می‌کنید؟

● خلیلی بروجنی: شرایط مطرح شده در حال حاضر هم وجود دارد ولی اعمال نمی‌شود. برای تراز بالای ده هزار ما نزدیک دو هزار دانش‌آموز داریم. یعنی اصلاً نمره مدرسه اعمال نمی‌شود.

○ عمادی: مسئله همین است. اولاً برای اینکه نمره ما بتواند قدرت تفکیک داشته باشد باید سؤال‌های بسیار بسیار سخت طراحی کنیم. امکان طراحی این گونه سؤال هم نیست. چون نمی‌توان از صد صفحه یا دویست صفحه کتاب، سؤال خیلی خیلی سخت طرح کرد. بچه‌ها کتاب را قورت می‌دهند. هر طور سؤال طراحی کنید، پاسخ می‌دهند. ما پارسال در گروه تجربی حدود هفتصد نفر معدل ۲۰ در کل کشور داشتیم.

● دادار: جناب دکتر به خاطر اینکه از این جلسه یک جمع‌بندی مفیدی برای دبیران فیزیکی که مخاطبان اصلی ما هستند، ارائه کنید، چه می‌گویید؟ اگر واقعاً دبیران فیزیک اینجا بودند در مسائل ارزشیابی و سنجش با توجه به تجاربی که در اجرای آزمون‌ها داشتید، چه توصیه‌هایی به آن‌ها می‌کردید که در اجرای آزمون‌هایشان رعایت کنند تا بتوانند به سمت آرمان‌های درست بروند و دیگر این آزمون‌ها وسیله تحقیر و تهدید دانش‌آموز نشود؟

○ عمادی: مشکلی که ما به عنوان معلمان فیزیک با آن مواجه هستیم این است که در دوره‌ای که به عنوان معلم فیزیک تربیت شدیم، دست به آچار تربیت نشدیم. یعنی فرض کنید مکانیک تحلیلی یا کوانتومی، نسبت، حالت جامد و ... را در آزمایشگاه به ما درس ندادند. حتی برای فیزیک هسته‌ای هم هیچ‌گاه به درستی آزمایشگاه برگزار نکردند. حتی فیزیک پایه، چه برسد به مراحل بالاتر. چون ما به درستی تربیت نشدیم، نمی‌توانیم به صورت عملی فیزیک را برای دانش‌آموزان درس بدهیم و فقط به گفتن تئوری در کلاس اکتفا می‌کنیم و در نهایت می‌توانیم حرف‌هایمان را روی تابلو بنویسیم. توصیه من به همکاران دبیر فیزیک مخصوصاً تازه‌واردها این است که کم‌کم با وسایل اندک ولو داشتن

**مرکز سنجش
نه یک مرکز
اجرایی کامل
و نه یک
مرکز برای
سیاست‌گذاری
است و در واقع
یک وظیفه ناقص
برعهده این
مرکز است**

یک آزمایشگاه بسیار کوچک در کیفشان، فیزیک را به صورت عملی و آزمایشگاهی به بچه‌ها تدریس کنند. من اوایل معلم شدم، وقتی نور را درس می‌دادم، عدسی مقعر یا محدب یا یک‌سری آینه‌هایی را در جیبم داشتم و تصویر را به وسیله ذره‌بین روی دیوار کلاس می‌انداختم که به فهم بیشتر بچه‌ها کمک می‌کرد. ما باید فیزیک را به صورت عملی به بچه‌ها یاد بدهیم. اگر تدریس‌مان به صورت عملی و آزمایشگاهی باشد می‌توانیم سؤال‌های متنوع‌تری از بچه‌ها بپرسیم، می‌توانیم بهتر آنان را ارزشیابی کنیم. در غیر این صورت اگر فقط سر کلاس حرف زده باشیم، مجبوریم یک امتحان کتبی بگیریم و با توجه به همان امتحان به آن‌ها نمره بدهیم. توصیه من این است که درس فیزیک، فیزیک است و نه متافیزیک. سؤالات متافیزیکی است که باید بر روی آن‌ها تأمل کنیم و بحث فلسفی کنیم.

درس مدرسه فیزیکی است و باید آزمایشگاه را فعال کرد. خیلی از مدارس ما آزمایشگاه دارند. اما معلمان فیزیک ما، از آزمایشگاه استفاده نمی‌کنند و برای کارشان بهانه‌هایی همچون شلوغ شدن آزمایشگاه و عدم توانایی کنترل بچه‌ها در آزمایشگاه را مطرح می‌کنند. همچنین عدم اطمینان به توانایی انجام آزمایش توسط خودشان، چون هیچ‌گاه این کار را انجام نداده‌اند. ممکن است در صورت نرسیدن به نتیجه درست در حین آزمایش بچه‌ها مسخره‌شان کنند و عوامل دیگری که سبب ترس معلم‌ها از آزمایشگاه می‌شود. معلم‌ها باید بر ترس‌هایشان غلبه کنند.

ارزشیابی معلمان فیزیک ما به سامان نمی‌شود، مگر اینکه آموزششان درست و به سامان شود. وگرنه معلمی که فیزیک را مثل ادبیات و مثل دینی درس داده است، همان‌گونه هم امتحان می‌گیرد.

● خلیلی بروجنی: مثل همان داستان مرغ و تخم‌مرغ می‌شود. ارزشیابی و آموزش به هم مربوط هستند. اتفاقاً شما هم مبنا را همان قرار دادید. ضریب شکست چیست؟ فلان چیست و سؤال‌هایی از این جنس. شما بفرمایید ما چه کنیم؟

○ بله شما درست می‌فرمایید. این همان داستان مرغ و تخم‌مرغ است. وقتی که ما همین‌طور ارزشیابی می‌کنیم، این دور باطل همین‌طور تکرار می‌شود. ما هم امتحان‌هایی برگزار می‌کنیم. در امتحان‌هایی امکان هیچ ریسکی وجود ندارد. مانند قطاری است که چند میلیون انسان سوار آن است و اگر کمی مسیر را تغییر بدهید، قطار از ریل خارج می‌شود. یعنی امکان دستکاری در امتحانات‌هایی وجود ندارد. ما قصد داریم امتحانات‌هایی را الکترونیکی کنیم. یعنی ارسال سؤال و تصحیح الکترونیکی می‌شود. یعنی بچه‌ها در پاسخنامه‌های کدگذاری شده و از قبل تهیه‌شده،

پاسخ بدهند. برگه‌ها اسکن شود و بعد مصحح پشت دستگاه می‌نشیند و برگه‌های مقابلش را می‌بیند و نوشته‌ها را می‌خواند و فقط یک جا برای نمره دادن دارد و نمی‌تواند هیچ مداخله‌ای در برگه‌ها بکند. فقط نمره‌ها را می‌گذارد و سامانه در پایان نمرات را جمع می‌زند. تصحیح دوم هم جدا از تصحیح اول انجام می‌شود.

یعنی برگه‌ها توسط دو فرد متفاوت و به صورت جداگانه تصحیح و بارم‌گذاری می‌شوند و دستگاه نمره‌ها را جمع می‌زند. اگر نمره‌ها یکسان بود که هیچ و اگر تفاوت داشت دستگاه برگه را به نفر اول برمی‌گرداند و می‌گوید نفر دوم برگه را این‌گونه تصحیح کرده است. نظر شما چیست؟ اگر به اجماع رسیدند که نمره‌نهایی می‌شود. در غیر این صورت برگه توسط مصحح سوم، تصحیح می‌شود. بدین ترتیب هم تصحیح دوم معنا پیدا می‌کند و هم امکان بروز خطای انسانی کم می‌شود و بدین طریق جلوی جرم هم گرفته می‌شود. برای انجام این شیوه در حال طی مراحل هستیم.

● خلیلی بروجنی: به نظر می‌رسد بستر این کار ده سال پیش هم فراهم بوده است. چون ابزارش فراهم بوده است. رایانه موجود بود.

○ عمادی: بسترش همین حالا هم فراهم نیست. اولاً پهنای باند کافی برای اینکه کل امتحانات را بدین منوال تصحیح کنیم فراهم نیست. وقتی می‌گویید زیرساختش تا الان هم فراهم بوده است فقط از دید تهران و تهرانی‌ها می‌بینید و نفتستان از جای گرم بلند می‌شود.

● خلیلی بروجنی: چون ما به اکثر مدارس و استان‌ها رفتیم و سر زدیم و ادارات کل در این حدی هستند که بتوانند به تعداد بچه‌ها برگ سؤال آزمون تکثیر کنند.

○ عمادی: ما ۶۴۰۰ حوزه اجرا داریم و یک سری حوزه‌های اجرایی داریم که در آنجا اصلاً شبکه اینترنت وجود ندارد. یعنی اگر سؤال را برایشان بفرستید، نمی‌تواند در شبکه دریافت کند، در خود حوزه اجرایی امتحان، پرینتر کافی وجود ندارد. ما کم‌کم با التماس و خواهش از مدیران کل می‌خواهیم که زمینه‌اش را فراهم کنند. امیدواریم امسال بتوانیم این کار را انجام دهیم.



ارزشیابی
معلمان فیزیک
ما به سامان
نمی‌شود،
مگر اینکه
آموزششان
درست و
به سامان شود

نگاهی به اهداف و رویکردهای فیزیک دوازدهم

احمد احمدی

کارشناس ارشد گروه فیزیک دفتر تألیف

دوره ابتدایی و متوسطه نظری

نام کتاب: فیزیک ۳؛

کد کتاب: ۱۱۲۲۴۴ و ۱۱۲۲۰۹؛

دوره تحصیلی: دوم متوسطه نظری؛

پایه تحصیلی: دوازدهم؛

رشته تحصیلی: ریاضی- فیزیک و علوم تجربی؛

میزان ساعت تدریس: ۴ ساعت در هفته برای رشته ریاضی- فیزیک و ۳ ساعت در هفته برای رشته علوم تجربی.

۱. شایستگی‌ها و اهداف کتاب

این کتاب به گونه‌ای تدوین شده است که دانش‌آموز بتواند:
الف. نظام‌مندی طبیعت را براساس درک و تحلیل مفاهیم، الگوها و روابط بین پدیده‌های طبیعی کشف و گزارش کند و نتایج آن را برای حل مسائل حال و آینده در ابعاد فردی و اجتماعی در قالب ایده یا ابزار ارائه دهد و به کار گیرد.

ب. با درک ماهیت، روش و فرایند علم تجربی، امکان به کارگیری این علم را در حل مسائل زندگی (حال و آینده) تحلیل کند و در عین حال محدودیت‌های علوم تجربی را در حل این مسائل گزارش کند.

پ. با استفاده از منابع علمی معتبر و بهره‌گیری از علم تجربی، ایده‌هایی مبتنی بر تجارب شخصی خود برای مشارکت در فعالیت‌های علمی ارائه دهد و در این فعالیت‌ها با حفظ ارزش‌ها و اخلاق علمی مشارکت کند.

۲. رویکرد کتاب

رویکرد سازماندهی محتوا در این کتاب ارائه متن به روش فعال و درگیر کردن دانش‌آموز است. در این سازماندهی اصالت با موقعیت‌ها و زمینه‌های کاربردی در زندگی است که می‌توان در آن‌ها موضوع‌های مرتبط با فیزیک را آموزش داد و

یادگیری را معنادارتر و جذاب‌تر کرد. به همین دلیل از تعداد زیادی پرسش، فعالیت، تمرین، آزمایش و ... استفاده شده است. البته از نظر متن، محتوا تصویرمحور است و بر همین اساس تصویرها، نمودارها و شکل‌های گوناگونی برای تسهیل آموزش انتخاب شده است.

همچنین رویکرد نهان این کتاب مبتنی بر آن است که فیزیک علمی تجربی است و هیچ نظریه‌ای در آن نمی‌تواند به عنوان حقیقت پایانی و غایی مطرح شود. به عبارتی، همواره این امکان وجود دارد که مشاهده‌ها و آزمایش‌های جدید ایجاب کنند که یک نظریه فیزیکی بازنگری و حتی رد شود.

۳. مفاهیم اساسی کتاب

این کتاب از سه بخش اساسی مکانیک، موج و فیزیک جدید و مفاهیم مرتبط با هر یک تشکیل شده است.

بخش مکانیک، از مباحث حرکت، دینامیک و حرکت دایره‌ای یکنواخت تشکیل شده است که دانش‌آموزان با مقدمات برخی از این مباحث در علوم نهم و فیزیک ۱ آشنا شده‌اند. ضمناً بخشی از مطالب ریاضی مرتبط در سال‌های قبل آموزش داده شده است و بخشی نیز در سال جاری آموزش داده خواهد شد. در این فصل‌ها از مشتق و تجزیه نیروها استفاده نمی‌شود و نیروها در یک راستا و عمود برهم مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ و حرکت نیز فقط در مسیر مستقیم بررسی می‌شود.

بخش موج، از مباحث حرکت نوسانی (بدون معادله‌های سرعت، شتاب و ...)، امواج مکانیکی (شامل امواج فشر، صوتی و ...) و امواج الکترومغناطیسی و نیز برهم‌کنش‌های امواج که به پدیده‌هایی مانند بازتاب، شکست، پراش و تداخل و ... می‌انجامد، تشکیل شده است. بخشی از دانش مورد نیاز اولیه این بحث در علوم دوره اول متوسطه و بخشی نیز در مبحث

فیزیک ۳ فصل حرکت و دینامیک و بخشی دیگر در شیمی سال دهم مطرح شده است.

بخش فیزیک جدید، از مباحث فیزیک اتمی (شامل اثر فوتوالکتریک، طیف خطی، مدل‌های اتمی و لیزر) و فیزیک هسته‌ای (ساختار هسته، پرتوزایی طبیعی، واپاشی پرتوزا و نیمه‌عمر، شکافت هسته‌ای و ...) تشکیل شده است. بخشی از دانش مورد نیاز اولیه این بحث در علوم دوره اول متوسطه و بخشی نیز در درس شیمی سال دهم، مطرح شده است. لازم به ذکر است که محتوای مطرح شده مربوط به کتاب درسی رشته ریاضی - فیزیک است و دانش‌آموزان رشته علوم تجربی حدود ۲۵ درصد محتوای کمتری را خواهند خواند.

۴. مهارت‌های اساسی کتاب

مهارت اساسی در این کتاب، چگونگی به‌کارگیری روش علمی است. روش علمی خود دارای خرده مفاهیم و اجزایی چون مشاهده، اندازه‌گیری، طراحی و انجام آزمایش، مدل‌سازی، کنترل متغیر، محاسبه، مشاهده و مقایسه، تحلیل و نتیجه‌گیری، گزارش، قضاوت و حل مسئله است.

۵. راهبردهای یاددهی - یادگیری کتاب

راهبرد اکتشافی و تعاملی، راهبرد اصلی در آموزش محتوای این کتاب است. برای این منظور از عنوان‌های گوناگون ارائه‌مانند «تصاویر و پرسش‌های درگیرکننده در ابتدای هر بخش از آموزش، فعالیت‌های ذهنی و عملی، پرسش، تمرین، آزمایش، تاریخ علم، خوب است بدانید، تصویرهای آموزشی و ...» در طراحی، تدوین و تألیف محتوا استفاده شده است. انتظار می‌رود موضوع‌های درسی در کلاس به‌گونه‌ای طرح شود که اکثر دانش‌آموزان در فرایند آموزش و یادگیری درگیر شوند و مهارت‌های علمی و عملی آن‌ها رشد یابد. آن‌ها همچنین باید چگونگی آموختن و مهارت برخورد با یک پدیده و پیمودن مراحل را که به شناسایی آن پدیده می‌انجامد، فرا گیرند.

۶. شیوه ارزشیابی کتاب

به فرایند جمع‌آوری اطلاعات از آموخته‌های دانش‌آموزان و قضاوت در مورد آن‌ها (تفسیر دانش‌ها، تفسیر مهارت‌ها، تفسیر نگرش‌ها و به‌طور کلی افزایش شایستگی‌ها) ارزشیابی می‌گویند.

ارزشیابی دو گونه است؛ فرایندمحور (مستمر) و نتیجه‌محور (پایانی). از آنجا که آزمون پایانی این کتاب به صورت امتحان نهایی برگزار می‌شود، ضروری است رویکرد جدید کتاب درسی در طراحی آزمون مورد توجه قرار گیرد.

پیشنهاد می‌شود که در هر دو نوع ارزشیابی مستمر و پایانی،

انتظارات عملکردی مورد توجه قرار گیرد. جدول زیر فهرستی از این انتظارات و سهم آن‌ها در این آزمون را نشان می‌دهد.

ردیف	انتظارات عملکردی	مستمر	پایانی
۱	طراحی آزمایش، تحلیل و تفسیر آزمایش	۲-۴	۱-۳
۲	اجرای آزمایش، ثبت داده‌ها، نتیجه‌گیری و ارائه گزارش	۲-۴	-
۳	تجزیه و تحلیل داده‌ها، رسم نمودار، نتیجه‌گیری از داده‌ها، پیش‌بینی و ...	۲-۴	۲-۴
۴	انجام تحقیق و جمع‌آوری اطلاعات (طراحی، اجرا، ثبت داده‌ها، تجزیه و تحلیل، ارائه گزارش)	۲-۳	-
۵	مشارکت و تعامل در فرایند آموزش (انجام فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی، مشارکت در بحث‌های گروهی، کنجکاوی علمی و طرح پرسش‌های مفهومی)	۴-۶	-
۶	پاسخ به پرسش‌های مفهومی (کاربرد، استدلال و قضاوت)	۱-۳	۴-۷
۷	توانایی حل پرسش‌های محاسباتی	۲-۳	۸-۱۰
۸	حل مسائل در شرایط جدید (کاربرد و استدلال)	-	۱-۳

۷. مواد آموزشی مورد نیاز برای تدریس کتاب

کتاب معلم نونگاشت و کتاب‌های راهنمای تدریس‌های فیزیک که قبلاً در گروه فیزیک تهیه شده است. فیلم‌های گردآوری شده توسط گروه، سایت گروه فیزیک، نرم‌افزارهای آموزشی مفید

۸. توصیه به دبیران

به همکاران و دبیران گرامی توصیه می‌کنیم که پیش از تدریس، محتوای کتاب را به دقت مطالعه کنند؛ به‌گونه‌ای که با این مطالعه بتوانند در خصوص موارد زیر به درستی اظهار نظر نمایند:

- محتواهای حذف شده نسبت به کتاب‌های قبلی کدام است؟
- چه بخشی از محتواهای کتاب‌های قبلی که مرتبط با عنوان فصل است نباید تدریس شود.
- رویکرد جدید کتاب در خصوص سازماندهی محتوا و ترتیب و توالی مطالب چیست؟
- تا چه میزان می‌توان محتوای کتاب را بسط و گسترش داد؟
- محتوای اصلی و فرعی در هر فصل کدام موضوع‌ها هستند؟
- هر فصل را چگونه می‌توان به واحدهای یادگیری معینی تقسیم کرد و مطابق با زمان پیش برد؟
- ضمناً یادآور می‌شویم که کتاب‌های کمک‌آموزشی موجود در بازار را ملاک آموزش محتوا و گسترش کتاب درسی قرار ندهید، زیرا امتحان این درس نهایی است و صرفاً محتوای کتاب درسی باید ملاک آموزش و ارزشیابی قرار گیرد.

تجربه‌های آموزشی را طراحی کنند تا مهندسی برای همه دانش‌آموزان مؤثر و جالب باشد؟ توجه به آموزش مهندسی در ایالات متحده آمریکا، به دلیل آنکه سهم دختران و دانش‌آموزان خردسال در رشته‌های مهندسی کمتر از حد لازم است، از اهمیت خاصی برخوردار است. برای نمونه، فعالیت‌های مهندسی در سطح مدرسه، به‌طور سنتی، بر پروژه‌های رقابت‌آمیز و بی‌توجه به بافت موجود تأکید دارند. این پروژه‌ها دانش‌آموزانی را که برای کار گروهی و کارهای دنیای واقعی ارزش قائل‌اند، جذب نمی‌کنند. چالش‌های مهندسی که نشان‌دهنده چگونگی کمک مهندسی به مردم یا جامعه هستند، گروه بیشتری از دانش‌آموزان را جذب خواهند کرد. بنابراین باید دید: چگونه می‌توان آموزش مهندسی را گسترش داد.

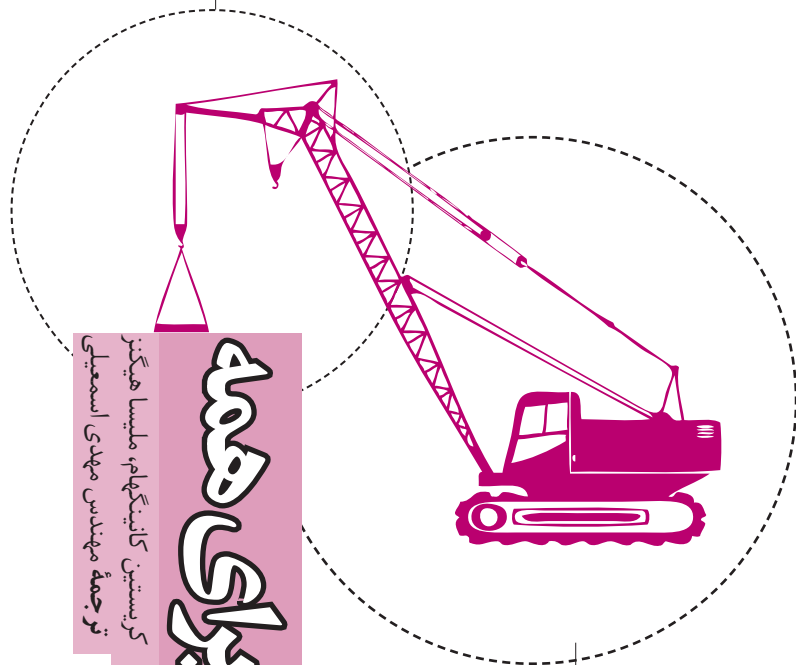
کلیدواژه‌ها: بنیاد ملی علوم، آموزش «STEM»، استانداردهای جدید علوم برای نسل آینده

شش اصل برای دعوت همه دانش‌آموزان

برنامه‌ریزان درسی با همکاری موزه علوم در بوستون آمریکا، شش اصل را شناسایی کردند که معلمان با استفاده از آن‌ها می‌توانند مطمئن شوند که تدریس در کلاس درس، فعالیت‌ها و مواد و مطالب آموزشی، همه دانش‌آموزان، از جمله دانش‌آموزان اقلیت‌ها^۱ و شاگردان با عملکرد پایین را درگیر می‌کند. ما این اصول را هنگام تدوین برنامه درسی «مهندسی ابتدایی» نامیدیم. مهندسی ابتدایی هدایت دانش‌آموزان را در فعالیت‌های مهندسی و بر مبنای مسائل واقعی به عهده دارد. این اصول را می‌توان در فعالیت‌ها یا واحدهای تدریس مهندسی در هر کلاسی به کار گرفت.

اصل ۱. انجام فعالیت‌های مهندسی در شرایط دنیای واقعی

بسیاری از دانش‌آموزان به دانشی که در مدرسه یاد می‌گیرند به‌عنوان چیزی نامناسب برای حرفه و زندگی آینده خود نگاه می‌کنند (کارلون، هان فرانک و وب، ۲۰۱۱). یک راه برای تعیین شرایط دنیای واقعی، داشتن یک داستان است؛ داستانی ساختگی، یک خبر جدید یا حتی یک مسئله. واحدهای برنامه درسی مهندسی ابتدایی برای دانش‌آموزان پایه‌های یکم تا پنجم ابتدایی با یک داستان شروع می‌شوند. ویژگی اصلی آن داستان، مواجه شدن با یک مسئله و حل آن با استفاده از مهندسی است. پس از خواندن داستان، دانش‌آموزان با چالش‌های مشابه درگیر می‌شوند. این رویکرد فعالیت‌های آموزش مهندسی را بلافاصله در شرایط و موقعیت‌های بافت بزرگ‌تری قرار می‌دهد. داستان‌ها می‌توانند در مکان‌های مختلف در جهان اتفاق بیفتند. قهرمانان اصلی داستان‌ها می‌توانند از



مقدمه

«بنیاد ملی علوم»^۱ در دهه ۱۹۹۰ آموزش «STEM»^۲ را به‌عنوان یک راه میانبر برای اهمیت دادن به علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات در جهت شکوفایی آینده مطرح کرد. گرچه تاکنون معلمان در دوره ۱۲ ساله آموزش، توجه نسبتاً کمی به آموزش مهندسی در آموزش «STEM» داشته‌اند.

مهندسی به زودی نقش از دست رفته خود را باز می‌یابد. «استانداردهای جدید علوم برای نسل آینده»^۳ (NGSS Lead State, ۲۰۱۳) اولویت ملی را کمک به دانش‌آموزان ایالات متحده آمریکا برای شناخت جهان ساخته شده به دست بشر (یا جهان مهندسی شده‌ای) که در آن زندگی می‌کنیم، قرار داده است. برخی از ایالت‌ها نیز استانداردهای خود را برای تلفیق مهندسی با علوم اصلاح کرده‌اند.

اما وقتی معلمان، مهندسی را در کلاس‌های دوره‌های ابتدایی، راهنمایی و متوسطه آموزش می‌دهند، با این چالش روبه‌رو می‌شوند که: چگونه فعالیت‌ها و

نژادهای مختلف، از قومیت‌ها و با توانایی‌های گوناگون باشند که به دانش‌آموزان سرمشق می‌دهند. بهتر است که طرح داستان‌ها با تجربه‌های دانش‌آموزان مرتبط باشد.



انتخاب
فعالیت‌هایی که
تأکید می‌کند
چگونه مهندسی
به مردم، حیوانات،
محیط زیست
و جامعه سود
می‌رساند.

برای مثال، بیشتر کودکان کارهای ناخوشایند و مشکلی را تجربه کرده‌اند. کارهای ناخوشایند، نقاط عطفی در داستان «لراتو طرحی را سر هم می‌کند» هستند. این داستان مربوط به یک دختر بوتسوانایی است که مسئول جمع‌آوری هیزم برای پختن غذای خانواده است. این کار طاقت‌فرساست، به‌ویژه آنکه لراتو خواهر یا برادری کوچک‌تر از خود دارد که باید از او هم مراقبت کند. یکی از دوستان لراتو، دانشجوی دانشگاهی در رشته مهندسی سبزی است و به لراتو یک اجاق خورشیدی نشان می‌دهد. ابتدا اجاق به خوبی کار نمی‌کند اما براساس برخی کارهای مهندسی دقیق، لراتو طرح آن را بهبود می‌دهد، به طوری که اجاق می‌تواند غذا هم بپزد. هم‌اکنون او برای جمع‌آوری هیزم زمان کمتری را صرف می‌کند.

پس از مطالعه داستان، دانش‌آموزان عایقی برای اجاق خورشیدی خود که با جعبه کفش ساخته می‌شود، طراحی می‌کنند. آن‌ها ابتدا آزمایش‌های کنترل شده‌ای را به منظور بررسی ویژگی عایق گرمایی بودن گلوله‌های فویل، اسفنج صنعتی، کاغذ و پارچه کتان انجام می‌دهند. آن‌گاه براساس نتایج آزمایش‌های خود تصمیم می‌گیرند، از کدام ماده برای عایق‌بندی اجاق خورشیدی استفاده کنند.

برنامه درسی مهندسی ابتدایی، یک برنامه درسی خارج از زمان مدرسه را نیز برای دانش‌آموزان دوره راهنمایی با عنوان «مهندسی در همه جا» تدوین کرده است. این برنامه درسی را می‌توان از وبگاه پروژه به نشانی «www.eie.org/engineering-everywhere» دانلود کرد.

هر واحد درسی با یک ویدیوی مستندگونه شروع می‌شود که کوتاه و پرتحرک است و چالش‌های مهندسی در دنیای واقعی را نشان می‌دهد.^۶ این رویکرد داستان‌گویی، در دانش‌آموزان سال‌های بالاتر انگیزه به وجود می‌آورد. برای نمونه، در چالشی از دانش‌آموزان برای مهندسی یک فضای شهری به منظور کنترل آب ناشی از طوفان، مسئله‌ای که ایالات متحده به وفور با آن مواجه است، دعوت به عمل می‌آید. دانش‌آموزان در فیلمی، توسط یک مهندس محیط‌زیست و با گردش در داخل شهر و دریافت راهنمایی‌ها، با مسئله آشنا می‌شوند.

دانش‌آموزان در این چالش طراحی مهندسی، به‌صورت گروهی کار می‌کنند. هر گروه یک مدل از شهر را در ساحل مدل رودخانه ایجاد می‌کند. دانش‌آموزان آلاینده‌ها را - با استفاده از تکه‌های پلاستیک، ذرات رنگ غذا و مایع ظرف‌شویی - در مکان‌های متفاوت در سراسر شهر قرار می‌دهند. سپس از یک بطری آب‌پاش برای شبیه‌سازی بارانی سیل‌آسا استفاده می‌کنند. هنگامی که باران می‌بارد، دانش‌آموزان مشاهده نظام‌مندی در مورد اینکه چگونه آلودگی از روی سطوح سخت شسته می‌شود و در رودخانه رسوب می‌کند، خواهند داشت. آن‌ها فناوری‌های موجود را برای جلوگیری از آب‌های روان در شهرها و آزمایش مواد جاذب آن بررسی می‌کنند و سپس آنچه را که یاد گرفته‌اند، در مدل شهر خود به کار می‌بندند. در مرحله بعد، معلمان دانش‌آموزان را با فرایند هشت مرحله‌ای مهندسی که شامل شناسایی، بررسی، تصور کردن، برنامه‌ریزی، ابداع، آزمایش، بهبود و اطلاع‌رسانی است، آشنا می‌سازند.

اصل ۲: تأکید بر نحوه کمک مهندسان به دیگران

بسیاری از دانش‌آموزان به حرفه‌هایی علاقه‌مند هستند که تمرکز آن‌ها بر کمک به دیگران است. این موضوع به‌ویژه برای دختران و اقلیت‌ها صدق می‌کند. زیرا اغلب دختران خواهان درک ارزش اجتماعی چیزی هستند که مطالعه می‌کنند. بنابراین بهتر است فعالیت‌هایی انتخاب شوند که بر چگونگی کمک مهندسی به مردم، حیوانات، محیط‌زیست و جامعه تأکید دارند (آکادمی ملی مهندسی، ۲۰۰۸).^۷

گاهی با تغییر ساختار فعالیتی که به آن مشغول هستید و با تأکید بر جنبه بشردوستانه آن، می‌توانید انگیزه دانش‌آموزان را زیاد کنید. برای مثال، یک فعالیت رایج در کلاس درس می‌تواند طراحی یک مدار برقی باشد. اما این تکلیف بدون توجه به بافت و شرایط خاص انجام می‌گیرد. در عوض، می‌توانیم کودکان را برای طراحی یک مدار الکتریکی به منظور راه‌اندازی زنگ یا روشن شدن لامپ، وقتی ظرف آب حیوانات خالی می‌شود، به چالش بکشیم! زنگ خطری که به نگهبان یا افراد هشدار می‌دهد، ظرف آب را پر کنند و از اینکه حیوانات آب برای خوردن داشته باشند، مطمئن شوند.

مهندسان محیط‌زیست برای حفاظت از محیط‌زیست کار می‌کنند. دانش‌آموزانی که برای طراحی فرایند پاک‌سازی روغن ریخته شده به چالش کشیده می‌شوند، فهمی از کار مهندس محیط‌زیست خواهند داشت. آن‌ها همچنین درک می‌کنند که چگونه این کار به حفاظت از حیات وحش و زیست‌بوم کمک خواهد کرد. دانش‌آموزانی که توصیه می‌کنند پل جدید در چه مکانی ساخته شود، از کمک مهندسی «ژئوتکنیک» نیز بهره خواهند برد، زیرا نه تنها باید پل را در جایی بسازند که ایمنی داشته باشد بلکه باید جایی باشد که روستاییان نیز دسترسی آسانی به مدرسه و درمانگاه آن طرف رودخانه داشته باشند.



دانش‌آموزان پلی را طراحی می‌کنند و پایداری و استقامت آن را مورد بحث قرار می‌دهند.

وقتی دانش‌آموزان به مهندسی مشغول‌اند، باید دانش خود را در مورد دامنهٔ حرکت یک زانو، خواص مواد و نیز مهارت‌های حل مسئله به‌کار گیرند. پس از طراحی و ساخت ابزار، دانش‌آموزان دامنهٔ حرکت زانویند و دوام‌پذیری آن را ارزیابی می‌کنند. دانش‌آموزان همواره انواع متفاوتی از زانویند کارآمد را می‌سازند و این نشان می‌دهد که برای هر مسئله بیش از یک پاسخ وجود دارد!

«رسیدن کودکان به تنوع و گوناگونی راه‌حل‌ها، جذاب‌ترین قسمت کار بود. هیچ‌یک از طراحی‌ها شبیه هم نبودند، اگرچه از مواد یکسانی تهیه شده بودند. هیجان‌انگیزترین بخش، این بود که آن‌ها تلاش می‌کردند و سپس با یکدیگر در مورد بهبود زانویند بحث می‌کردند. این تجربه پربها و ارزشمند بود».

اصل ۴: ارزش‌دهی به شکست

شکست یک ویژگی ضروری مهندسی است. خواه دانش‌آموز، معلم یا مهندس باشید، هر زمان که ایده‌های نوآورانه را امتحان کنید، ممکن است برخی از طراحی‌های شما در برآوردن معیارها یا غلبه بر محدودیت‌های مسئله، با شکست روبه‌رو شوند. به دلیل آنکه مهندسی فرایندی تکرارشونده است، طراحی‌ها را همیشه می‌توان بهبود بخشید. شکست، تأمل و اندیشمندی را ارتقا می‌دهد (چرا پاسخ نداد؟ چرا کار نکرد؟) و به این ترتیب، طراحی‌های بعدی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. این نحوهٔ کار در تضاد کامل با کار مدرسه‌ای است؛ جایی که شکست در آن، سبب بدنامی می‌شود!

شکست ویژگی ضروری مهندسی است. این کاملاً در تضاد با کار معمول در مدرسه است.

فعالیت‌های مهندسی باید شکست را پذیرا باشند و آن را فرصتی برای یادگیری قلمداد کنند. باید به دانش‌آموزان تفهیم کرد که آن‌ها شکست نمی‌خورند، بلکه آنچه که شکست می‌خورد، طرح آن‌هاست. به استناد تجربهٔ ما، دانش‌آموزان از فرصت‌های داده شده برای بهبود طرحشان استقبال می‌کنند. پس از تکمیل یکی از فعالیت‌های برنامهٔ درسی مهندسی ابتدایی دانش‌آموزی نوشت: «من این پروژه درختکاری را دوست دارم. زیرا موفق نشدن و تلاش‌های دوباره برای من جالب بودند». معلمان اظهار می‌کنند که دانش‌آموزان تقاضای زمان بیشتری برای اصلاح طرحشان دارند. آن‌ها قبل و بعد از کلاس به مدرسه می‌آیند و طراحی‌های مهندسی خود را در زمان دایر نبودن کلاس‌ها و در خانه ادامه می‌دهند.

فرصت مجدد برای تلاش می‌تواند تجربه‌ای آزادانه باشد، به‌ویژه برای دانش‌آموزانی که با عملکرد سطح پایین دسته‌بندی می‌شوند. ما داستان‌های بی‌شماری از معلمان شنیده‌ایم که

اصل ۳: طراحی فعالیت‌های دارای راه‌حل‌های متنوع

درس‌های مرسوم اغلب به این صورت‌اند که دانش‌آموزان را برای رسیدن به یک پاسخ صحیح موظف می‌کنند. این رویکرد باعث درگیر نشدن دانش‌آموزان می‌شود، به‌ویژه اگر دانش‌آموزان شکست را بارها تجربه کنند. فعالیت‌های «باز پاسخ»، حل‌کنندهٔ مسئله را قادر خواهند ساخت به راه‌حل‌های متنوع دست یابد، خلاقیت خود را تقویت کند، خطرپذیری بیشتری داشته باشد و ایده‌های ناب و تازه را مورد توجه قرار دهد.

فعالیت‌های باز پاسخ باید به گونه‌ای طراحی شوند که دانش‌آموزان نتیجهٔ به دست آمده از طراحی خود را براساس معیارها و محدودیت‌ها ارزیابی کنند و امکان اصلاح و بهبود طرح خود را داشته باشند. به‌طور کلی، به اشتراک گذاشتن راه‌حل‌های طراحی شده با کلاس درس نیز باید مورد توجه قرار گیرد. تعمق و تفکر در مورد ویژگی‌های مشترک طرح‌های موفق، ایده‌های جدیدی را سبب می‌شود.

تنوع راه‌حل‌هایی که کودکان ارائه دادند، جذاب‌ترین بخش کار بود. هیچ‌یک از طراحی‌ها مثل هم نبودند.

در اینجا یک چالش باز پاسخ در مهندسی زیست‌پزشکی در برنامهٔ مهندسی ابتدایی، یعنی طراحی زانویند (بریس^۸ زانو) مطرح شده است. دانش‌آموزان کار را با اندازه‌گیری دامنهٔ حرکت مفصل زانوی آسیب ندیده و سالم شروع می‌کنند. سپس به دانش‌آموزان مدلی از زانوی صدمه دیده داده می‌شود که از یک توپ بیس‌بال ساخته شده (به‌عنوان مفصل زانو) و درون دو لوله مقوایی تودرتو که با لاستیک و کش سفت شده‌اند، قرار دارد. دانش‌آموزان خواهند دید که دامنهٔ حرکت مدل صدمه دیده، با زانوی سالم متفاوت است.

چالش مهندسی دانش‌آموزان این است زانویندی طراحی کنند که علاوه بر استحکام، قابلیت انعطاف داشته باشد تا اجازه حرکت عادی را به زانوی صدمه دیده بدهد. آن‌ها می‌توانند تنها از چوب بستنی، باند کشی، نخ، اسفنج، نمد، پارچه و مقوا استفاده کنند.



زانویندهای طراحی شده با مواد ساده توسط دانش‌آموزان که راه‌حل‌های ممکن را نشان می‌دهد.



چگونه دانش آموزی که قبلاً در کارهای مدرسه درگیر نمی‌شد، در یک کار مهندسی کاملاً درگیر و فعال شد، بر مراحل چندگانه طراحی پافشاری کرد و خود به عنوان رهبر گروه پدیدار شد.

اصل ۵: تقویت همکاری

مهندسان معمولاً به صورت گروهی کار می‌کنند. پرورش مهارت کار گروهی از آن رو اهمیت ویژه‌ای دارد که محیط‌های رقابتی سبب می‌شوند، دختران و کودکانی که در فرهنگ‌های دارای کار تیمی پرورش یافته‌اند و برای تعامل ارزش قائل هستند، ناامید نشوند (لی، ۲۰۰۳).

وقتی دانش آموزان به طور مؤثر و کارآمد در گروه کار می‌کنند، اغلب راه حل‌های مهندسی قوی‌تری ارائه می‌دهند و به طور مؤثرتری یاد می‌گیرند. همکاری و کار گروهی به دانش آموزان کمک می‌کند تا هنگام کار با دیگران چیزهایی را دقیق‌تر ببینند. به علاوه، طیف بیشتری از ایده‌ها به وجود می‌آیند و احتمال موفقیت یک ایده (یا ترکیبی از ایده‌ها) افزایش می‌یابد. کار در گروه‌ها به دانش آموزان فرصت می‌دهد بر توانمندی‌های خود تأکید کنند. همکاری بین گروه‌ها به دانش آموزان نشان می‌دهد که چگونه می‌توانند از شکست و موفقیت دیگران یاد بگیرند و وقتی گروه‌ها، داده‌ها و اطلاعات خود را روی هم می‌گذارند، روند کارها بیشتر آشکار می‌شود.

ما تأثیر کار گروهی را وقتی دانش آموزان درگیر چالش طراحی چتری با فرود آرام بودند، دیدیم. دانش آموزان اندازه‌های مختلف پارچه را با طول‌های متفاوت آویختگی آزمایش می‌کردند. وقتی همه داده‌های مختلف گروه روی هم ریخته شوند، ترکیب این اطلاعات به آن‌ها کمک می‌کند رابطه سرعت سقوط چتر با اندازه پارچه و طول آویختگی آن را دریابند. اگر دانش آموزان به صورت انفرادی کار می‌کردند، برای به دست آوردن چنین نتیجه‌ای باید زمان بیشتر را صرف می‌کردند و آزمایش‌های بسیار بیشتری انجام می‌دادند.

البته دانش آموزان همانند بزرگسالان نیاز دارند چگونگی کار در گروه‌ها را یاد بگیرند. معلمان باید به طور فعال دانش آموزان را تشویق کنند، اندیشه‌های خود را به اشتراک بگذارند، نظرهای دیگران را مورد توجه قرار دهند، براساس شواهد و داده‌ها به بحث بپردازند و برای انتخاب بهترین راه حل، مدارا و سازش کنند.

اصل ۶: استفاده آسان از مواد در دسترس

استفاده از مواد ارزانی که به راحتی در مغازه‌ها، اسباب‌بازی‌فروشی‌ها، خرازی‌ها و ابزارفروشی‌ها یافت می‌شود، راه دیگری است تا گروه بیشتری از دانش آموزان درگیر فعالیت‌های مهندسی شوند. مواد دارای فناوری پایین، از قبیل بطری نوشابه و چوب آب‌نبات، که برای دانش آموزان آشنا ترند، دست‌یافتنی‌تر هستند. این مواد ارزان برای مدارس و کلاس‌هایی که دارای مشکلات مالی هستند، مناسب‌اند. همچنین استفاده از مواد در دسترس سبب می‌شود دانش آموزان هنگام مواجه با یک چالش در مدرسه، فعالیت مهندسی خود را در خانه نیز ادامه دهند. اکنون مشخص شده است که وقتی در چالش‌های مهندسی از مواد ساده استفاده شود (برای نمونه، طراحی روشی برای تهیه خمیربازی با استفاده از آب، نمک و آرد)، دانش آموزان خواهان ادامه انجام کار مهندسی در خانه با نتایج مثبت می‌شوند.

یکی از معلمان یک مدرسه دوزبانه متن زیر را به اشتراک گذاشته است:

سال گذشته با دانش آموزان چالشگر زیادی کار کردم. برخی از آن‌ها ضربه‌های روحی شدیدی را متحمل شده بودند و به بزرگ‌ترها و دیگران اعتماد نداشتند. این موضوع اغلب در کاهش انگیزه برای انجام تکالیف مدرسه و طغیان خشم و سرپیچی مشهود بود. این شرایط با شروع کلاس من که واحد درسی مهندسی ابتدایی شیمی مقدماتی بود، تغییر کرد. در این کار دانش آموزان باید فرایند تهیه خمیربازی را طراحی می‌کردند. دانش آموزان من چنان با انگیزه شده بودند که تقریباً نیمی از آن‌ها، نمونه‌ها و مراحل کارهایی را که در کلاس انجام داده و در خانه بهبود بخشیده بودند، با خود به کلاس آوردند. در طول کلاس، آن‌ها در مورد کیفیت نمونه‌ها بحث می‌کردند و برای شناخت راه‌های ترکیب ایده‌ها به منظور دستیابی به بهترین نمونه می‌کوشیدند. ما کار خود را با آردهای گندم و ذرت که در ساخت نمونه‌ها به کار بردیم، به پایان رساندیم. برخی از دانش آموزان مکزیکی و آمریکای مرکزی، به دلیل برخی مسائل فرهنگی، از آرد ذرت به جای آرد گندم استفاده کرده بودند. تعدادی از دانش آموزان نیز در پایان واحد درسی خواهان این موضوع بودند که در بزرگسالی مهندس شوند.

هر دانش آموز یک مهندس

هر وقت موضوع جدیدی از مهندسی را برای دانش آموزان می‌گویم، می‌کوشم این کار را به روشی انجام دهم که همه دانش آموزان را درگیر و جذب خود کند، همچنین به آن‌ها فرصت‌های تجربه مهندسی و آموزش علوم را به طور معنی‌داری بدهد. با به کارگیری این اصول جامع طراحی، که رئوس آن در این مقاله آمد، مطمئن می‌شویم که هر دانش آموز می‌تواند یک مهندس شود.

پی‌نوشت‌ها

1. The National Science Foundation
2. Science, Technology, Engineering & Mathematics
3. The new Next Generation Science Standards
۴. در این مقاله، منظور از اقلیت‌ها دانش آموزان آمریکایی - آفریقایی، آمریکایی - آسیایی و ... است ()
5. Carlone, Haun-Frank & Webb, 2011
6. Engineering everywhere
۷. روی وبگاه www.eic.org «مهندسی به صورت مقدماتی» فیلم‌ها و دیگر منابع آموزشی برای استفاده معلمان، به انضمام انواع درس‌ها و فعالیت‌های مشخص شده در برنامه درسی برای این کلاس درس ارائه شده‌اند.
8. National Academy of Engineering, 2008.
9. Brace

منابع

1. Carlone H.B., Haun-Frank, J., & Webb, A. (2011). Assessing equity beyond Knowledge- and skills-based outcomes: A comparative ethnography of two fourthgrade reform-based science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (5), 459-485.
2. Lee, O. (2003). Equity for linguistically and culturally diverse students in science education: A research agenda. *Teachers College Record*, 10/5 (3), 465-489.
3. National Academy of Engineering (2008). *Changing the conversation: Messages1 for improving public understanding of engineering*. Washington, DC: National Academies Press.
4. NGSS Lead Slates. (2013). *Next; Generation; Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press.

نکته‌هایی که باید به خاطر داشت

شرط برابری گشتاور نیرو و آهنگ تغییر تکانه زاویه‌ای

فرد زیپ‌من

ترجمه عبدالصاحب حسینی نژاد، صدیقه حسین پور

اشاره

معلوم شده است که روش‌های حل دقیق و سریع بسیاری از مسائل اجسام صلب را می‌توان با در نظر گرفتن گشتاور نسبت به مرکز لحظه‌ای دوران به‌دست آورد.

کلیدواژه‌ها: گشتاور، جسم صلب، آهنگ تغییر تکانه زاویه‌ای

I

این مسئله را اولین بار کروفورد^۱ در امریکن جورنال آو فیزیکز مطرح کرد [۱] و به دنبال آن بحثی که به وسیله زیپ من [۲]، کاکسر [۳ و ۴] و وین استوک^۵ صورت گرفت [۵]، این پرسش را مطرح کرد، که در چه شرایطی گشتاور نیرو نسبت به یک نقطه (مانند P) که به‌طور لحظه‌ای ساکن است، با آهنگ تغییر زمانی تکانه زاویه‌ای مجاز برابر خواهد بود؟ پاسخ عمومی و درست را زیپ‌من و وین استوک داده‌اند. یعنی دقیقاً همان‌طوری که برای یک نقطه که به‌طور لحظه‌ای ساکن نیست، باید یکی از سه شرط (الف، ب یا پ) زیر صادق باشد، گشتاور نیرو نیز با آهنگ تغییر تکانه زاویه‌ای برابر خواهد بود، اگر و تنها اگر:

الف) نقطه P مرکز جرم دستگاه باشد.

ب) P دارای شتاب نباشد (نسبت به یک دستگاه مرجع لخت).

پ) شتاب نقطه P به طرف مرکز جرم یا در امتداد خارج آن باشد.

از شرط «پ» بسیار کم استفاده می‌شود زیرا وضعیت‌هایی که در آن شتاب دارای مشخصه‌های دلخواه (همان شرط پ)

باشد به سادگی قابل تشخیص نیست. زیپ‌من در «مزایای آموزش خوب و درست، و روشنی اندیشه» [۲] پیشنهاد می‌کند که از شرط «پ» استفاده نشود، در حالی که دسلوج^۶ عقیده دارد که «خواننده این حالت خاص را فراموش می‌کند و سادگی‌ای که ممکن است با در نظر گرفتن این حالت به‌دست آید بر خطاهای احتمالی می‌چربد» [۶]. بی‌گمان عده زیادی از کسانی که با فیزیک کار دارند با دسلوج و زیپ‌من موافق هستند. به هر حال وقتی از نقطه P در حرکت صفحه‌ای جسم صلب بر مرکز لحظه‌ای دوران منطبق شود، فرمول‌بندی دیگری از شرط «پ» به‌وجود می‌آید که کاربرد آن بسیار ساده‌تر می‌شود و به‌طور اساسی خطر اشتباه در آن از بین می‌رود. این فرمول‌بندی از ارزش قابل توجهی برخوردار است. وقتی شرط «پ» برای مرکز لحظه‌ای به‌کار رود همانند آن است که شرط ساده‌تر ثابت بودن فاصله مرکز لحظه‌ای از مرکز جرم در طول مدت حرکت را در نظر گرفته باشیم [۷]. مرکز لحظه‌ای دوران به‌عنوان نقطه‌ای از جسم صلب تعریف شده است یا جسم صلب چنان گسترده شده است که در سکون لحظه‌ای به‌سر می‌برد. در حالت کلی مکان این نقطه در جسم صلب، ثابت و معین نیست. برای حرکت یک جسم صلب در صفحه می‌توان نشان داد که این نقطه همیشه وجود دارد (به جز در حرکت انتقالی محض) [۸ و ۹]. همان‌طور که در بخش II ثابت خواهد شد، معادله‌ای که متضمن فرمول‌بندی دیگری از شرط «پ» باشد به دو حالت جالب دیگر می‌انجامد که شاید در آن‌ها گشتاور نیرو با آهنگ تغییر زمانی تکانه زاویه‌ای نسبت به مرکز لحظه‌ای برابر باشد. در III و IV نشان داده می‌شود که این فرمول‌بندی غالباً با دقت و سرعت، به حل مسائلی می‌انجامد که شامل مسئله کروفورد و مسئله پیچیده‌تری از چرخ برون مرکزی* (چرخ‌ی که مرکز

جرمش بر مرکز هندسی آن واقع نباشد) است که به وسیلهٔ زیپ‌من طرح شده است.

II گشتاور نیرو نسبت به مرکز لحظه‌ای دوران

یک معادلهٔ عمومی و درست گشتاور نسبت به مرکز لحظه‌ای دوران مربوط به حرکت صفحه‌ای جسم صلب است که معمولاً برای فیزیک‌دانان ناشناخته و عبارت است از:

$$\tau_c \omega = \frac{d}{dt} \left[\frac{I_c \omega^2}{2} \right] \quad (1)$$

در اینجا C نشانهٔ مرکز لحظه‌ای، I_c و τ_c به ترتیب گشتاور خارجی محض و لختی دورانی نسبت به محوری است که از مرکز لحظه‌ای عمود بر صفحهٔ حرکت می‌گذرد و ω سرعت زاویه‌ای جسم صلب است. معادلهٔ (۱) از مساوی قرار دادن آهنگ انجام کار روی جسم صلب و آهنگ تغییر انرژی جنبشی به‌دست می‌آید. درستی این معادله ناشی از این واقعیت است که جسم در هر لحظه، در حرکت دورانی محض به دور نقطهٔ C است. بنابراین انرژی جنبشی کل از معادلهٔ $I_c \omega^2$ به‌دست می‌آید. دقیقاً مانند آن است که جسم به دور محور ثابت در دوران باشد. طرف چپ معادلهٔ (۱) نیز به‌دلیل مشابهی عبارت است از آهنگ انجام کار روی جسم توسط نیروهای خارجی. (و در اینجا نیز دقیقاً مانند این است که جسم به‌دور یک محور ثابت دوران کند). با مشتق‌گیری و تقسیم دو طرف معادله به ω خواهیم داشت:

$$\tau_c = I_c \alpha + \frac{\omega i_c}{\omega} \quad (2)$$

که به‌عنوان معادله عمومی دربرگیرندهٔ گشتاورها نسبت به مرکز لحظه‌ای دوران است [۱۰]. در اینجا $\alpha = \dot{\omega}$ شتاب زاویه‌ای جسم صلب است. معادلهٔ (۲) بی‌درنگ ما را به سه حالت زیر راهنمایی می‌کند که می‌توان از معادلهٔ

$$\tau_c = I_c \alpha \quad (3)$$

استفاده کرد:

(۱) I_c ثابت است. این در حالتی رخ می‌دهد که مرکز لحظه‌ای دوران C در طول مدت حرکت، در فاصلهٔ ثابتی از مرکز جرم قرار بگیرد. همان‌طور که قبلاً گفته شد کاربرد این شرط خیلی ساده‌تر از کاربرد شرط «پ» است (که می‌گوید: شتاب نقطه‌ای از جسم صلب که به‌طور لحظه‌ای بر نقطهٔ C منطبق است به طرف مرکز جرم یا در امتداد خارج آن است). برای مثال در مسئلهٔ آشنای میلهٔ یکنواخت، که به دیوار قائم و سطحی افقی تکیه دارد و دو انتهایش بر این

سطح‌ها می‌لغزند، چون فاصله‌های مرکز لحظه‌ای و مرکز جرم ثابت هستند، بنابراین $\tau_c = I_c \alpha$ درست خواهد بود. یقیناً این تساوی درست است زیرا شرط شتاب «ب» نیز در اینجا سازگار است که به هیچ‌وجه به سادگی دیده نمی‌شود. مثال دیگری که در آن ثابت بودن I_c کاملاً روشن باشد عبارت است از چرخ یکنواختی که بر هر سطحی بدون لغزش می‌غلتد. (۲) شروع حرکت‌ها: وقتی که جسم صلبی از حالت سکون شروع به حرکت کند همیشه می‌توان شتاب α را از $\tau_c = I_c \alpha$ به دست آورد.

(۳) در نوسان‌های کوچک که شامل حالتی از تعادل پایدار یا حرکت یکنواخت باشد جملهٔ $\frac{\omega i_c}{2}$ نسبت به ω از درجهٔ دو خواهد بود و می‌توان آن را نادیده گرفت.

III مثال‌ها

اگر چه هدف اصلی این مقاله مستلزم شرط‌هایی است که استفاده از معادلهٔ (۳) را امکان‌پذیر می‌سازد، اما جالب است که نتیجه کلی - معادلهٔ (۲) - را برای دو مورد زیر به کار گیریم:

۱. مسئلهٔ اصلی کروفرود

۲. مثال زیپ‌من دربارهٔ چرخ برون مرکزی که بدون لغزش روی سطح افقی می‌غلتد.

۱. در مسئلهٔ کروفرود [۱] میلهٔ صلب و یکنواختی به جرم m و طول $2R$ است که یک سر آن در تماس با سطح افقی بدون اصطکاک است و از حالت سکون رها می‌شود، (شکل ۱) θ زاویه میله با راستای قائم است. در اینجا G مرکز جرم میله و P نقطهٔ تماس آن با سطح است. از آنجا که G باید عمودی حرکت کند (G نخست ساکن است و هیچ نیروی افقی‌ای وجود ندارد) و P باید در امتداد افقی حرکت کند، به سادگی می‌توان نشان داد که نقطهٔ C در (شکل یک) مرکز لحظه‌ای دوران است [۱۱]. از قضیهٔ محورهای موازی داریم:

$$I_c = \frac{mR^2}{3} + mR^2 \sin^2 \theta$$

$$\dot{I}_c = 2mR^2 \dot{\theta} \sin \theta \cos \theta \quad \text{که نتیجه می‌دهد:}$$

$$\tau_c = mgR \sin \theta \quad \text{چون}$$

معادله (۲) بی‌درنگ به معادلهٔ زیر تبدیل می‌شود.

$$mgR \sin \theta = \left(\frac{mR^2}{3} + mR^2 \sin^2 \theta \right) \ddot{\theta} + mR^2 \dot{\theta}^2 \sin \theta \cos \theta \quad (4)$$

روشن است که این معادله با معادله‌های کروفرود و زیپ‌من یکسان است. پس آشکار است که معادله (۲) بی‌درنگ به دستاوردی درست راه می‌برد.

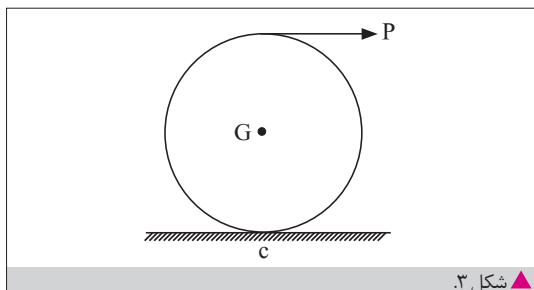
پتانسیل و کل است برای مسئله اول از بخش III داریم:

با
$$\left(\frac{mR^2}{3} + mR^2 \sin^2 \theta \right) \frac{\dot{\theta}^2}{2} + mgR \cos \theta = E$$
 مشتق‌گیری نسبت به زمان و تقسیم دو طرف به $\dot{\theta}^\circ$ بار دیگر به معادله (۴) که حل مسئله کروفور است، می‌رسیم، به همین ترتیب برای معادله (۲) داریم (حل مسئله زیپ‌من):

$$\left[I_c + m \left[R^2 - 2Rb \cos \theta \right] \right] \frac{\dot{\theta}^2}{2} + mgb(1 - \cos \theta) = E$$

که با مشتق‌گیری نسبت به زمان و تقسیم دو طرف معادله به $\dot{\theta}^\circ$ بار دیگر به معادله (۵) یعنی حل مسئله زیپ‌من می‌رسیم. البته این راه و روش را می‌توان برای هر دستگاه پایستاری به کار برد. با این همه سادگی گاهی به کار بردن معادله (۲)، یا معادله (۳) در جایی که کاربرد دارد، ساده‌تر و راحت‌تر است. افزون بر این برای مسائلی که در آن‌ها نیروهای ناپایستار کار انجام می‌دهند معادله (۳) غالباً سریع‌ترین روش برای به‌دست آوردن جواب است. گاهی این روش آگاهی‌هایی نیز برای ما فراهم می‌کند که نمی‌توان با روش‌های دیگر به آن رسید. مسائل زیر را در نظر بگیرید:

۱. در شکل ۳ نخ به‌دور استوانه همگن به جرم m و شعاع R پیچیده شده و با نیروی کشش P استوانه را بی‌آنکه بلغزد و آدار به غلتش روی سطح افقی می‌کند.



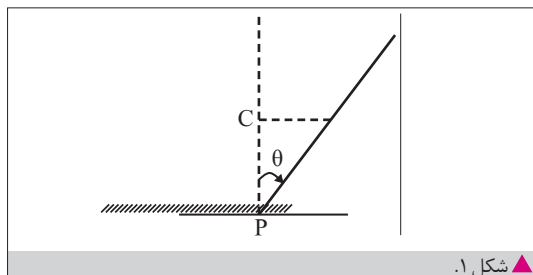
▲ شکل ۳.

شتاب زاویه‌ای α و شتاب مرکز جرم a_G را پیدا کنید (فرض کنید سطح به اندازه‌ای زبر و ناهموار است که از لغزش استوانه جلوگیری کند). گشتاورها را نسبت به مرکز لحظه‌ای C در نظر می‌گیریم (C در فاصله ثابتی از مرکز جرم است بنابراین نقطه قابل اعتمادی است و خطر اشتباه وجود ندارد) حتی بدون اندیشیدن به جهت نیروی اصطکاک f می‌توانیم α را به‌دست آوریم:

$$P(2R) = I_c \alpha = \frac{3}{2} m R^2 \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{2P}{3mR}$$

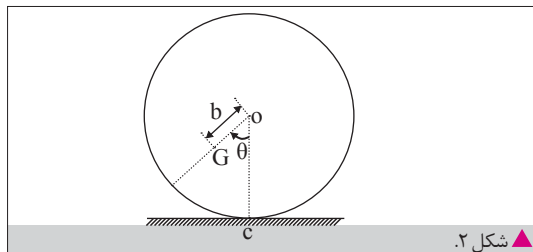
$$\Rightarrow a_G = \alpha R = \frac{2P}{3m}$$

اکنون به سادگی معلوم می‌شود که نیروی اصطکاک f باید به‌طرف راست باشد و اندازه‌اش برابر با:



▲ شکل ۱.

۲. شکل ۲، یک چرخ برون مرکزی به جرم m و شعاع R را نشان می‌دهد که بر روی سطح افقی بدون لغزش، می‌غلتد. نقطه تماس C مرکز لحظه‌ای دوران چرخ است. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، مرکز جرم G به فاصله b از مرکز چرخ O قرار دارد.



▲ شکل ۲.

θ زاویه بین خط OG و خط قائم است. در اینجا جالب است که روش‌های معمولی و عمومی را با معادله (۲) مقایسه کنیم. با در نظر گرفتن گشتاورها نسبت به مرکز جرم و به کارگیری قانون دوم نیوتون برای حرکت مرکز جرم - که نخست باید نیروهای عمودی و مالشی را به حساب آوریم، سپس آن‌ها را حذف کنیم - با انجام محاسبات لازم معادله دیفرانسیلی برای θ ، به شکل زیر به دست می‌آید:

$$-mgb \sin \theta = \left[I_c + m(R^2 - 2Rb \cos \theta) \right] \ddot{\theta} + mRb \dot{\theta}^2 \sin \theta$$

ولی اگر گشتاورها را نسبت به مرکز لحظه‌ای در نظر بگیریم و از معادله (۲) استفاده کنیم بی‌درنگ این نتیجه را به‌دست می‌آوریم. روشن است که:

$$I_c = I_G + m\overline{GC}^2 = m \left[(b \sin \theta)^2 + (R - b \cos \theta)^2 \right]$$

$$\Rightarrow I_c = I_G + m(R^2 - 2Rb \cos \theta)$$

$$\dot{I}_c = 2Rb \dot{\theta} \sin \theta$$

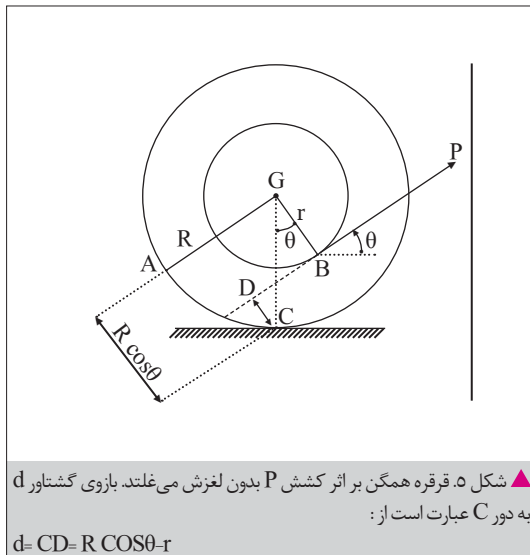
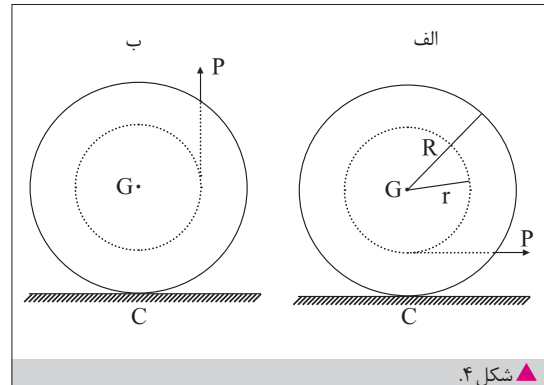
از معادله (۲) همراه با $\tau_c = -mgb \sin \theta$ معادله (۵) به سادگی به دست می‌آید.

(IV) چند مثال دیگر

از آنجا که معادله (۲) نتیجه ساده‌ای از قضیه کار - انرژی است، باید بتوانیم دستاوردهای بخش III را با استفاده از پایستگی انرژی به سادگی به‌دست آوریم. با نوشتن $T + V = E$ که T, V, E به ترتیب انرژی جنبشی،

$$f = ma - p = ma_G - P = p / 3$$

۲. شکل ۴ (الف) قرقره‌ای همگن به جرم m را نشان می‌دهد که شعاع آن R و شعاع نخ پیچ r آن است. نخ روی قرقره پیچیده شده و با نیروی P قرقره را روی سطح افقی می‌کشد. اگر قرقره بدون لغزیدن بغلتد، شتاب زاویه‌ای α را پیدا کنید.



▲ شکل ۵. قرقره همگن بر اثر کشش P بدون لغزش می‌غلتد. بازوی گشتاور به دور C عبارت است از:
 $d = CD = R \cos \theta - r$

(V) نوسان‌های کوچک

از نتایج به‌دست آمده برای مسئله‌های زیپ‌من و کروفرود در بخش III دیده می‌شود که مقدار اولیه θ کاملاً معادله (۳) داده می‌شود (این مقدار اولیه از معادله‌های ۴ و ۵ با گذاشتن $\theta = \theta_0$ به‌دست می‌آید). پس این‌ها می‌توانند به‌عنوان مثال‌هایی باشند از کاربرد درست معادله (۳) برای حرکت‌هایی که از سکون شروع می‌شوند (حالت ۲ از بخش II). به هر حال، حالت ۳ از بخش II (نوسان‌های کوچک) نیز به اندازه‌ای جالب و مفید است که یک مثال برای آن می‌آوریم. پوسته همگن نیمه استوانه‌ای به جرم m و شعاع R را در نظر بگیرید. اگر این پوسته را از طرف خمیده روی سطح بدون اصطکاک قرار دهیم و کمی آن را از حالت تعادل خود جابه‌جا و رها کنیم دوره تناوب یک نوسان کوچک آن چقدر خواهد بود.

شکل ۶ پوسته را در لحظه‌ای از حرکت نشان می‌دهد که شعاعی که از مرکز جرم G می‌گذرد با امتداد قائم زاویه θ می‌سازد. از آنجا که G باید در امتداد قائم حرکت کند و نقطه تماس P در امتداد افقی، نقطه C مرکز لحظه‌ای خواهد بود [۱۱]. فاصله d بین دو نقطه O و G به سادگی به‌دست می‌آید و برابر $2R/\pi$ است. از قضیه محورها می‌توانیم:

$$I_G = mR^2 - md^2 \quad \text{و} \quad I_C = I_G + m(d \sin \theta)^2$$

$$= mR^2 - md^2 \cos^2 \theta$$

$$= mR^2 - md^2$$

$$\because \theta \ll 1 \text{ rad} \Rightarrow \cos \theta \approx 1$$

$$\therefore I_C \approx mR^2 - m \left[\frac{2R}{\pi} \right]^2 = mR^2 (\pi^2 - 4) / \pi^2$$

$$\left[R^2 (\pi^2 - 4) / \pi^2 \right] \ddot{\theta} + [2Rg / \pi] \theta = 0$$

$$\text{چون} \quad \tau_c = -mgd \sin \theta = -mg \left(\frac{2R}{\pi} \right) \theta \quad \text{برابری (۳)}$$

در حالی که قرقره می‌غلتد آیا نخ از روی آن باز می‌شود یا روی آن می‌پیچد؟ برای شکل ۴ (ب) نیز به این پرسش‌ها پاسخ دهید. این بار نیز گشتاورها را نسبت به مرکز لحظه‌ای C در نظر می‌گیریم، نخ در حالت الف پیچیده می‌شود و در حالت ب باز می‌شود. شتاب زاویه‌ای در حالت (الف) از $P(R-r) = (I_G + mR^2)\alpha$ و در حالت (ب) از $Pr = (I_G + mR^2)\alpha$ به‌دست می‌آید.

۳. نخ به دور قرقره می‌پیچد، اگر نیروی P افقی باشد (شکل ۴ الف) باز می‌شود اگر نیرو عمودی باشد (شکل ۴ ب) بنابراین باید یک زاویه تراگذر (انتقال) مانند θ_0 وجود داشته باشد که در آن زاویه، قرقره حرکت تراگذری دارد. این زاویه را پیدا کنید.

این حالت برای یک زاویه دلخواه θ بین نخ و سطح افقی در شکل ۵ نشان داده شده است. با گرفتن گشتاورها نسبت به مرکز لحظه‌ای C بی‌درنگ روشن خواهد شد که شتاب زاویه‌ای α با معادله زیر داده می‌شود: $P(R \cos \theta - r) = (I_G + mR^2)\alpha$ که نشان می‌دهد اگر $C \cos \theta > r/R$ باشد α پادساعتگرد است و نخ باز می‌شود. روشن است که زاویه تراگذر برابر با $\cos \theta_0 = r/R$ است. این نتیجه در شکل پنج نمایان است که نشان می‌دهد برای $\theta = \theta_0$ گشتاور نسبت به C و شتاب زاویه‌ای هر دو صفرند. با آنکه روش‌های دیگری برای پرداختن به این مسئله وجود دارد ولی هیچ یک از آن‌ها سادگی و سرعت روش حل که در اینجا استفاده شده است ندارد.

معلوم شده
 است که
 روش‌های حل
 دقیق و سریع
 بسیاری
 از مسائل
 اجسام صلب
 را می‌توان با
 در نظر گرفتن
 گشتاور
 نسبت به
 مرکز لحظه‌ای
 دوران
 به‌دست آورد

* Eccentric wheel

** نخ پیچ قرقره (قسمتی از قرقره که نخ روی آن پیچیده می‌شود)، peg.

1. Crawford
2. American journal of physics
3. Zypman
4. Kacser
5. Wein stock
6. Desloge

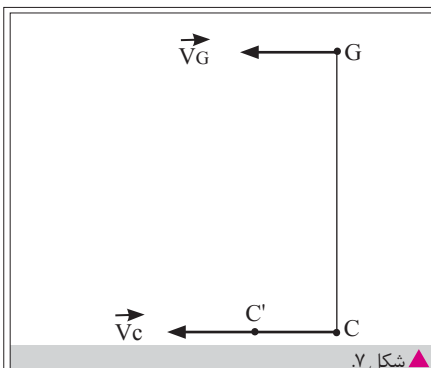
1. Frank S. Crawford, "Moments to remember." Am. J. Phys. 57, 105, 177(1989).
2. Fredy R. Zypman, "Moments to remember- The condition for equating torque and rate of change of angular momentum." Am. J. Phys. 58, 41, 43(1990).
3. Claude Kacser, "Are deliberate mistakes a valid teaching tool?" Am. J. Phys. 57, 583 (1989).
4. Claude Kacser, "About which moving or accelerating points may dynamical moments validly be taken? - Errors unintentional." Am. J. Phys. 57, 1063(1989).
5. Robert Weinstock, "Errors intentional and otherwise." Am. J. Phys. 57, 1063 (1989).
6. Edward A. Desloge, Classical Mechanics (wiley, New York. 1982), p 230.

۷. اثبات مختصری از این حکم در پیوست آمده است. اثباتی هم ارز در کتاب زیر داده شده است:

- William F. Osgood, Mechanics (Macmillan, New York. 1949), pp.164, 207.
8. See for example, Robert A. Becker, Introduction to Theoretical Mechanics (McGraw- Hill, New York. 1954), pp. 194- 195. John L. Synge and Byron A. Griffith, Principles of Mechanics (McGraw- Hill, New York. 1949), pp.122-124.
 ۹. برای بعضی از روش‌های جالب دیداری کردن (به روش تصویربرداری) مرکز لحظه‌ای دوران چرخه که بدون لغزیدن در حال حرکت است مرجع زیر را ببینید: P.L.Tea, Jr., "On seeing instantaneous centers of velocity." Am. J. Phys. 58, 495-497 (1999).
 10. See for example, A.S. Ramsey, Dynamics, Part I (Cambridge U.P., Cambridge, England, 1959), 2nd ed., p.240; Brian H. Engineers and Scientists, Volume 3, Theoretical Mechanics (Pergamon, New York, 1963), pp.278-280.

۱۱. از آنجا که جسم در هر لحظه در حال حرکت دورانی به دور مرکز لحظه‌ای است روشن است که سرعت هر نقطه از جسم باید بر خط واصل آن نقطه به مرکز لحظه‌ای عمود باشد. اگر جهت سرعت‌های دو نقطه در یک لحظه معین t معلوم باشد (سرعت‌ها موازی نیستند)، مرکز لحظه‌ای در لحظه t نقطه اشتراک دو خطی است که از آن نقاط عمود بر سرعت‌ها رسم شود.

۱۲. این جانب مدیون پروفیسور Harry Soodak به خاطر ارائه این اثبات ساده هستم.



شکل ۷.

نقطه p (همراه با بقیه جسم صلب) به دور C می‌چرخد پس این نقطه سرعتی عمود بر خط CC' دارد (در $t + \delta t$ نقطه‌ای از جسم مثلاً Q وجود دارد که به طور لحظه‌ای ساکن است و بنابراین بر C' منطبق می‌شود). در نتیجه شتاب نقطه P در زمان t باید در راستای GC باشد و این نشان می‌دهد که اگر فاصله مرکز لحظه‌ای از مرکز جرم در طول حرکت ثابت بماند، شتاب نقطه‌ای از جسم که در یک لحظه در جای مرکز لحظه‌ای است، باید همان گونه که ثابت شد، خطی باشد که آن را به مرکز جرم وصل کند [۱۲].

VI نتیجه‌گیری

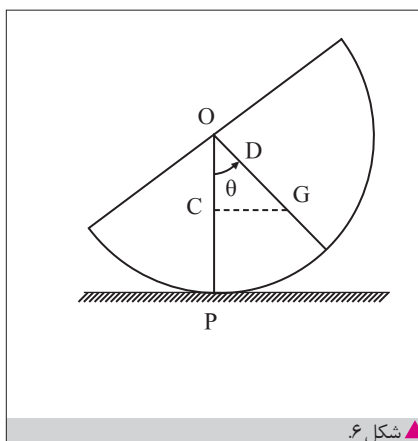
شایسته است که با تکرار و تأکید خود بر عدم توافق با زیپمن و دسلوج در مورد سادگی حاصل از نادیده گرفتن شرط «پ» نتیجه‌گیری کنیم. مرکز لحظه‌ای دوران، همان گونه که در این مقاله بحث شد، حالت ویژه‌ای از شرط ویژه دسلوج یعنی شرط «پ» است و ما نشان دادیم که با در نظر گرفتن گشتاورها نسبت به مرکز لحظه‌ای، می‌توان بسیاری از مسائل را به سادگی حل کرد. همچنین نشان دادیم که مسائلی وجود دارند که روش ارائه شده در این مقاله دید روشنی از آن‌ها دارد که در روش‌های معمول این بینش و نگرش وجود ندارد. افزون بر این، شرطی را می‌توان برای مرکز لحظه‌ای قرار داد تا معادله $\tau_c = I_c \alpha$ به سادگی برقرار گردد. (برخلاف فرمول‌بندی معمول شرط «پ» و بی‌گمان احتمال اشتباه در آن وجود ندارد. گشتاورها نسبت به مرکز لحظه‌ای، یک فرصت هستند، فرصت را از دست ندهید و آن را غنیمت شمارید!

این نتیجه را می‌دهد که:

$$\left[R^2 (\pi^2 - 4) / \pi^2 \right] \ddot{\theta} + [2Rg / \pi] \theta = 0$$

$$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{(\pi^2 - 4) / \pi^2}{2g / R}}$$

$$\tau_c = I_c \alpha$$



شکل ۶.

شکل ۷ مرکز جرم و مرکز لحظه‌ای دوران یک جسم صلب را در لحظه t نشان می‌دهد. چون G در لحظه t به دور نقطه C می‌چرخد، سرعت آن $\tau_c = I_c \alpha$ در t همان گونه که شکل نشان می‌دهد باید عمود بر GC باشد. همچنین چون فاصله GC در اینجا ثابت فرض شده است سرعت نقطه C نسبت به G نمی‌تواند مؤلفه‌ای در امتداد GC داشته باشد. بنابراین سرعت $\overline{V_C}$ نیز باید مانند شکل باشد. (در اینجا توجه به این نکته مهم است: در حالی که سرعت نقاطی از جسم که به طور لحظه‌ای بر C منطبق می‌شوند صفر است این امر برای خود نقطه C درست نیست. مرکز لحظه‌ای C نه به جسم چسبیده و نه در فضا ثابت نگه داشته شده است. این نقطه کاملاً مسیر خود را می‌پیماید).

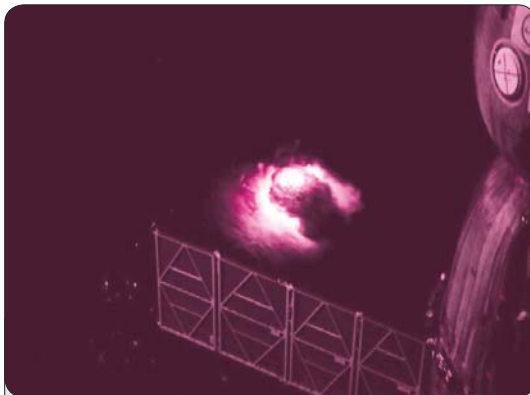
مکان مرکز لحظه‌ای بعد از گذشت زمان بسیار کوچک با C' مشخص شده است. جابه‌جایی CC' باید عمود بر خط GC باشد. نقطه P از جسم صلب که در زمان t بر نقطه C منطبق است در زمان $t + \delta t$ نیز بر نقطه C منطبق است زیرا این نقطه در زمان t دارای سرعت صفر است. ولی در $t + \delta t$

مرزهای فیزیک

تازه‌ترین اخبار پژوهشی

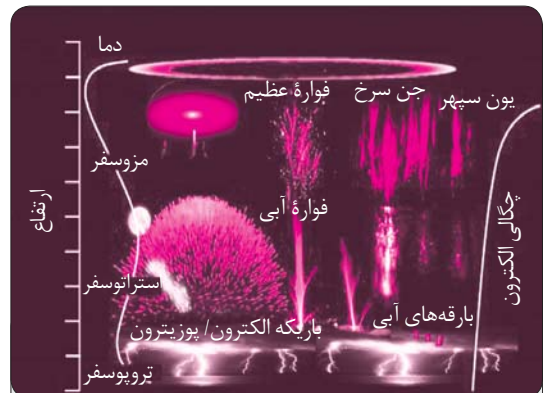
دکتر منیژه رهبر

آذرخش‌های جو بالایی که به رویدادهای لیان گذرا معروف‌اند، شامل پدیده‌های رنگین با نام‌های برآمده از قصه‌های پریان مانند جن‌ها، کوتوله‌ها و غول‌ها هستند. ایستگاه فضایی به چند دلیل یک سکوی مشاهده ایده‌آل است. مدار کوتاه آن به دور زمین مشاهده کامل نواحی استوایی و نیمه‌استوایی را امکان‌پذیر می‌سازد که دسترسی به بیشتر بخش‌های آن دشوار است و اغلب طوفان‌های تندری شدید در آنجا شکل می‌گیرد. همچنین، مشاهده‌ها در نوار اپتیکی صورت می‌گیرند که در معرض جذب در جو قرار دارند و نمی‌توانند در مشاهده‌های زمینی مورد استفاده قرار گیرند.



▲ طوفان تندری مشاهده شده از ایستگاه فضایی

روزی روزگاری در طوفان تندری



▲ پدیده‌های بالای جو که خود را از طوفان‌های تندری می‌گیرند، از جمله درخش‌های پرتوگاما و گسیل‌های لیان گذرا^۱ (TLE)، تخلیه‌های الکتریکی شامل بارقه‌های آبی در بالای طوفان‌های تندری، فواره آبی، فواره عظیم، جن سرخ، هاله‌ها و کوتوله‌ها.

طوفان‌های تندری در بالای جو هنوز اسرارآمیزند. دانشمندان نمی‌توانند با ابزارهای آزمایشگاهی خود مستقیماً به آن‌ها دست یابند؛ زیرا برای بالون‌ها بسیار بالا و برای ماهواره‌های هواشناسی بسیار پائین‌اند. پرواز کردن در طوفان‌های تندری یا حتی چادر زدن در قلّه کوه‌ها در فهرست آرزوهای ماجراجویان کاری نامتحمل است.

اما پژوهش در ایستگاه فضایی بین‌المللی به کمک آن‌ها آمده است. دیده‌بان برهم‌کنش‌های جو - فضای^۲ (ASIM) آژانس فضایی اروپا^۳ (ESA) مجموعه‌ای از دوربین‌های اپتیکی، نورسنج‌ها و یک آشکارساز بزرگ پرتوهای x و گاما در بیرون از آزمایشگاه کلمبوس این ایستگاه نصب شده است. این آزمایشگاه دست‌کم دو سال **طوفان‌های تندری** تولید شده در تخلیه‌های الکتریکی در **بالای جو** استراتوسفر و مژوسفر را تا رسیدن به یون سپهر، لبه فضا مشاهده خواهد کرد. این وسیله مشاهده زمین امکان بررسی طوفان‌های تندری شدید و نقش آن‌ها را در جو زمین و آب و هوا بررسی می‌کند.

ASIM یک بررسی جامع جهانی از این پدیده‌های در ارتفاع بسیار زیاد است که مشاهده آن‌ها از رویدادهای زمینی برای تعیین فیزیک مربوط به آن‌ها و ارتباطشان با آذرخش دشوار است. این پژوهش همچنین تشکیل ابر در ارتفاع‌های زیاد را بررسی و تعیین می‌کند چه ویژگی‌هایی طوفان‌های تندری را در ایجاد اختلال در جو بالایی مؤثر می‌سازد: این پژوهش به شناخت تأثیر طوفان‌های تندری در جو زمین و ساخت مدل‌های بهتر برای پیش‌بینی‌های هواشناختی و اقلیم‌شناختی کمک می‌کند.

به گفته یکی از پژوهشگران «مشاهده‌ها در ارتفاع‌های زیاد امکان مطالعه این رویدادها را بدون وجود ابرها فراهم می‌سازد. با ASIM می‌توانیم شناخت بهتری از فرایندهای پیچیده آذرخش در جو بالایی به‌دست آوریم که اساس آذرخش معمولی را هم تشکیل می‌دهند، گرچه شکل متفاوتی به خود می‌گیرند. این شناخت می‌تواند باعث بهبود فناوری آشکارسازی آذرخش معمولی شود.»

پژوهش صورت گرفته، به روشن شدن تأثیر طوفان‌های تندری جو، یون سپهر و کمربندهای تابشی کمک می‌کند، و سرازیر شدن شهاب‌سنگ‌ها به محیط زمین و تأثیر آن‌ها بر جو را دیده‌بانی خواهد کرد. به‌عنوان مثال، فواره‌های آبی در بالای **ابره‌های طوفان تندری** تراکم گازهای گلخانه‌ای را تغییر می‌دهد که مثال دیگری برای تأثیر طوفان‌های تندری بر استراتوسفر است.

انواع تخلیه‌های الکتریکی و ساختار آن‌ها باعث شناخت بیشتر دانشمندان از **جوی** که در آن به وقوع می‌پیوندد و باتری طوفان تندری که توان آن‌ها را تأمین می‌کند خواهد شد. این پژوهشگر می‌گوید «چیزهای بیشتری را درباره ابرهای طوفان تندری و ساختار ریز استراتوسفر و مزوسفر یاد می‌گیریم که هنوز چیز چندانی درباره‌شان نمی‌دانیم. دانشمندان با استفاده از ویدئویی که آندریاس موگنسن فزانورد در سال ۲۰۱۵ از **ایستگاه فضایی** گرفت، چیزهای بسیار زیادی را درباره اینکه چه نوع ابرهایی این فعالیت را به وجود می‌آورند یاد گرفته‌اند و متوجه شده‌اند که آذرخش ناشی از ابرهای موجود واقع در ارتفاع حدود ۱۰/۵ مایل (یعنی ۱۷km) از سطح زمین است. این‌ها نتایج علمی محکمی است که برای اولین بار به صورت مستند درآمده‌اند.»

مشاهده‌های ASIM شناخت ما از تأثیر طوفان‌های گردوخاک، آلاینده‌های شهری، آتش‌سوزی‌های جنگل و آتش‌فشان‌ها بر تشکیل ابر و برق‌دار کردن و رابطه چشم‌فعالیت آذرخش با تشدید فعالیت‌های طوفان‌های تندری را هم بهبود می‌بخشد. این موضوع به بهبود کیفیت زندگی ما کمک می‌کند.

جن‌ها درخش‌هایی هستند که از فروریزش الکتریکی در مزوسفر ناشی می‌شوند. فواره‌های آبی تخلیه‌های الکتریکی هستند که در جو بالا می‌روند، و کوتوله‌ها حلقه‌های متحدالمرکز گسیلی‌اند که یک تپ الکترومغناطیسی در لبه پائینی یون سپهر ایجاد می‌کند. غول‌ها تخلیه‌های بزرگی هستند که باعث فروریزش الکتریکی جو از بالای طوفان‌های تندری تا پائین جو می‌شوند. درخش‌های پرتو گامای زمینی پدیده‌ای است که در بالای طوفان‌های تندری تولید می‌شود. دلایل نشان می‌دهند که تخلیه‌های الکتریکی عنان گسیخته برخی از این پدیده‌ها را تولید می‌کنند.

در سال‌های ۱۹۲۰ دانشمند انگلیسی سی.تی.آر.ویلسون^۴ جایزه نوبل را برای کار با اتاقک ابری دریافت کرد که تابش یوننده ناشی از پرتوهای x تابش کیهانی را نمایان می‌ساخت. او پیش‌بینی کرد که تخلیه الکتریکی می‌تواند در بالای طوفان‌های تندری در مزوسفر رخ دهد و اینکه میدان‌های الکتریکی طوفان‌های تندری می‌توانند الکترون‌ها را تا انرژی‌های نسبیتی شتاب دهند.

تا سال ۱۹۹۳ وسایل موجود به اندازه کافی حساس نبودند که به این پرسش پاسخی قطعی دهند، تا اینکه درخش‌های پرتو x بالای طوفان‌های تندری از رصدخانه پرتو گاما کامپتون ناسا مشاهده شد. در سال ۱۹۹۰، اولین مشاهده یک جن ثبت شد، و از آن پس مشاهده‌ها از زمین و هواپیما تعدادی تخلیه در بالای طوفان‌های تندری را کشف کردند، و سفینه‌های فضایی در مدارهای با ارتفاع کم تابش x و گاما را نمایان ساختند.



▲ فواره آبی که از ایستگاه فضایی مشاهده شده است و ۳۰ km در استراتوسفر بالا می‌رود

پی‌نوشت‌ها

1. Transient Luminous Emissions
2. Atmosphere - Space Interactions Monitor
3. European Space Agency
4. C.T.R. Wilson

منبع

NASA, April, 13, 2018
برای اطلاعات بیشتر رجوع کنید به:
<https://phys.org/news/2018-4-thunderstorms.html>

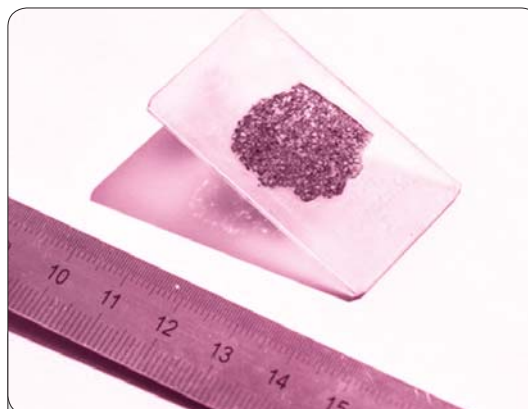
شاید الماس‌های آسمانی از سیاره گمشده‌ای آمده باشند

در منظومه شمسی پرسه می‌زده است. پژوهشگران سوئیسی، فرانسوی و آلمانی الماس‌های موجود در شهاب‌سنگ الماهاتاسینا^۱ را بررسی کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که آن‌ها به احتمال زیاد در دست کم ۴/۵۵ میلیارد سال قبل در یک پیش‌سیاره شکل گرفته‌اند.

الماس‌های موجود در این شهاب‌سنگ، که در اکتبر سال ۲۰۰۸ در صحرای نوبه سودان سقوط کرد، دارای بلورهای کوچکی است که تشکیل آن‌ها نیازمند فشار زیاد است.

فیلیپ ژیل^۲ نویسنده مقاله می‌گوید: «ما نشان دادیم که این الماس‌های بزرگ نمی‌توانند حاصل شوک باشند بلکه نتیجه رشد در یک سیاره‌اند. ما مدعی آن هستیم آنچه در دست ماست بقایای نسل اول سیاره‌هایی است که اکنون گم‌شده‌اند زیرا از بین رفته‌اند یا در سیاره‌ای بزرگ‌تر ادغام شده‌اند.»

ادی بیشوف^۳ یک متخصص شهاب‌سنگ در دانشگاه مونستر^۴ آلمان می‌گوید: روش‌های به کار رفته در این بررسی بی‌عیب و نقص و نتیجه‌گیری منطقی است. اما دلایل بیشتر در مورد فشار زیاد مداوم را باید در مواد معدنی اطراف الماس‌ها یافت. بیشوف در این بررسی که در مجله نیچر کامیونیکیشنز چاپ شد مستقیماً درگیر نبوده است.



این تصویر ورقه‌نازکی از نمونه شهاب‌سنگی را نشان می‌دهد که در بیش از یک دهه قبل به زمین افتاد و دلیل قانع‌کننده‌ای را بر وجود سیاره‌ای گمشده نشان می‌دهد که طبق بررسی منتشر شده در منظومه شمسی پرسه می‌زده است.

تکه‌هایی از شهاب‌سنگی که حدود یک دهه قبل به زمین افتاد دلیل قانع‌کننده‌ای بر وجود سیاره‌ای را نشان می‌دهد که

پی‌نوشت‌ها

1. Almahata Sitta
2. Philippe Gillet
3. Addi Bischoff
4. Muenster
5. Nature communications

برای اطلاعات

بیشتر رجوع کنید

به:

Farhang Nabiei et al. A large planetary body inferred from diamond inclusion in a ureilite meteorite, Nature communications (2018).

[Dol:10.1038/s41467-018-03808-6](https://doi.org/10.1038/s41467-018-03808-6)

پیش‌بینی امکان وجود زندگی با هوش مصنوعی

با توجه به کار صورت گرفته در دانشگاه پلی‌موت^۱ شاید هوش مصنوعی به ما کمک کند تا امکان زندگی در سیارات دیگر را بررسی کنیم. این مطالعه با استفاده از شبکه‌های عصبی (ANNs) سیارات را در پنج گروه طبقه‌بندی و احتمال زندگی را در هر مورد بررسی می‌کند و می‌توان از آن‌ها در مأموریت‌های اکتشافی میان‌ستاره‌ای استفاده کرد. این کار را کریستوفر بیشاپ^۲ در هفته اروپایی اخترفیزیک و علوم فضا (EWASS) در لیورپول ارائه کرد.

شبکه‌های عصبی مصنوعی دستگاه‌هایی هستند که چگونگی یادگیری مغز انسان را بازسازی می‌کنند. آن‌ها یکی از ابزارهای مهم مورد استفاده در یادگیری ماشین هستند، و در شناسایی طرح‌های بسیار پیچیده‌ای که پردازش آن‌ها برای مغز زیست‌شناختی دشوار است بسیار مفیدند.

این گروه مستقر در مرکز روباتیک و دستگاه‌های عصبی دانشگاه پلی‌موت، شبکه خود را طوری آموزش داده‌اند که سیارات را، بر مبنای اینکه مانند زمین کنونی، زمین اولیه، مریخ، زهره یا تیتان قمر زحل باشند، به پنج نوع تقسیم کند. همه آن‌ها اجسام صخره‌ای هستند و می‌دانیم دارای جوی



تصویر منظره فرورسرخ قمر تیتان زحل که سفینه فضایی کاسینی گرفته است. برخی اندازه‌گیری‌ها مطرح می‌کنند که با توجه به عواملی چون در دسترس بودن انرژی و ویژگی‌های مختلف سطح و جو، بالاترین امکان قابلیت زندگی را پس از زمین داراست.

می‌کند که مبتنی بر ویژگی‌های جوی و مداری شناخته شده پنج نوع هدف است.

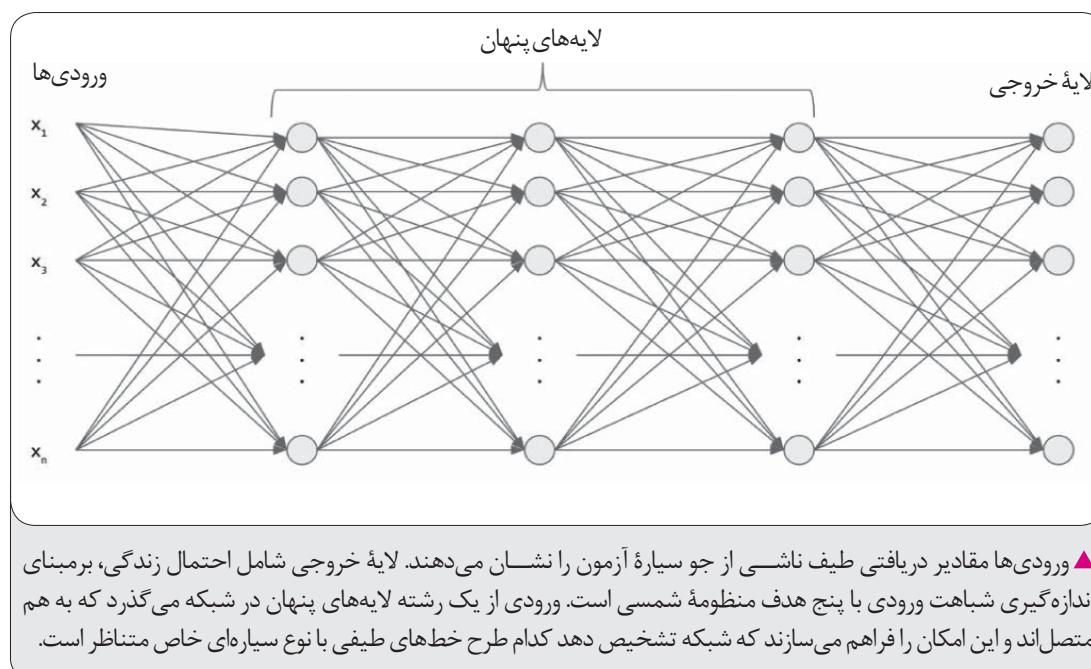
بیشاپ شبکه را با بیش از صد نمایه طیفی متفاوت آموزش داده است، که هر یک دارای چندصد پارامتر مربوط به قابل زندگی بودن هستند. تاکنون، شبکه در هنگام ارائه یک نمایه طیفی آزمون که قبلاً ندیده عملکرد مطلوبی داشته است.

دکتر آنجلو کنگلوسی^۳ مدیر این پروژه می‌گوید: «با توجه به نتایجی که تاکنون به دست آمده است، این روش برای طبقه‌بندی انواع منظومه‌های بیرون از منظومه شمسی با استفاده از مشاهدات زمینی و رصدخانه‌های نزدیک به زمین مفید بوده است.»

شاید این روش برای انتخاب هدف مشاهده‌های بعدی هم، با توجه به افزایش جزئیات طیفی حاصل از مأموریت فضایی مانند مأموریت فضایی آریل^۴ آژانس فضایی اروپا و تلسکوپ فضایی جیمز وب^۵ ناسا مفید باشد.

هستند که به آن‌ها توان بالقوه زندگی در منظومه شمسی را می‌دهد.

آقای بیشاپ اظهار نظر می‌کند: «ما فعلاً به این ANNs برای تعیین اولویت مأموریت سفینه فضایی جهت اکتشاف فرضی هوشمند جهت یافتن یک منظومه سیاره‌ای بیرون از منظومه شمسی علاقه‌مندیم. ما در پی استفاده از آنتن‌های فرنل مسطح با مساحت بزرگ نیز هستیم تا اطلاعات را در زمین از کاوند میان ستاره‌ای در فاصله زیاد دریافت کنیم. این کار برای استفاده از فناوری رباتیک در آینده ضروری است.» مشاهده‌های جوی - معروف به طیف‌ها - برای پنج جسم منظومه شمسی به عنوان ورودی به شبکه داده می‌شود، سپس از آن خواسته می‌شود که آن‌ها را بر حسب نوع سیاره طبقه‌بندی کند. چون می‌دانیم اکنون زندگی فقط در زمین وجود دارد. این طبقه‌بندی از معیار «احتمال زندگی» استفاده



پی‌نوشت‌ها

1. Plymouth university
2. Bishop
3. Angelo Cangelosi
4. Ariel
5. James Webb

منبع

Royal Astronomical Society
برای اطلاعات بیشتر
رجوع کنید به:
<http://phys.org/news/2018-4-artificial-intelligence-likelihood-life-worlds.html>

امواج گرانشی سیاهچاله‌های مرکز کهکشان‌ها

به طرف هم حرکت می‌کردند و سرانجام در هم ادغام شدند. از آن پس، چهار مشاهده تأییدشده امواج گرانشی از این منظومه‌ها گزارش شده است و با پیشرفت‌هایی که اکنون در LIGO و VIRGO صورت می‌گیرد، انتظار داریم که تعداد بیشتری را در آینده نزدیک مشاهده کنیم.

این مشاهده‌ها نشان می‌دهند که **ادغام سیاهچاله‌ها** در عالم متداول است. با این همه، پژوهشگران هنوز اطمینان ندارند که چه نوع منظومه‌های دوتایی تشکیل می‌شوند. زیرا باید این دوتایی‌ها خیلی به هم نزدیک یا دارای مدارهای غیرعادی باشند تا به گونه‌ای فروبریزند که **امواج گرانشی** قابل مشاهده شوند.

فرناندز و همکارانش نشان داده‌اند که مدارهای دوتایی‌ها را می‌توان با سیاهچاله‌هایی که در مرکز کهکشان‌ها از جمله کهکشان‌ها قرار دارند، تغییر داد.

یک سیاهچاله پر جرم میدان‌های گرانشی خیلی شدید و فیزیک غیرعادی تولید می‌کند. اگر یک دوتایی متراکم با یکی از آن‌ها برخورد نزدیک داشته باشد، در بیشتر موارد گسسته می‌شود و سیاهچاله‌ها یا ستارگانش از هم جدا می‌شوند. اما، این همواره رخ نمی‌دهد.

دوتایی‌ها می‌توانند در برخی شرایط از این رویارویی کشندی سالم بیرون آیند، اما مدارهایشان به شدت تغییر می‌کند. با استفاده از شبیه‌سازی‌های مونت کارلو، فرناندز نشان داده است که منظومه دوتایی سیاهچاله‌ای جان به در برده می‌تواند محکم و غیرعادی شود و زمان ادغام را در ۱۰ درصد موارد با ضریب ۱۰۰ کم کند.

این می‌تواند کافی باشد تا دوتایی‌هایی که در طول عمر عالم در هم ادغام نمی‌شوند را وادارد که این کار را زودتر انجام دهند و به این ترتیب **امواج گرانشی** قابل مشاهده تولید کنند.

این فرایند می‌تواند صفحه مدار منظومه دوتایی را هم تغییر دهد و باعث شود سیاهچاله‌ها در جهت مخالف شرایط اولیه خود حرکت کنند. این موضوع به مقادیر اسپین مؤثر منفی می‌انجامد که می‌توان از آن برای تشخیص این سازوکار از سازوکارهای دیگر استفاده کرد.



▲ قوس A، سیاهچاله‌ای در مرکز کهکشان خود ما

پژوهشی جدید به مدیریت جوزف فرناندز^۱ در دانشگاه جان مورز^۲ لیورپول نشان می‌دهد که شاید امواج گرانشی در مرکز کهکشان تولید شود. این کار در هفته اخترشناسی و علوم فضایی اروپایی در لیورپول ارائه شده است.

امواج گرانشی موجک‌های ریز در فضا زمان هستند که در سراسر عالم گسترده شده‌اند. وقتی تغییری در فشار هوای زمین صورت گیرد، این تغییر به صورت امواج صوتی به طرف خارج حرکت می‌کند. به همین ترتیب، وقتی یک زوج جسم متراکم مانند سیاهچاله‌ها یا ستارگان نوترونی دوتایی‌هایی را تشکیل دهند و دور هم بچرخند، میدان گرانشی اطراف آن‌ها تغییر می‌کند و امواج گرانشی را به وجود می‌آورد که به طرف خارج حرکت می‌کند.

این پدیده را آلبرت اینشتین در سال ۱۹۱۵ پیش‌بینی کرد. دامنه این موجک‌ها به قدری کوچک پیش‌بینی شده بود که اینشتین فکر می‌کرد آن‌ها هرگز آشکارسازی نخواهند شد. با این همه، در سال ۲۰۱۵، یک قرن پس از این پیش‌بینی، امواج گرانشی برای نخستین بار مستقیماً مشاهده شدند.

این امواج از یک زوج سیاهچاله (با جرم ستاره‌ای هر یک در حدود ۳۰ برابر جرم خورشید) سرچشمه گرفته بودند که

پی‌نوشت‌ها

1. Joseph Fernandez
2. John Moores University

منبع

Royal Astronomical Society

برای اطلاعات بیشتر

مراجعه کنید به:

<http://phys.org/news/2018-4-gravitational-black-holes-centre-galaxies.html>

آموزش مفاهیم پایه فیزیک ذرات (بخش دوم)

آرت هاپسون
برگردان مرجان روح نواز

ارتباط میان نیروی ضعیف و نیروی EM را کشف کردند. آن‌ها نظریه QFT جدیدی را پایه‌ریزی و پیشنهاد کردند که هر دو میدان EM و نیروی ضعیف را در یک میدان نیروی «الکتروضعیف» و الکترون‌ها و نوترینوها را نیز در یک میدان مادی الکتروضعیف متحد می‌کرد. این اتحاد با اتحاد الکتروضعیف و مغناطیس در یک میدان EM واحد در قرن نوزدهم قابل مقایسه بود.

نظریه الکتروضعیف نسخه گسترش یافته QED است. در این نظریه برهم‌کنش الکترون‌ها، پوزیترون‌ها و نوترینوها و پادنوترینوها از تبادل فوتون‌ها به همراه سه گونه ذره تبدیلی جدید به نام‌های W^+ ، W^- و Z ناشی می‌شود. برخلاف فوتون‌ها ذرات W^+ و W^- دارای جرم شگفت‌انگیز به ترتیب برابر با ۸۶ و ۹۸ برابر جرم پروتون هستند. این جرم‌های زیاد به معنای بُرد کوتاه نیروی ضعیف است. چرایی آن در زیر توضیح داده شده است.

کل مفهوم نیروی ناشی از تبادل ذره (یا منتقل شده به وسیله آن) از دیدگاه نظریه میدان کوانتومی (QFT) کاملاً عجیب و دور از انتظار است، چرا که سبب نقض قانون پایداری انرژی می‌شود. این مسئله حتی برای برهم‌کنش دو الکترون تحت تأثیر نیروی EM نیز به وجود می‌آید: اگر این الکترون‌ها نخست در حال سکون باشند آنگاه انرژی فوتون‌های تبدیلی از کجا می‌آید؟ این سردرگمی درباره W^+ و Z بسیار بیشتر است، چرا که جرم آن‌ها بسیار زیاد است و بنابراین (بر پایه $E = mc^2$) انرژی‌های زیادی نیز باید داشته باشند. چگونه

در بخش اول این مقاله، بحث‌هایی اساسی در مورد دلیل وجود ذرات بنیادی را مطالعه کردید که در آن به الکترودینامیک کوانتومی و نسبیت اشاره شده است.

اتحاد الکتروضعیف (نظریه‌های الکترومغناطیسی و نیروی ضعیف)

برای توضیح ویژگی‌های واپاشی پرتوزای بتا، ولفگانگ پاولی در سال ۱۹۳۰ پیشنهاد کرد که هسته، علاوه بر ذره بتا، ذره کاملاً جدیدی را هم گسیل می‌کند. این ذره فرضی که نوترینو نامیده شد تا ۲۵ سال بعد در هیچ آزمایشی یافته نشد. یافتن نوترینوها کار آسانی نیست چرا که نه به نیروی الکترومغناطیسی و نه به نیروی قوی واکنش نشان نمی‌دهد. برای مثال، مسافت آزاد میانگین (فاصله نفوذ میانگین پیش از برهم‌کنش) یک نوترینوی حاصل از واپاشی بتا که از ورقه سربی می‌گذرد نزدیک به ۱۰۵ سال نوری است! انریکو فرمی استدلال کرد که نوترینوها نشانگر وجود یک نیروی جدید هستند. در دهه ۱۹۳۰ وی مواردی از نظریه رو به تکامل و جدید الکترودینامیک کوانتومی را با این نیروی جدید سازگار کرد و آن را نیروی ضعیف نامید. نظریه فرمی قادر بود تا نیمه‌عمر هسته‌هایی که پرتو بتا تابش می‌کنند و همچنین گستره انرژی‌های ذرات بتای گسیل شده را پیش‌بینی کند. در سال ۱۹۶۷ دو فیزیک‌دان پاکستانی و آمریکایی به نام‌های عبدالسلام و استیون واینبرگ^۱ به‌طور مستقل،

ممکن است که الکترون‌ها یا نوترینوها سبب آفرینش $W^{\pm}$ یا Z شوند در حالی که این ذرات تبدیلی بسیار سنگین‌تر از الکترون‌ها هستند؟

دلیل آن در اصل عدم قطعیت انرژی - زمان $\Delta E \Delta t \geq \hbar$ نهفته است. این رابطه بیان می‌کند که انرژی دستگاه کوانتومی می‌تواند به‌طور کاتوره‌ای به مقدار ΔE و در زمان Δt که در معادله بالا صدق کند افزایش یا کاهش یابد. این افت و خیزهای انرژی، فقط برای مدتی کوتاه، پایداری انرژی را نقض می‌کنند. ذرات (یا کوانتوم‌های میدان) ناشی از افت و خیزهای انرژی که پایداری انرژی را نقض می‌کنند و تنها برای زمان محدودی وجود دارند، «ذرات مجازی»^۲ نامیده می‌شوند. تمام ذرات تبدیلی، ذرات مجاز از این نوع هستند. چون برای فوتون‌ها حد پایین انرژی وجود ندارد، Δt برای فوتون‌های تبدیلی می‌تواند به دلخواه طولانی باشد و بنابراین نیروی EM گستره یا بُرد نامحدود دارد. اما جرم‌دار بودن $W^{\pm}$ و Z به این معناست که برد نیرویی که حامل آن هستند یعنی نیروی ضعیف، فقط می‌تواند $10^{-17}m$ یعنی حدود ۱٪ قطر پروتون باشد. این برد کوتاه یکی از دلایل آشکارسازی دشوار نوترینوهاست.

چون نظریهٔ الکتروضعیف، الکترون‌ها و نوترینوها را در یک خانواده گرد می‌آورد و از آنجا که سه نسل از الکترون‌ها وجود دارد، می‌توان حدس زد که سه نسل نوترینو نیز وجود دارد. این حدس خوبی هم هست، در واقع این سه گونه نوترینو همان‌طور که در جدول ۱ آمده است، نوترینوی الکترون، نوترینوی موئون و نوترینوی تاو هستند.

نیروی قوی

تاکنون تمام مشاهده‌ها با نقطه‌ای بودن الکترون‌ها و نوترینوها سازگار هستند. به این معنا که میدان نیروی آن‌ها در یک نقطه متمرکز است و خودشان حجمی ندارند (با این همه توجه کنید که میدان ماده آن‌ها، یک ناحیه فضایی با مقدار غیر صفر Δx را اشغال می‌کند و می‌تواند به نرخ Δp بسیار بزرگ به مقدار دلخواه کوچک شود). اما مسئله برای پروتون‌ها و نوترون‌ها متفاوت است. از دههٔ ۱۹۵۰ معلوم شده است که بار آن‌ها در ناحیهٔ کوچک و گوی‌مانند «شولیده‌ای» به قطر حدود $10^{-16}m$ گسترده شده است. در سال ۱۹۶۷، ریچارد تیلور^۳، جروم فریدمن^۴ و هنری کندال^۵ با به‌کارگیری شتاب‌دهندهٔ خطی الکترون دانشگاه استنفورد این گوی شولیده را با پرتاب الکترون به پروتون کاویدند. نتیجه این بود که برخی الکترون‌ها کاملاً پراکنده شدند که نشان می‌داد

پروتون صرفاً ساختار مادی یکنواخت و یکپارچه‌ای ندارد. همان سال جیمز بیورکن^۶ با تحلیلی نظری پیشنهاد کرد که این پراکندگی می‌تواند ناشی از وجود اجزای تشکیل‌دهندهٔ نقطه‌مانند در پروتون باشد. پیش‌تر، در سال ۱۹۶۴ ماری گلمان^۸ و جرج تسویگ^۹ به‌طور مستقل پیشنهاد کرده بودند که چند ذرهٔ ساده‌تر که گلمان آن‌ها را «کوارک» نامید، می‌توانند اجزای تشکیل‌دهندهٔ پروتون‌ها و نوترون‌ها باشند. اما ارتباط میان نتایج تجربی و وجود کوارک‌ها بسیار دشوار بود و هنوز به ۸ سال آزمایش و نظریه‌پردازی در چند آزمایشگاه فیزیک ذرات پرانرژی نیاز داشت تا کوارک‌ها از نظر فیزیکی به‌عنوان ذرات نقطه‌ای سازندهٔ پروتون و نوترون‌ها شناخته شوند. کل این ماجرا کشف هسته کوچک در آنچه گوی شولیده اتم در نظر گرفته می‌شد توسط رادرفورد در سال ۱۹۱۱ را به یاد می‌آورد.

اکنون می‌توان پرسید که آیا به راستی کوارک‌ها ذراتی بنیادی هستند و خود از ذرات کوچک دیگری ساخته نشده‌اند؟ پاسخ را نمی‌دانیم. آزمایش‌هایی که قرار است در شتاب‌دهنده پروتون برخورد دهندهٔ بزرگ هادرونی (LHC) در نزدیکی شهر ژنو^{۱۰} انجام شود، می‌توانند به عمق ماده نفوذ و این مسئله را روشن کنند که آیا کوارک‌ها هم اجسام مرکبی هستند یا خیر؟

با کشف کوارک‌ها، فیزیک‌دانان روایت

دیگری از QFT را پایه‌ریزی کردند که

برهم‌کنش بین کوارک‌ها را توضیح می‌داد و با نتایج تمام آزمایش‌هایی که تاکنون طرح‌ریزی و انجام شده، سازگار است. در این نظریه، نیروی قوی (که «نیروی رنگ» هم نامیده می‌شود) مستقیماً بین کوارک‌ها عمل می‌کند و نیروی جاذبهٔ بین پروتون‌ها و نوترون‌ها، تنها پیامد وجود نیروی قوی بین کوارک‌هاست. میدان نیرو در این نظریه (مانند میدان EM در نظریهٔ QED) کوانتیده و میدان نیروی قوی است و میدان ماده (مانند میدان الکترون) کوانتیده و میدان ماده قوی است. کوانتوم‌های میدان نیروی قوی، گلوئون نامیده می‌شود (مانند فوتون‌ها). چون تبادل آن‌ها توسط کوارک‌ها، آن‌ها را به هم می‌چسباند. در مقیاسی بزرگ‌تر تبادل گلوئونی بین کوارک‌های هسته‌های متفاوت، هسته را یکپارچه نگه می‌دارد. گلوئون‌ها نیز همانند فوتون جرم سکون ندارند.

در سال ۱۹۶۷ دو
فیزیک‌دان پاکستانی
و آمریکایی به نام‌های
عبدالسلام و استیون
واینبرگ به‌طور مستقل،
ارتباط میان نیروی
ضعیف و نیروی EM را
کشف کردند

نظریه الکتروضعیف نسخه گسترش یافته QED است. در این نظریه برهم کنش الکترون ها، پوزیترون ها، نوترینوها و پادنوترینوها از تبادل فوتون ها به همراه سه گونه ذره تبادلی جدید به نام W^+ ، W^- و Z حاصل می شود

کوانتوم های میدان ماده قوی دو گونه کوارک به نام های کوارک بالا (u)^{۱۲} و کوارک پایین (d)^{۱۳} و پادذره های آنها هستند. این نظریه پیش بینی می کند که تنها دو پیکربندی پایدار از کوارک های u و d وجود دارد: پروتون ها از دو کوارک u و یک کوارک d و نوترون ها از یک کوارک u و دو کوارک d ساخته شده اند.

در حالی که میدان های الکتروضعیف جدول I تنها با نیروی الکتروضعیف و نیروی گرانشی برهم کنش دارند، میدان های قوی با تمام نیروهای شناخته شده یعنی نیروی قوی، ضعیف و گرانشی برهم کنش می کنند. شگفت این که، بار کوارک ها کسری است: کوارک u ، $2/3+$ بار پروتون و کوارک d ، $1/3-$ بار پروتون را دارد که حاصل جمع بار آنها $1+$ برای پروتون و 0 برای نوترون می شود. در نتیجه می توان گفت بار مثبت هسته اتم و نیروی بستگی اتمی و شیمی در نهایت ناشی از ویژگی های کوارک ها هستند. همچنین کوارک ها در برخی جنبه های نیروی ضعیف نیروی الکتروضعیف شرکت دارند. برای مثال در واپاشی بتا از هسته، یکی از کوارک های پایین نوترون با گسیل یک ذره بتا (الکترون) و پادنوترینوی الکترون به یک کوارک بالا وا می پاشد و در نتیجه نوترون تبدیل به پروتون می شود.

رابطه گلوئون ها با نیروی قوی تفاوت مهمی با رابطه فوتون ها با نیروی الکتریکی دارد: گلوئون ها هم نیروی قوی را اعمال و هم آن را حس می کنند اما فوتون ها نیروی EM را وارد یا حس نمی کنند. به عبارت دیگر گلوئون ها می توانند گلوئون های دیگر را خلق یا نابود کنند در حالی که فوتون ها نمی توانند باعث خلق یا نابودی فوتون های دیگر شوند. این یکی از جالب ترین ویژگی های کوارک ها است: وقتی دو کوارک از یکدیگر دور شوند، فاصله بیشتر به معنای زمان تبادل بیشتر برای آفرینش گلوئون های دیگر است که به معنای افزایش سریع انرژی میدان نیروی قوی است. پس از یک نقطه مشخص این انرژی به اندازه کافی افزایش می یابد تا یک زوج کوارک - پادکوارک به وجود آورد. اگر مثلاً یکی از کوارک های u پروتون را از آن بیرون بکشید، از تجمع گلوئون ها بین این کوارک و کوارک های باقی مانده $u+d$ پدید می آید. هر چه

کوارک u را دور و دورتر کنید، سرانجام یک زوج « u -پاد u » آفریده می شود و یک u جدید به مجموعه $u+d$ اضافه و یک پروتون تشکیل می دهد و یک پاد u به u ای که می خواهید از پروتون جدا کنید، می پیوندد و یک زوج ناپایدار « u -پاد u » را تشکیل می دهد. این توضیحی زیبا و البته عجیب برای این پرسش است که چرا سال ها جست و جو برای یافتن تک کوارک به نتیجه نرسیده است.

جرم سکون پروتون ها $938.272 \text{ MeV}/c^2$ است. یعنی انرژی سکون آنها 938.272 MeV است. اگر این عدد را به ژول تبدیل و تقسیم بر C^2 کنیم، جرم پروتون بر حسب کیلوگرم به دست می آید. اما جرم کوارک u و d به ترتیب برابر است با: $2.0 \times 10^{-30} \text{ MeV}/c^2$ و $4.0 \times 10^{-30} \text{ MeV}/c^2$ و بنابراین جرم کل سه کوارک پروتون تنها $1.8 \times 10^{-29} \text{ MeV}/c^2$ است. باقی مانده $938.272 \text{ MeV}/c^2$ از جرم پروتون انرژی میدان نیروی قوی است که پروتون ها را به یکدیگر می پیوندد. در نتیجه نزدیک به ۹۹٪ جرم ماده معمولی ناشی از انرژی میدان است. این یک مثال عالی از کاربرد رابطه جرم - انرژی اینشتین است و نشان می دهد که همه چیز از میدان ساخته شده است.

جدول II کل ساختار نیروی قوی را نشان می دهد. به نکته های همسان بین جدول های I و II توجه کنید: ساختار سه نسلی نظریه الکتروضعیف در نظریه نیروی قوی نیز حفظ شده است یعنی هر نسل یک زوج ذرات ماده تشکیل شده است. در جدول II، نسل دوم و سوم هر یک شامل دو کوارک سنگین ترند و برخلاف کوارک های u و d گونه های ناپایدار هستند. همان طور که موئون ها و تاوها، گونه های سنگین تر و ناپایدار الکترون هستند. افزون بر این هر جدول ذرات تبادلی یا ذرات حامل نیروی چندی مانند فوتون و گلوئون که با سرعت C حرکت می کنند را در بردارد. این همانندی جدول های I و II ارتباط نزدیک میان این دو نیرو را نشان می دهد که باید یک نظریه وحدت یافته (GUT)^{۱۴} شامل همه نیروهای بنیادی غیر از گرانی باشد. اما چنین نظریه ای مانند نظریه «همه چیز»^{۱۵} (TOE) که دربرگیرنده همه نیروهای گرانی باشد تاکنون از دسترس دانش دور مانده است.

در مرحله کنونی نظریه QFT شامل نیروهای الکتروضعیف و قوی آنچنان که در جدول های I و II نشان داده شده است «مدل استاندارد» نام دارد که نامی کسل کننده برای نظریه ای با پیش بینی های عجیب و دقت بی خطاست. اما شگفت این که، این مدل، تمام پدیده های اتمی تاکنون مشاهده شده را به خوبی توضیح می دهد. اکنون که برخورددهنده بزرگ هادرونی برای دستیابی به جنبه هایی فراتر از مدل استاندارد طراحی شده است گوش به زنگ باشید!

در مرحله کنونی نظریه QFT شامل نیروهای الکتروضعیف و قوی آنچنان که در جدول‌های I و II نشان داده شده است «مدل استاندارد» نام دارد که نامی کسل کننده برای نظریه‌ای با پیش‌بینی‌های عجیب و دقت بی‌خطاست

جدول I. نظریه نیروی الکتروضعیف، دو میدان بنیادی الکتروضعیف عالم را فراگرفته است: یک میدان نیروی الکتروضعیف که کوانتوم‌های آن چهار ذره تبادلی فهرست شده‌اند، و یک میدان ماده الکتروضعیف که کوانتوم‌های آن الکترون و نوترینوی الکترون است. به علاوه، نسل دوم و سوم از میدان‌های ماده وجود دارند که کوانتوم‌های آن فهرست شده‌اند:

نسل	نوع ذره	جرم (پروتون=۱)	بار (پروتون=+۱)
۱	الکترون	۰/۰۰۵	-۱
۱	نوترینوی -الکترون	a	۰
۲	موئون (الکترون موئون)	۰/۱۱	-۱
۲	نوترینوی موئون	a	۰
۳	تاو (الکترون تاو)	۱/۹۰	-۱
۳	نوترینوی تاو	a	۰
ذرات تبادلی:			
	فوتون	۰	۰
	W^+	۸۶	+۱
	W^-	۸۶	-۱
	Z^0	۹۸	۰

جدول I

a سه نوع نوترینو دارای جرم سکون اندک اما غیر صفرند، گرچه مقدار آن معلوم نیست. می‌دانیم که مجموع جرم‌های سه نوع نوترینو کمتر از ۱ میلیونیم جرم الکترون است.

جدول II. نظریه نیروی قوی. در سراسر عالم یک میدان نیروی قوی وجود دارد که کوانتوم‌های آن گلوئون‌ها و یک میدان ماده قوی است که کوانتوم‌های آن کوارک‌های u و کوارک‌های d هستند که با نیروی قوی موجود در بین کوارک‌ها به هم می‌پیوندند. به علاوه، میدان‌های ماده نسل دوم و سوم هم وجود دارند که کوانتوم‌های آن‌ها فهرست شده است. فقط کوانتوم‌های نسل اول پایدارند و نقشی در ماده معمولی ایفا می‌کنند. نسل دوم و سوم در لحظه اولیه مه‌بانگ واپاشیده شده‌اند و اکنون فقط در رویدادهای میکروسکوپی پر انرژی به مدت کوتاه به وجود می‌آیند.

نسل	نوع ذره	جرم (پروتون=۱)	بار (پروتون=+۱)
۱	u کوارک	۰/۰۰۲۱۴	+۲/۳
۱	d کوارک	۰/۰۰۵۱۰	-۱/۳
۲	c کوارک	۱/۴	+۲/۳
۲	s کوارک	۰/۱	-۱/۳
۳	t کوارک	۱/۸۵	+۲/۳
۳	b کوارک	۵/۰	-۱/۳
ذرات تبادلی (۸ نوع گلوئون)			
		۰	۰

جدول II

بی‌نوشت‌ها

1. Steven Weinberg
2. Virtual particles
3. Richard Taylor
4. Jerome Friedman
5. Henry Kendall
6. Stanford University
7. James Bjorken
8. Murray Gell - Mann
9. George Zweig
10. Geneva
11. Gluon
12. UP quark
13. Down quark
14. Grand Unified Theory
15. Theory of Everything



عزت‌الله رضایی کردستان، قروه، دبیرستان
استعدادهای درخشان شهید احمدی روشن
خاطره جعفری تهران، دانشگاه صنعتی شریف
مجتبی گلشنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده

تعیین جهت
نیروی اصطکاک
یکی از مسائلی
است که شاید
در برخی موارد،
به‌ویژه در حرکت
دورانی، پیچیده باشد.

در این مقاله یک روش کلی
برای تعیین جهت نیروی اصطکاک
بیان می‌شود. این روش نشان می‌دهد که

جهت نیروی اصطکاک به شرایط اولیه مسئله و برخی
پارامترهای دستگاه از جمله، مکان اثر نیرو، زاویه سطح،
جرم و... بستگی دارد و در برخی موارد به سادگی قابل
پیش‌بینی نیست.

کلیدواژه‌ها: نیرو، اصطکاک، جهت

۱. مقدمه

روند تدریجی آموزش و ساده‌سازی در یادگیری فیزیک،
سبب می‌شود اغلب مطالب فیزیکی دوره متوسطه به‌صورت
سطحی و به دور از پیچیدگی مطرح شوند. محدود بودن
مسئله به شرایط خاص و یا عدم تحلیل دقیق مسئله، می‌تواند
پرسش‌های گوناگون و گاهی متناقض را در ذهن دانش‌آموزان
باهوش به وجود آورد. از این‌رو، لازم است معلم در بیان
مفاهیم به روابط دقیق توجه داشته باشد. یکی از مسائلی که
معمولاً بنا به شرایط خاص مسئله و به سبب ساده‌سازی مورد
بررسی قرار نمی‌گیرد، جهت نیروی اصطکاک است [۱، ۲].
با اینکه نیروی اصطکاک به‌عنوان عامل بازدارندگی و اتلاف
انرژی شهرت دارد اما در پاسخ به این پرسش که چه عاملی
باعث می‌شود انسان روی زمین راه برود، مشاهده می‌شود
که نیروی اصطکاک می‌تواند عامل حرکت نیز باشد. پیدا

کردن جهت نیروی
اصطکاک در انواع
حرکت‌ها می‌تواند
پیچیده باشد [۳]. در
این مقاله با بیان چند
مثال مختلف، به بررسی
روش‌های کلی تعیین جهت
نیروی اصطکاک خواهیم پرداخت.
زمانی که به جلو راه می‌رویم، اصطکاک

در چه جهتی به پای ما وارد می‌شود؟

اصطکاک چگونه باعث جلو رفتن اتومبیل و توقف آن
می‌گردد؟ اگر به یک چرخ ساکن روی سطح افقی، نیروی
افقی F را وارد کنیم، اصطکاک در چه جهتی بر آن اثر
می‌کند؟ و آیا محل وارد کردن نیرو مهم است؟
زمانی که یک مهره به جرم m روی تسمه نقاله می‌افتد،
اصطکاک چگونه و در چه جهتی باعث حرکت مهره می‌شود؟
در حرکت استوانه روی سطح شیب‌دار آیا جهت نیروی
اصطکاک همیشه در خلاف جهت حرکت مرکز جرم استوانه
است؟

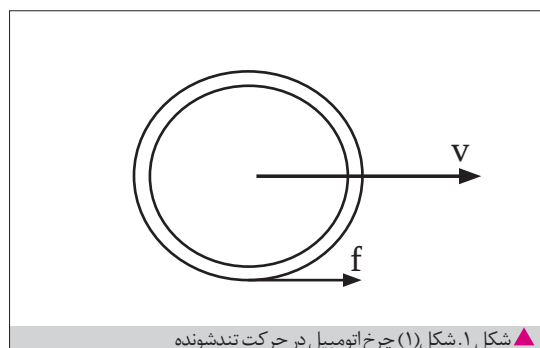
۲. راه رفتن

برای شروع بحث و به‌عنوان یک مثال ساده برای تعیین
جهت نیروی اصطکاک، ابتدا راه رفتن را مورد بررسی قرار
می‌دهیم. از آنجایی که نیروی اصطکاک تمایل دارد مانع
لغزش سطوح روی یکدیگر شود [۳]، باید بررسی شود که
زمان قدم برداشتن، کف پای ما به‌عنوان نقطه تماس بدن با
سطح، تمایل دارد به کدام سمت حرکت کند؛ آنگاه نیروی
اصطکاک در خلاف همان سمت است. با این توضیح، پا و
سطح توسط نیروی اصطکاک به همدیگر نیرو (افقی) وارد
می‌کنند به‌طوری که نیروی کنش به سطح و به سمت عقب
وارد می‌شود و نیروی واکنش به پا و به سمت جلو وارد

می‌شود که هر دو نیروی کنش و واکنش از جنس نیروی اصطکاک هستند. به عبارت دیگر، ما در هنگام قدم زدن، زمین زیر پای خود را به سمت عقب هل می‌دهیم و سطح ما را به سمت جلو هل می‌دهد. این یک مثال ساده از تعیین جهت نیروی اصطکاک است. در این حالت، اصطکاک رو به جلو و بسته به نوع سطح می‌تواند از نوع اصطکاک ایستایی یا جنبشی باشد. مثلاً هنگامی که روی یک سطح معمولی بدون سر خوردن حرکت می‌کنید اصطکاک ایستایی است. در حالی که، وقتی روی یک سطح لیز مانند یخ می‌لغزید، اصطکاک از نوع جنبشی است.

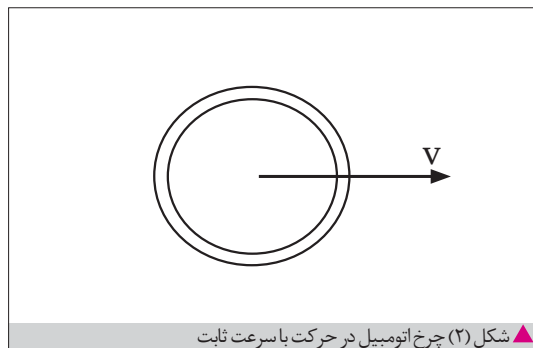
۳. حرکت رو به جلوی اتومبیل

اتومبیلی را در نظر بگیرید که از حال سکون در یک جاده افقی شروع به حرکت می‌کند، پس از مدت زمان کوتاهی که سرعت اتومبیل به اندازه کافی افزایش یافت، اتومبیل با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد. لحظاتی بعد راننده مانعی را در جلوی مسیر می‌بیند و ترمز می‌گیرد و اتومبیل پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. این یک مثال ساده از انواع حرکت‌های دورانی است که در زندگی روزمره ما به وقوع می‌پیوندد. حال فرض کنید در این مسئله از مقاومت هوا و هر نیروی اتلافی دیگری به جز اصطکاک بین چرخ‌های اتومبیل و جاده چشم‌پوشی شود. جهت نیروی اصطکاک وارد بر چرخ‌ها در هر یک از مراحل حرکت اتومبیل چگونه است؟ در این مثال، سعی می‌کنیم با استفاده از قانون دوم نیوتون جهت نیروی اصطکاک را تعیین کنیم. ابتدا حرکت اتومبیل شتابدار تندشونده است از این رو نیروی اصطکاک بین چرخ‌ها و جاده هم‌جهت با حرکت اتومبیل و رو به جلو است (شکل ۱)، زیرا نیروی اصطکاک تنها نیروی خارجی افقی وارد بر اتومبیل است که باعث افزایش سرعت آن می‌شود.



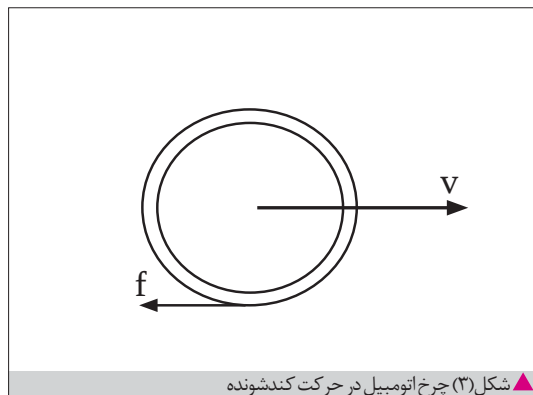
شکل ۱. شکل (۱) چرخ اتومبیل در حرکت تندشونده

نکته دیگری که باید در نظر گرفت این است که در این حالت نیروی اصطکاک رو به جلو، بسته به شرایط، می‌تواند از نوع اصطکاک ایستایی یا جنبشی باشد. وقتی که اتومبیل بدون سر خوردن شروع به حرکت کند (مثلاً در جاده آسفالت که ضریب اصطکاک ایستایی آن بالا است) اصطکاک از نوع ایستایی است اما وقتی که اتومبیل در شروع به حرکت لغزش داشته باشد (مانند شروع حرکت در جاده گل‌آلود، یا در حرکت به اصطلاح "تیک آف"، اصطکاک از نوع جنبشی است. در ادامه، وقتی که اتومبیل با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد، نیروی اصطکاک (ایستایی و جنبشی) بین چرخ‌ها و جاده صفر می‌باشد. زیرا طبق قانون دوم نیوتون برآیند نیروی افقی وارد بر اتومبیل صفر است (شکل ۲).



شکل ۲. چرخ اتومبیل در حرکت با سرعت ثابت

سرانجام، وقتی راننده ترمز می‌گیرد و حرکت اتومبیل شتابدار کندشونده است، جهت نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت اتومبیل است (شکل ۳). ممکن است ترمز گرفتن با غلتش کامل باشد (بدون سر خوردن، اصطکاک ایستایی) یا اینکه لغزش داشته باشد (سر خوردن، اصطکاک جنبشی) که در تعیین جهت نیروی اصطکاک بی‌تأثیر است.



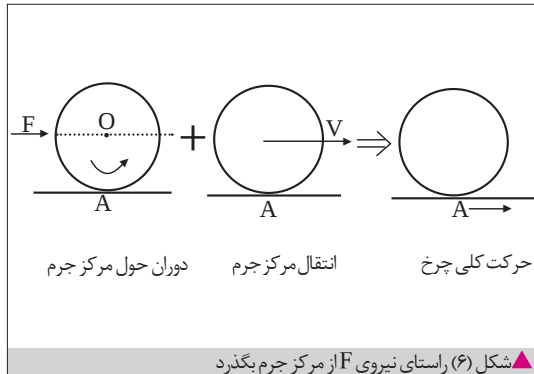
شکل ۳. چرخ اتومبیل در حرکت کندشونده

این مثال نشان می‌دهد که در یک مسئله خاص شرایط حرکت می‌تواند نقشی تعیین‌کننده در جهت نیروی اصطکاک داشته باشد.

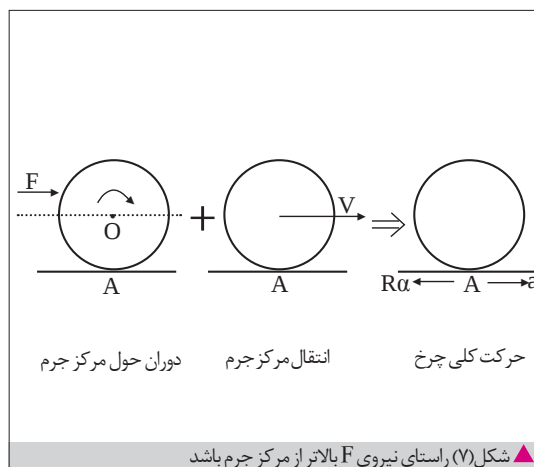
البته توجه به این نکته ضروری است که نیروی اصطکاک هیچ‌گاه به دستگاه انرژی نمی‌دهد! و فقط انرژی جنبشی دورانی چرخ‌ها را به انرژی جنبشی انتقالی اتومبیل تبدیل می‌کند.

۴. چرخ قائم و نیروی خارجی افقی

در صورتی که امتداد F از مرکز چرخ بگذرد، گشتاور τ حول مرکز جرم صفر است و نیروی F فقط باعث حرکت انتقالی چرخ می شود (شکل ۶).



سرانجام، اگر امتداد F از بالای مرکز جرم چرخ (O) بگذرد، گشتاور نیروی τ می خواهد چرخ را به صورت ساعتگرد حول مرکز جرم بچرخاند. (شکل ۷).



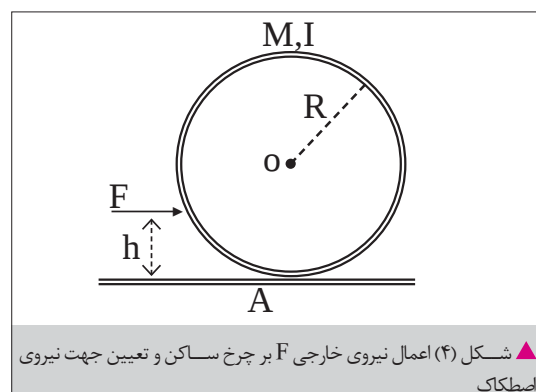
واضح است که در شکل های (۵) و (۶) نقطه تماس A می خواهد به سمت راست جابه جا شود، بنابراین در این دو حالت که $h \leq R$ با قطعیت کامل می توان گفت که نیروی اصطکاک وارد بر A در خلاف جهت F است.

اما، وضعیت برای شکل (۷) که $h > R$ متفاوت است. در این شرایط، جهت حرکت A ناشی از نیروی F و گشتاور نیروی آن τ در خلاف جهت یکدیگرند. بنابراین بسته به اینکه $(a - R\alpha)$ مثبت یا منفی باشد، نقطه A می خواهد به سمت راست یا چپ حرکت کند، و در نتیجه نیروی اصطکاک به ترتیب به سمت چپ یا راست خواهد بود. واضح است که در این وضعیت، با افزایش $(h - R)$ گشتاور نیرو و در نتیجه شتاب زاویه ایی حول مرکز جرم (α) افزایش می یابد. بنابراین انتظار داریم در یک h خاص رابطه زیر برقرار باشد.

$$a = R\alpha \quad (1)$$

یعنی اگر نیروی F در این ارتفاع خاص h به چرخ وارد شود،

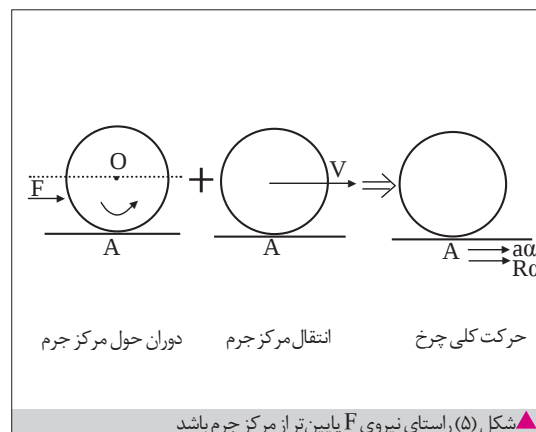
فرض کنید چرخ به جرم M و شعاع R و لختی دورانی I حول مرکز جرم خود، روی یک سطح افقی دارای اصطکاک در حال سکون است. در لحظه $t=0$ نیروی افقی F در ارتفاع h به چرخ وارد می شود (شکل ۴)، در این حالت جهت نیروی اصطکاک وارد بر چرخ از طرف زمین چگونه است؟ شاید در نگاه اول چنین به نظر برسد که این نیرو همواره خلاف جهت نیروی خارجی F و به سمت چپ است. اما همان طور که بعداً خواهیم دید، این گفته همواره صحیح نیست و مسئله نیاز به بررسی و تحلیل فیزیکی دارد.



برای تعیین جهت نیروی اصطکاک باید به این نکته توجه داشته باشیم که نیروی F می خواهد نقطه تماس A را به چه سمتی جابه جا کند؟ در این صورت با قطعیت می توان گفت که نیروی اصطکاک در خلاف آن جهت خواهد بود.

نیروی افقی F می تواند به دو نوع حرکت متمایز در چرخ بینجامد [۳]: (۱) حرکت انتقالی مرکز جرم مطابق با رابطه $F = m\bar{a}$ و (۲) حرکت دورانی حول مرکز جرم مطابق با روابط گشتاور $\bar{\tau} = I\bar{\alpha}$, $\bar{\tau} = \bar{r} \times \bar{F}$

واضح است که اگر امتداد نیروی F از زیر مرکز جرم چرخ (O) بگذرد، گشتاور نیروی τ می خواهد چرخ را در جهت پادساعتگرد حول مرکز جرم بچرخاند (شکل ۵).



با اینکه نیروی اصطکاک به عنوان عامل بازدارندگی و اتلاف انرژی شهرت دارد، اما در پاسخ به این پرسش که چه عاملی باعث می شود انسان روی زمین راه برود، مشاهده می شود که نیروی اصطکاک می تواند عامل حرکت نیز باشد

به دست می آید،

$$a = R\alpha = \frac{Fh}{I + MR^2} \quad (6)$$

$$f_s = F\left(\frac{hMR}{I + MR^2} - 1\right) \quad (7)$$

اصطکاک ایستایی هیچ کاری بر روی چرخ انجام نمی دهد و باعث اتلاف انرژی نمی شود، زیرا در این شرایط سرعت نقطه پایین چرخ به صورت رابطه $v = (a - R\alpha)t$ و همواره صفر است و چرخ روی سطح لغزش نخواهد داشت. شرط لازم برای غلتش کامل آن است که f_s محاسبه شده در رابطه (۷) قابل تأمین باشد. بنابراین، شرط غلتش کامل را می توان به صورت زیر نوشت [۳]:

$$f_s \leq \mu_s N \quad (8)$$

$$\Rightarrow F\left(\frac{hMR}{I + MR^2} - 1\right) \leq \mu_s Mg$$

$$\mu_s \geq \frac{F}{Mg} \left(\frac{hMR}{I + MR^2} - 1\right).$$

اما، اگر این شرط برقرار نباشد (ضریب اصطکاک ایستایی سطح و چرخ کوچک باشد، مانند حرکت چرخ روی یک سطح لیز)، چرخ می لغزد و نیروی بین چرخ و زمین از نوع اصطکاک جنبشی خواهد بود. در این شرایط، معادله های حرکت چرخ و جواب آن ها بدین صورت خواهد شد:

$$\begin{cases} F + f_k = Ma \\ N = Mg, f_k = \mu_k N \\ F(h - R) - f_k R = I\alpha \end{cases} \quad (9)$$

$$a = \frac{F}{M} + \mu_k g \quad (10)$$

$$= \frac{F(h - R) - \mu_k MgR}{I} \quad (11)$$

در این حالت شتاب نقطه تماس چرخ با زمین $(a - R\alpha)$ مقداری غیر صفر و منفی خواهد شد و چرخ روی زمین می لغزد و بر اثر لغزش بخشی از انرژی آن توسط اصطکاک جنبشی تلف می شود.

روش مطرح شده برای تعیین جهت اصطکاک را می توان به مسائل پیچیده تر نیز تعمیم داد. نکته مهم و کلیدی در این روش، تعیین جهت حرکت (یا حرکت احتمالی) نقطه تماس

چرخ غلتش کامل خواهد داشت (شتاب نقطه پایین چرخ صفر است) و نیروی اصطکاک وارد بر آن (ایستایی و جنبشی) صفر خواهد بود. علاوه بر این، در ارتفاع های $h > h_0$ داریم $R\alpha > a$ و نیروی اصطکاک در جهت F و رو به جلو خواهد بود؛ این نتیجه جالب و برخلاف پیش بینی سطحی است که نیروی اصطکاک حتماً در خلاف جهت نیروی خارجی F است. این مسئله همچنین نشان می دهد که تعیین جهت نیروی اصطکاک می تواند پیچیده باشد.

در ادامه برای تکمیل بحث، ارتفاع h_0 را محاسبه می کنیم. بدین منظور، در غیاب نیروی اصطکاک (در ارتفاع h_0 نیروی اصطکاک صفر است)، شتاب انتقالی a و شتاب زاویه ای α را محاسبه می کنیم. برای حرکت انتقالی مرکز جرم داریم:

$$F = Ma \Rightarrow N = Mg, a = \frac{F}{M} \quad (2)$$

و برای حرکت دورانی حول مرکز جرم داریم:

$$\bar{\tau} = I\bar{\alpha} \Rightarrow \bar{\tau}_F + \bar{\tau}_N + \bar{\tau}_{Mg} = I\bar{\alpha} \Rightarrow$$

$$F(h - R) = I\alpha \Rightarrow$$

$$\alpha = \frac{F}{I}(h - R) \quad (3)$$

بنابراین

$$a - R\alpha = \frac{F}{M} - \frac{F}{M}$$

و با اعمال شرط صفر بودن شتاب کل نقطه تماس [۳]، داریم:

$$a - R\alpha = 0 \Rightarrow h_0 = R\left(1 + \frac{I}{MR^2}\right) \quad (4)$$

به عنوان مثال برای چرخ استوانه ای یکنواخت داریم

$$I = \frac{1}{2}MR^2 \text{ و بنابراین } h_0 = \frac{3}{2}R \text{ خواهد بود.}$$

هدف این مسئله تعیین جهت نیروی اصطکاک بود که حاصل شد، اما اجازه دهید در این مثال خاص، حرکت چرخ را در وضعیت $h < h_0$ (که نیروی اصطکاک به سمت جلو است) مورد بررسی قرار دهیم. ابتدا فرض کنید حرکت چرخ بدون لغزش باشد. در این حالت نیروی اصطکاک بین چرخ و زمین از نوع اصطکاک ایستایی است و چرخ دارای غلتش کامل خواهد بود و داریم:

$$\begin{cases} F + f_s = Ma, N = Mg \\ F(h - R) - f_s R = I\alpha \end{cases} \quad (5)$$

با اعمال شرط غلتش کامل $a = R\alpha$ جواب به صورت زیر



**بررسی
مثال‌های
مختلف
تعیین جهت
نیروی
اصطکاک
نشان می‌دهد
که تعیین
جهت این
نیرو همواره
کار ساده‌ای
نیست**

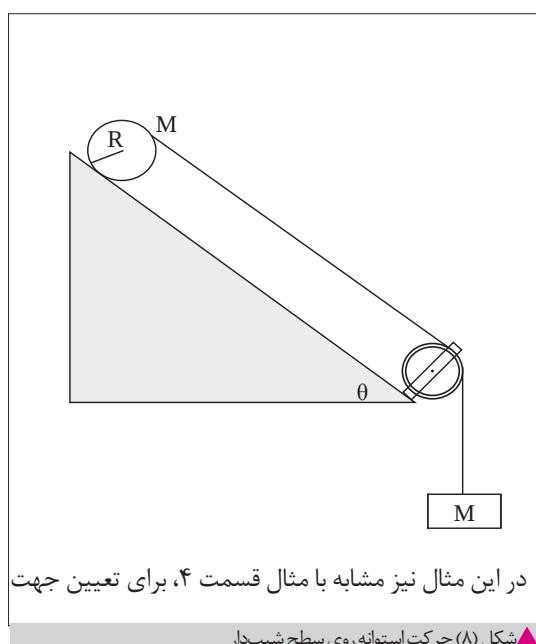
می‌شود و همراه تسمه با سرعت ثابت حرکت می‌کند (در این حالت سرعت نسبی مهره و تسمه صفر است). از آنجا که تنها نامزد نیروی افقی وارد بر مهره، نیروی اصطکاک است، طبق قانون دوم نیوتون در این مرحله نیروی اصطکاک (ایستایی و جنبشی) صفر است.

حال فرض کنید تسمه به تدریج و به آرامی شروع به ایستادن کند. طبق قانون اول نیوتون، در غیاب اصطکاک، مهره می‌خواهد همچنان با سرعت ثابت به سمت راست حرکت کند، بنابراین نیروی اصطکاک الزاما به سمت چپ بر آن وارد می‌شود، که البته از قانون دوم نیوتون نیز همین نتیجه حاصل می‌شود. این نیروی اصطکاک با توجه به اندازه ضریب اصطکاک بین مهره و تسمه و شتاب کند شدن حرکت تسمه، می‌تواند از نوع ایستایی یا جنبشی باشد. اگر تسمه خیلی آرام شروع به ایستادن کند، مهره روی آن سر نمی‌خورد و نیروی اصطکاک وارد بر آن از نوع ایستایی خواهد بود. اما اگر تسمه به صورت ناگهانی متوقف شود، مهره روی آن سر خواهد خورد و نیروی اصطکاک وارد بر آن از نوع جنبشی است.

تحلیل مسائل مربوط به حرکت جسم روی جسم یا حرکت اجسام داخل و انت نیز به همین شیوه انجام می‌شود.

۶. حرکت استوانه روی سطح شیب‌دار

به عنوان مثال آخر به بررسی حرکت یک استوانه یکنواخت روی سطح شیب‌دار خواهیم پرداخت (شکل ۸).



جسم به سطح است که باید در غیاب نیروی اصطکاک محاسبه گردد (محاسبه شتاب نقطه تماس در غیاب اصطکاک). پس از آن، اگر این شتاب غیرصفر و نقطه تماس تمایل به حرکت داشته باشد، نیروی اصطکاک در جهتی خواهد بود که در صورت امکان از این لغزش جلوگیری کند (شتاب نقطه تماس در حضور اصطکاک را صفر کند، اصطکاک ایستایی) و یا اینکه از مقدار آن بکاهد (شتاب نقطه تماس در حضور اصطکاک کمتر از شتاب آن در غیاب اصطکاک است، اصطکاک جنبشی). اما، اگر بدون در نظر گرفتن نیروی اصطکاک شتاب نقطه تماس صفر باشد (در این مثال نیرو در ارتفاع h وارد شود)، در این صورت نقطه تماس تمایل به حرکت ندارد، و از این رو، نیروی اصطکاک (ایستایی یا جنبشی) به آن وارد نمی‌شود. زیرا، در صورت وارد شدن نیروی اصطکاک طبق قانون دوم نیوتون، شتاب نقطه تماس دیگر صفر نخواهد بود، و این نتیجه بدین معنی است، که اصطکاک باعث حرکت جسمی می‌شود که هیچ تمایلی به حرکت ندارد و از این رو غیرممکن است.

۵. حرکت مهره روی تسمه نقاله

در اغلب مثال‌هایی که بررسی می‌شوند، سطح زیرین را ثابت فرض می‌کنیم اما سطح می‌تواند خود دارای حرکت باشد که یکی از ساده‌ترین مثال‌های با سطح متحرک، تسمه نقاله است.

تسمه نقاله شامل تسمه‌ای افقی است که حرکت می‌کند و اجسامی که روی آن قرار دارد را با خود جابه‌جا می‌کند. برای آغاز حرکت، دو حالت را در نظر می‌گیریم: حالت اول تسمه در حال حرکت با سرعت ثابت و به سمت راست باشد و در لحظه $t=0$ مهره روی آن قرار گیرد که در این صورت مهره روی آن می‌لغزد و تنها نیروی افقی وارد بر آن اصطکاک تسمه است. بنابراین تا زمانی که سرعت مهره با سرعت تسمه برابر شود، نیروی اصطکاک از نوع جنبشی خواهد بود.

حالت دوم اینکه مهره روی تسمه قرار داشته باشد و هر دو ساکن باشند و در لحظه $t=0$ تسمه به آرامی شروع به حرکت به سمت راست کند به طوری که لغزش نداشته باشیم و مهره همراه تسمه حرکت کند. در این حالت، نیروی اصطکاک میان مهره و تسمه از نوع ایستایی خواهد بود. در هر دو حالت، حرکت آغازین مهره تندشونده است و به تدریج بر سرعت آن افزوده می‌گردد. بنابراین طبق قانون دوم نیوتون، باید نیروی کل افقی وارد بر مهره که در اینجا فقط نیروی اصطکاک است هم جهت با حرکت مهره باشد. از این رو، نیروی اصطکاک (ایستایی یا جنبشی) الزاما در جهت راست بر مهره وارد می‌شود و بر سرعت آن می‌افزاید.

در هر دو حالت، پس از مدتی سرعت حرکت مهره ثابت

$$\sin(\theta) = \frac{1}{5} \quad (16)$$

تساوی $a=R\alpha$ برقرار و نیروی اصطکاک (ایستایی و جنبشی) صفر است. در زاویه های $\theta > \theta_0$ ، نقطه تماس استوانه با سطح شیبدار می‌خواهد به سمت پایین سطح شیبدار حرکت کند و نیروی اصطکاک در خلاف جهت و به سمت بالا خواهد بود. سرانجام در حالت $\theta < \theta_0$ ، عبارت $(a-R\alpha)$ منفی و نیروی اصطکاک به سمت جلو خواهد بود. نتیجه آخر برخلاف برداشت سطحی اولیه، مبنی بر آن است که نیروی اصطکاک همیشه در خلاف جهت حرکت مرکز جرم استوانه قرار دارد. نکته مهم دیگری که باید در نظر داشت آن است که در این مثال نیز، بسته به اندازه ضریب اصطکاک ایستایی μ_s بین استوانه و سطح شیبدار، و اندازه زاویه θ سطح شیبدار، نیروی اصطکاک می‌تواند از نوع ایستایی یا جنبشی باشد. در دو حالت $\theta > \theta_0$ و $\theta < \theta_0$ ، با افزودن جمله اصطکاک به رابطه (۱۲)، و ترکیب آن با معادله‌های (۱۳) و (۱۴)، با روش مشابه قسمت ۴، می‌توان نشان داد که اگر رابطه

$$(17)$$

برقرار باشد، غلتش کامل ($a=R\alpha$) رخ می‌دهد و نیروی اصطکاک بین استوانه و سطح شیبدار از نوع ایستایی است. در غیر این صورت استوانه روی سطح سر می‌خورد ($a \neq R\alpha$) و نیروی اصطکاک وارد بر آن از نوع جنبشی خواهد بود.

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله، در قالب مثال‌های مختلف، به بررسی تعیین جهت نیروی اصطکاک (ایستایی و جنبشی) پرداختیم. مثال‌های مطرح شده نشان می‌دهد که تعیین جهت نیروی اصطکاک همواره کار ساده‌ای نیست و به شرایط اولیه و مقدار پارامترهای مختلف موجود در مسئله بستگی دارد. روش کلی مطرح شده جهت تعیین جهت نیروی اصطکاک، حل کامل مسئله در غیاب اصطکاک، و تعیین جهت حرکت (یا حرکت احتمالی) نقطه تماس جسم با سطح است. پس از این فرایند، نیروی اصطکاک در جهتی است که مانع انجام این لغزش شود. این روش نشان می‌دهد که در برخی شرایط جهت نیروی اصطکاک با پیش‌بینی سطحی همخوانی ندارد، و با تغییر یک پارامتر، مثل مکان اثر نیرو، زاویه سطح و ...، جهت این نیرو می‌تواند تغییر کند.

اصطکاک، حرکت نقطه تماس استوانه با سطح شیبدار را در غیاب نیروی اصطکاک مورد بررسی قرار می‌دهیم. حرکت استوانه ترکیب دو حرکت انتقالی مرکز جرم و دوران حول مرکز جرم است. نیروی کشش طناب و مؤلفه نیروی وزن در راستای سطح شیبدار، باعث حرکت انتقالی استوانه به سمت پایین سطح شیبدار می‌شوند. اگر شتاب انتقالی مرکز جرم استوانه به سمت پایین سطح شیبدار برابر a باشد، طبق قانون دوم نیوتون داریم:

$$\begin{cases} Mg \sin(\theta) + T = Ma \\ N = Mg \cos(\theta) \end{cases} \quad (12)$$

علاوه بر این، نیروی کشش طناب می‌خواهد استوانه را در جهت ساعتگرد حول مرکز جرم آن بچرخاند:

$$TR = I\alpha = \frac{1}{2}MR^2\alpha \quad (13)$$

در این رابطه $I = \frac{1}{2}MR^2$ و α به ترتیب لختی دورانی و شتاب زاویه‌ای دوران استوانه حول مرکز جرم آن است [۳]. همان‌طور که مشاهده می‌شود، جهت حرکت نقطه تماس A در اثر حرکت انتقالی و دورانی در خلاف جهت یکدیگرند. بنابراین بسته به اینکه $(a-R\alpha)$ مثبت یا منفی باشد، نقطه A می‌خواهد به سمت پایین یا بالای سطح شیبدار حرکت کند، و در نتیجه نیروی اصطکاک به ترتیب به سمت بالا یا پایین خواهد بود. برای حل کامل مسئله باید معادله حرکت انتقالی جسم متصل به استوانه را نیز مورد بررسی قرار داد. از آنجایی که شتاب این جسم با شتاب نقطه بالای استوانه برابر است [۳]، طبق قانون دوم داریم:

$$(14)$$

$$Mg - T = M(a + R\alpha)$$

بنابراین از معادله‌های ۱۲ تا ۱۴ نتیجه می‌شود که:

$$a - R\alpha = \frac{g}{4}(\Delta \sin(\theta) - 1) \quad (15)$$

این رابطه نشان می‌دهد که در این مثال خاص نیز تعیین جهت نیروی اصطکاک (بدون انجام محاسبات) کار ساده‌ای نیست و جهت آن وابسته به زاویه سطح شیبدار است. در زاویه

منابع

۱. فیزیک، دوره پیش‌دانشگاهی، رشته علوم ریاضی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ چهاردهم، ۱۳۹۴.
۲. فیزیک (۲) و آزمایشگاه، سال دوم آموزش متوسطه، رشته‌های علوم تجربی - ریاضی فیزیک، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ سیزدهم، ۱۳۹۲.
۳. مبانی فیزیک، دیوید هالیدی - رابرت رزنیک - جرج واکر، ویرایش ۱۰.

Direction of the Friction-Force
Ezzatollah Rezaei^۱,
Khatereh Jafari^۲,
Mojtaba Golshani^۳
^۱) Shahid Ahmadi Roshan High School for talent student, Ghorveh, Kurdistan, Iran
^۲) Department of Physics, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
^۳) Faculty of Physics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

تحلیل تمرین‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم بر مبنای طبقه‌بندی بلوم

فریده پورباقری دبیر فیزیک ناحیه ۲ اردبیل
مژگان دورنما دبیر فیزیک ناحیه ۱ اردبیل

۱. مقدمه

هدف‌های آموزشی در حیطه‌های شناختی، عاطفی و روانی - حرکتی طبقه‌بندی می‌شوند. هدف‌های آموزشی حوزه شناختی به فرایندهایی چون دانستن، شناختن، فهمیدن، اندیشیدن، استدلال کردن و قضاوت کردن مربوط می‌شوند. برای مثال وقتی معلمی از این بابت نگران است که یکی از دانش‌آموزان او در حل کردن مسائل درس ریاضی با مشکل مواجه است، نگرانی او به حوزه شناختی مربوط می‌شود. حوزه شناختی به دو بخش توانایی‌ها و مهارت‌های ذهنی و بخش دانش تقسیم می‌شود. در حوزه دانش، دانش‌آموز باید بتواند اطلاعاتی را به ذهن خود بسپارد. مثل تعریف اصطلاحات علمی و فنی درس، معانی لغات، دانستن وقایع، تاریخ‌ها، مکان‌ها و در بخش مهارت‌های ذهنی، دانش‌آموز باید بتواند به فهم مطالب نائل شود. مثلاً بتواند یک بخش کلی از درس را بفهمد و به زبان خود خلاصه کند. همین‌طور بتواند مطالب یاد گرفته شده را به کار ببندد. مثلاً قانون‌های مثلثات را در موقعیت‌های عملی به کار گیرد یا بتواند موضوع‌های مختلف را مورد داوری و ارزشیابی قرار دهد. تمامی این فرایندها به حوزه شناختی مربوط می‌شود که نشان می‌دهد فرد توانسته است دانش لازم را در زمینه خاصی کسب کند و براساس توانایی‌های ذهنی خود، عملیات جدیدی را از لحاظ ذهنی انجام دهد، تحلیل، ترکیب و ارزشیابی کند [۱].

۱-۱- اهمیت محتوای کتاب درسی

کتاب از مهم‌ترین منابع یادگیری دانش‌آموزان در نظام آموزشی فعلی است، به عبارت دیگر، بیشتر فعالیت‌های آموزشی در چارچوب کتاب درسی شکل می‌گیرند. از مهم‌ترین علل اهمیت محتوای کتاب‌های درسی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. فراهم آوردن فرصت‌های یادگیری در راستای عینیت

چکیده

کتاب درسی مهم‌ترین و رایج‌ترین منبع آموزشی در نظام آموزشی تعلیم و تربیت کشور ماست که به صورت نظام آموزشی متمرکز و سیاست‌گذاری شده اداره می‌گردد. در چنین نظام‌های آموزشی کلیه فعالیت‌های یادگیری رسمی در زمان معین حول محور آموزش و یادگیری کتاب‌های درسی تدوین یافته شکل می‌گیرد، لذا تناسب محتوا و تمرین‌های فراهم آمده با نیازهای واقعی یادگیرندگان بسیار حائز اهمیت است.

مقاله حاضر تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم تجربی را بر مبنای طبقات مختلف حیطه شناختی بلوم مورد بررسی و تحلیل قرار می‌دهد. این پژوهش نشان می‌دهد که در طراحی تمرین‌های متن و آخر فصل‌ها بیشتر بر به کار بستن، در طراحی فعالیت‌های کتاب بر ترکیب (خلق) و در طراحی پرسش‌های کتاب بر فهمیدن تأکید شده است. همچنین بررسی کل تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم نشان می‌دهد که ۸۰/۵۸ درصد مربوط به طبقات پایین و ۱۹/۴۱ درصد مربوط به طبقات بالای حیطه شناختی است. عدم توجه به سطوح بالای شناختی در هدف‌گذاری محتوای کتاب‌های درسی می‌تواند به عدم ایجاد مهارت در ساختن نظریه‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، حل مسئله و به کارگیری ابزار و روش‌های علمی در دانش‌آموزان بینجامد. نتایج این پژوهش می‌تواند در سازمان برنامه‌ریزی کتاب‌های درسی برای نگارش کتاب‌های تازه تألیف شده لحاظ شود.

کلیدواژه‌ها: طبقه‌بندی بلوم، حیطه شناختی، هدف‌های آموزشی

بخشیدن به اهداف کلی و جزئی آموزش و پرورش.

۲. مرکز برنامه‌ریزی تألیف کتاب‌های درسی برای هر ماده درسی در هر پایه تحصیلی در سراسر کشور یک کتاب درسی تألیف و توزیع می‌کند.

۳. معلمان طی یک جدول زمان‌بندی فعالیت‌های خود را براساس محتوای کتاب درسی تنظیم و ارائه می‌کنند.

۴. عمده ارزشیابی‌های انجام گرفته در طول سال تحصیلی براساس مطالب و محتوای کتاب‌های درسی از سوی معلمان شکل می‌گیرد.

۵. کتاب‌های درسی پس از تألیف، براساس ارزشیابی‌های به عمل آمده و اجرای محدود آزمایشی و دریافت پیشنهادهای و نظرات معلمان و صاحب‌نظران، اصلاح می‌شوند تا برای اجرای نهایی آماده شوند. [۲].

نقش این وسیله آموزشی و اهمیت ویژه‌ای که در نظام آموزش و پرورش ما دارد، ایجاب می‌کند که کتاب درسی یا محتوای مطالب آموزشی، مورد تحلیل و بررسی علمی قرار گیرد. در این راستا نوعی از تحلیل‌ها که برای برنامه‌ریزان درسی و مؤلفان بسیار مفید است، تحلیل محتوایی متن کتاب است. به طور کلی تحلیل محتوا به هر روشی اطلاق می‌شود که مطالب آن به صورت منظم رمزگذاری و به نحوی طبقه‌بندی می‌شوند که پژوهشگر بتواند آن‌ها را به صورت کمی تجزیه و تحلیل کند. تحلیل محتوای یک کتاب به ما می‌گوید که کتاب مورد بحث از چه مطالبی تشکیل شده است؟ چه نکاتی در آن بیشتر مورد تأکید قرار گرفته‌اند؟ مطالب به چه ترتیبی ارائه شده‌اند؟ تحلیل محتوای کتاب‌های درسی به دو روش کمی و کیفی انجام می‌شود که هر یک از این روش‌ها نیز دارای زیرمجموعه‌هایی هستند. روش‌های کمی تحلیل محتوا بر مجموعه‌ای از رویکردها و فئونی تأکید دارند که ویژگی مشترک تمامی آن‌ها ارزیابی و کمی‌سازی ابعاد مختلف محتوای درسی و تأکید بر استفاده از فراوانی و شاخص‌های عددی پدیده‌ها و مکان و فضای هر یک از ابعاد و ملاک‌های مورد نظر محقق است. این کار با انجام محاسبات ریاضی و تحلیل و بررسی محتوا انجام می‌شود. این دسته از روش‌ها به فرمول‌های خوانایی معروف‌اند.

کتاب درسی علاوه بر ابعاد ظاهری و جنبه‌های کمی، شامل مفاهیم و ابعاد کیفی نیز هست که اغلب بخش پنهان محتوای آموزشی را تشکیل می‌دهد. به نظر برخی از صاحب‌نظران، این بخش از کتاب بسیار مهم‌تر و مؤثرتر از بخش ظاهری آن است. در واقع محققان و تحلیلگران کتاب‌های درسی تلاش می‌کنند با به کارگیری روش‌های کیفی، آثار کوتاه و بلند مدت متون آموزشی را بر چارچوب ادراکی، ارزش‌ها، بینش‌ها،

خودپنداره‌ها و سرانجام جهان‌بینی فراگیران و آموزگاران مورد شناسایی و تجزیه و تحلیل قرار دهند [۱].

۲-۱- طبقه‌بندی اهداف آموزشی

صاحب‌نظران و متخصصان تعلیم و تربیت در زمینه مفاهیم هدف‌های آموزشی و چگونگی تهیه و تنظیم آن‌ها نظریه‌های متفاوتی ارائه کرده‌اند. از جمله این صاحب‌نظران می‌توان «دیوی» و «بلوم» را نام برد. از نظر جان دیوی، هدف به منزله روشی برای دگرگون ساختن موقعیت موجود است. بلوم، هدف را چنین تعریف می‌کند: «هدف‌های تربیتی، بیان صریح روش‌هایی است که با استفاده از آن‌ها می‌توان انتظار داشت که رفتار شاگردان تغییر کند.» به طور کلی در آموزش و پرورش دو نوع هدف وجود دارد: هدف‌های کلی و هدف‌های دقیق. هدف‌های کلی، غایت نام دارند. این هدف‌های کلی معمولاً به وسیله برنامه‌ریزان در سطح وزارت تهیه و تدوین می‌شوند و به صورت مقاصد آرمانی دوره‌های آموزشی در اختیار معلمان و سایر مربیان قرار می‌گیرند. در مقابل این غایت‌ها، نوع دیگری هدف دقیق و عینی وجود دارد که آن را غالباً معلمان و متخصصان آموزشی با توجه به غایت‌های کلی و با استفاده از محتوای درس‌های مختلف تهیه می‌کنند. [۳].

هدف‌های دقیق آموزشی که به آن‌ها هدف‌های رفتاری نیز می‌گویند، چیزهایی هستند که یادگیری‌های مختلف دانش‌آموزان را برحسب تغییرات حاصل در رفتار یا عملکرد آنان نشان می‌دهد. از آنجایی که هدف‌های آموزشی، بسیار متنوع‌اند، برای سهولت مطالعه، آن‌ها را به گونه‌های مختلف طبقه‌بندی کرده‌اند.

معروف‌ترین طبقه‌بندی هدف‌های آموزشی طبقه‌بندی «بنیامین بلوم» و همکاران اوست. در این طبقه‌بندی، هدف‌های آموزشی ابتدا به سه حیطه کلی با نام‌های حیطه شناختی، عاطفی و روانی - حرکتی تقسیم شده‌اند و هر حوزه نیز طبقه‌بندی‌های خاص خود را دارد. هدف‌های حوزه شناختی به جریان‌هایی که با فعالیت‌های ذهنی و فکری آدمی سروکار دارند مربوط می‌شوند. از این لحاظ حیطه شناختی مهم‌ترین حیطه یادگیری به شمار می‌آید. زیرا بیشتر فعالیت‌های تحصیلی آموزگاران و غالب موضوع‌های درسی و هدف‌های آموزشی به این حوزه مربوط می‌شوند [۴].

هدف‌های یادگیری در حیطه شناختی براساس طبقه‌بندی بلوم شامل شش سطح به شرح زیر است:

۱. دانش: شامل یادآوری امور جزئی و کلی، یادآوری روش‌ها و فرایندها، یادآوری الگوها، ساخت‌ها و موقعیت‌هاست. این طبقه به طور عمده بر فرایندهای روان‌شناختی یادآوری تأکید

معروف‌ترین
طبقه‌بندی
هدف‌های
آموزشی
طبقه‌بندی
«بنیامین بلوم»
و همکاران
اوست. در این
طبقه‌بندی،
هدف‌های
آموزشی ابتدا به
سه حیطه کلی
با نام‌های حیطه
شناختی، عاطفی
و روانی - حرکتی
تقسیم شده‌اند

تبیین کردن:
توانایی ساختن
یک الگوی علت
و معلولی از یک
نظام و استفاده
از آن. الگو
ممکن است از
یک نظریه علمی
(مانند نظریه‌های
علوم طبیعی)
استخراج شود
یا مبنای آن،
پژوهش یا تجربه
باشد

می‌کند. مانند یادآوری فرمول به دست آوردن تعداد تصویرها در آینه‌های متقاطع.

۲- فهمیدن: در فهمیدن، دانش‌آموز قادر است هدف اصلی یک ارتباط را درک کند و می‌تواند موارد یا اندیشه‌هایی را که ارتباط مورد نظر به آن پرداخته است، مورد استفاده قرار دهد. وقتی گفته می‌شود که یادگیرنده‌ها می‌فهمند، که بتوانند از مواد شفاهی، کتبی، یا تصویری کسب معنی کنند. فهمیدن زمانی صورت می‌پذیرد که یادگیرنده بتواند بین دانش تازه و دانش‌های قبلی خود ارتباط برقرار کند. طبقه فهمیدن شامل هفت خرده طبقه است. تفسیر کردن، مثال آوردن، طبقه‌بندی کردن، مقایسه کردن، خلاصه کردن، استنباط کردن و تبیین کردن.

- تفسیر کردن: یعنی تبدیل اطلاعات از شکلی به شکل دیگر. تفسیر شامل تغییر مطلب از کلامی به کلام دیگر، از شکل به کلام، از کلام به شکل، از اعداد به کلام، از کلام به اعداد، از نت به موسیقی یا به آهنگ و مانند این‌هاست. اصطلاح دیگر برای تفسیر کردن، برگرداندن (ترجمه کردن) است. مانند تبدیل جمله‌های عددی بیان‌شده در قالب کلمات به صورت معادله‌های جبری بیان‌شده در قالب نمادها.

- مثال آوردن: ذکر مورد یا مثالی خاص از یک مفهوم یا اصل کلی. مثال آوردن مستلزم تشخیص ویژگی‌های تعریف‌کننده مفهوم یا اصل کلی (مثلاً یک مثلث متساوی‌الساقین باید دو ضلع مساوی داشته باشد) و استفاده از این ویژگی‌ها برای انتخاب یا ساختن یک مورد یا نمونه خاص است. مثلاً توانایی انتخاب اینکه کدام یک از سه مثلث نشان داده شده موردی از یک مثلث متساوی‌الساقین است.

- طبقه‌بندی کردن: تشخیص اینکه چیزی (یک مورد یا مثال خاص) به یک طبقه معین (یک مفهوم یا اصل) تعلق دارد. طبقه‌بندی کردن، فرآیند مکمل مثال آوردن است. در حالی که مثال آوردن از یک مفهوم یا اصل شروع می‌شود و مستلزم این است که یادگیرنده یک مورد خاص برای آن بیابد، طبقه‌بندی کردن از یک مورد یا مثال خاص شروع می‌شود و مستلزم این است که یادگیرنده برای آن یک مفهوم یا اصلی کلی پیدا کند. اصطلاح دیگر برای طبقه‌بندی کردن، مشمول کردن است. مانند تعیین طبقه‌هایی که اعداد به آن‌ها تعلق می‌گیرند.

- خلاصه کردن: استفاده از یک بیان مختصر که معرف یک توضیح مفصل‌تر است. یادگیرنده برای خلاصه کردن مطالب مفصل باید آن‌ها را در قالب مضمون اصلی یا نکته‌های مهم مختصر کند. اصطلاح دیگر برای خلاصه کردن به صورت چکیده درآوردن است. مانند بیان مختصری از خدمات‌های دانشمندان پس از خواندن آثار آنان.

- استنباط کردن: یافتن یک الگو در درون یک رشته مثال یا مورد. استنباط زمانی رخ می‌دهد که یادگیرنده بتواند یک مفهوم یا اصل را از تعدادی مثال یا مورد با توجه به رابطه‌های بین آن‌ها استخراج کند. اصطلاح‌های دیگر برای استنباط کردن، درون‌یابی و برون‌یابی هستند. مانند توانایی استنباط اصول دستوری براساس مثال‌ها.

- مقایسه کردن: تشخیص شباهت‌ها و تفاوت‌های بین دو یا چند شیء، رویداد، اندیشه، مسئله یا موقعیت. مقایسه کردن شامل مقابله یک به یک بین عناصر و الگوهای موجود در پدیده‌هاست. اصطلاح دیگر برای مقایسه کردن، مقابله کردن است. مانند درک رویدادهای تاریخی از راه مقایسه آن‌ها با موقعیت‌های مشابه.

- تبیین کردن: توانایی ساختن یک الگوی علت و معلولی از یک نظام و استفاده از آن. الگو ممکن است از یک نظریه علمی (مانند نظریه‌های علوم طبیعی) استخراج شود یا مبنای آن، پژوهش یا تجربه باشد (مانند آنچه که غالباً در علوم اجتماعی و انسانی رخ می‌دهد). اصطلاح دیگر برای تبیین کردن، ساختن یک الگو است. مانند تبیین چگونگی کارکرد قوانین اساسی فیزیک.

۳. به کار بستن: استفاده از آموخته‌ها در موقعیت‌های ویژه عینی است. به کار بستن، شامل استفاده از روش‌ها و روندها برای انجام تمرین‌ها یا حل کردن مسئله‌هاست. بنابراین به کار بستن، بسیار وابسته به دانش روندی است. به کار بستن شامل دو خرده طبقه زیر است.

- اجرا کردن: استفاده از یک روش برای انجام یک تکلیف آشنا. این همان انجام تمرین است. بنابراین ویژگی مهم این خرده طبقه آشنایی یادگیرنده با تمرین‌هایی است که انجام می‌دهد. آندرسون، کراتول، و همکاران در توضیح این خرده طبقه گفته‌اند «اجرا کردن، بیشتر به استفاده از مهارت‌ها و الگوریتم‌ها وابسته است تا فنون‌ها و روش‌ها». مهارت‌ها و الگوریتم‌ها دارای دو کیفیت هستند که آن‌ها را وابسته به اجرا

می‌سازد. اول اینکه، آن‌ها از یک رشته مرحله تشکیل می‌شوند که ترتیب ثابتی دارند. دوم اینکه وقتی که مراحل به درستی طی شوند، نتیجه نهایی قابل پیش‌بینی است. اصطلاح دیگر برای اجرا کردن، از مرحله طرح به عمل درآوردن است. مانند محاسبه فاصله کانونی یک آینه محدب با استفاده از فاصله تصویر و جسم تا آینه.

– انجام دادن (مورد استفاده قرار دادن): انتخاب یک روش یا روند و استفاده از آن برای انجام یک تکلیف ناآشنا. برخلاف اجرا کردن که تمرین کردن است، خرده طبقه انجام دادن، حل مسئله است. آندرسون، کراتول و همکاران درباره تفاوت بین این دو خرده طبقه گفته‌اند «به کار بستن، از دو فرایند شناختی تشکیل می‌شود. اجرا کردن زمانی که تکلیف، یک تمرین است (آشناست) و انجام دادن زمانی که تکلیف، یک مسئله است (نا آشناست)». اصطلاح دیگر برای انجام دادن، مورد استفاده قرار دادن است. مانند:

فرض کنید آسانسوری با شتاب گرانش g پایین می‌آید. اگر فردی که سوار آسانسور است سعی کند که یک توپ لاستیکی را به سمت بالا پرتاب کند، حرکت توپ نسبت به آسانسور چه وضعی خواهد داشت؟

الف. در نقطه‌ای که فرد آن را آزاد می‌کند ثابت می‌ماند.
ب. به بالای آسانسور می‌رود، در آنجا ثابت می‌ماند.
پ. اصلاً بالا نمی‌رود، بلکه به کف آسانسور می‌افتد.
ت. بالا می‌رود، به سقف می‌خورد و برمی‌گردد و با سرعتی ثابت پایین می‌افتد.
ث. بالا می‌رود، به سقف می‌خورد و باز می‌گردد و با سرعت فزاینده‌ای پایین می‌افتد.

۴- تجزیه و تحلیل: تجزیه یک ارتباط، به اجزا یا عناصر تشکیل‌دهنده آن، به گونه‌ای که سلسله‌مراتب نسبی اندیشه‌ها به صورت روشنی نشان داده شود. آندرسون، کراتول و همکاران در توضیح طبقه تحلیل گفته‌اند «اگرچه یادگیری و تحلیل کردن می‌تواند به خودی خود یک هدف تلقی شود؛ اما از لحاظ تربیتی قابل دفاع است که آن را مکمل فهمیدن یا مقدمه ارزشیابی کردن یا آفریدن بدانیم» طبقه تحلیل کردن از سه خرده طبقه زیر تشکیل یافته است.

– متمایز کردن: جدا کردن اجزا از یک ساخت کلی برحسب ربط با اهمیت آن‌ها. متمایز کردن یا ویژه‌سازی کردن وقتی رخ می‌دهد که یادگیرنده، اطلاعات مربوط از نامربوط یا مهم از غیر مهم را تشخیص می‌دهد و سپس به اطلاعات مربوط یا

مهم توجه می‌کند. «به عنوان مثال، در متمایز کردن سبب از پرتقال به عنوان میوه، دانه‌های درون آن‌ها مربوط، اما شکل و رنگ نامربوط‌اند. در مقایسه کردن که یکی از خرده طبقه‌های فهمیدن است، همه این جنبه‌ها (یعنی دانه، رنگ و شکل) مربوط‌اند». بنابراین متمایز کردن و مقایسه کردن، دو فرایند شناختی متفاوت‌اند. اصطلاح دیگر برای متمایز کردن، تمیز دادن است. مانند انتخاب مراحل اصلی یک نوشته توصیفی درباره اینکه یک چیز چگونه کار می‌کند.

– سازمان دادن: تشخیص اجزای یک ارتباط و شناختن اینکه چگونه آن اجزا در ایجاد یک کل یکپارچه به هم پیوند می‌یابند. سازمان دادن معمولاً همراه با متمایز کردن اتفاق می‌افتد. ابتدا یادگیرنده اجزای مربوط یا مهم را تشخیص می‌دهد و بعد ساختار کل که در آن اجزا به هم پیوند می‌خورند تعیین می‌کند. همچنین سازمان دادن می‌تواند با نسبت دادن (خرده طبقه بعدی)، که در آن تأکید بر تعیین قصد یا دیدگاه نویسنده مطلب است رخ دهد. اصطلاح دیگر برای سازمان دادن، تعیین ساختار است. مانند تحلیل گزارش‌های تحقیقی با توجه به فرضیه‌ها، روش، داده‌ها و نتیجه‌گیری.

– نسبت دادن: مشخص کردن دیدگاه، سوگیری‌ها، ارزش‌ها یا قصدهای زیربنایی ارتباط‌ها یا اثرها. نسبت دادن یا واسازی، مستلزم یک فرایند ساختار شکنی است که در آن یادگیرنده، قصدهای نویسنده را از ارائه مطالب تعیین می‌کند. آندرسون، کراتول و همکاران، در توضیح این خرده طبقه می‌گویند «در مقایسه با تفسیر کردن که در آن یادگیرنده می‌کوشد تا معنی مطالب ارائه شده را بفهمد، نسبت دادن فراتر از فهمیدن است، زیرا در آن یادگیرنده می‌کوشد تا قصد یا دیدگاه نویسنده را که زیربنای مطلب ارائه شده است استنباط کند.» اصطلاح دیگر برای نسبت دادن، ساختار شکنی است. مانند مثال زیر:

گالیلئو مسئله شتاب سرعت اجسام در حال سقوط را به وسیله غلتاندن گلوله‌ها بر روی سطوح بسیار صاف با زاویه شیب فزاینده مورد بررسی قرار داد، زیرا او برای اندازه‌گیری فاصله‌های زمانی کوتاه هیچ ابزاری در اختیار نداشت. او از اطلاعات به دست آمده به استخراج نتایجی درباره سقوط آزاد اجسام پرداخت. کدام یک از موارد زیر یک فرض ضمنی مربوط به استخراج او را نشان می‌دهد؟

الف. مقاومت هوا در سقوط آزاد قابل چشم‌پوشی است.

ب. اجسام با شتاب ثابت سقوط می‌کنند.

پ. شتاب مشاهده شده در سطوح شیب‌دار برابر با شتاب

کتاب یکی
از مهم‌ترین
منابع یادگیری
دانش‌آموزان در
نظام آموزشی
فعلی است،
به عبارت
دیگر، بیشتر
فعالیت‌های
دانش‌آموزان در
چارچوب کتاب
درسی شکل
می‌گیرد

در سقوط آزاد است.

ت. سطوح مسطح بدون اصطکاک هستند.

ث. سطح قائم و سطحی که تقریباً قائم است بر روی گلوله غلتان اثر تقریباً مساوی دارند.

کمی هستند، «مثلاً آیا این مقدار کافی است؟» یا کیفی. «مثلاً آیا این به اندازه کافی اثربخش است؟ آیا محصول به مقدار کافی است؟» طبقه ارزشیابی از دو خرده طبقه زیر تشکیل یافته است.

- واریسی کردن: آزمون همخوانی‌ها و ناهمخوانی‌های یک اثر یا محصول. برای مثال وقتی یادگیرنده می‌کوشد تا تعیین کند که آیا شواهد از یک فرضیه دفاع می‌کنند یا یک مطلب از بخش‌هایی تشکیل یافته که همدیگر را نقض می‌کنند، فعالیت او در این خرده طبقه جای می‌گیرد. مانند تعیین اینکه نتیجه‌گیری‌ها به طور منطقی حاصل داده گزارش هستند.

- نقد کردن: داوری کردن درباره یک عمل یا محصول براساس معیارها یا استانداردهای بیرونی. در نقد کردن، یادگیرنده متوجه جنبه‌های مثبت و منفی یک محصول می‌شود و براساس آن‌ها درباره آن محصول داوری می‌کند. نقد کردن، هسته اصلی تفکر انتقادی را می‌سازد. اصطلاح دیگر برای نقد کردن، داوری کردن است. مانند تعیین اینکه کدام یک از دو روش پیشنهادی روش مؤثرتر و کارآمدتری برای حل یک مسئله است. [۵].

۵. ترکیب: ترکیب یا آفریدن عبارت است از کنار هم گذاشتن عناصر و پدید آوردن یک کل منسجم یا کارکردی. در طبقه‌بندی قبلی حوزه شناختی بلوم، طبقه آفریدن با اصطلاح ترکیب آمده است. هدف‌هایی که در طبقه آفریدن قرار دارند از یادگیرنده می‌خواهند تا از راه ترکیب کردن یا در هم آمیختن عناصر و اجزا به‌طور ذهنی و ایجاد یک الگو یا ساختی که قبلاً وجود نداشته، یک محصول جدید بسازد. این کار از راه هماهنگی با دانش‌ها و تجارب قبلاً آموخته شده یادگیرنده انجام می‌گیرد. طبقه آفریدن از سه خرده طبقه زیر تشکیل یافته است.

- تولید کردن: استفاده از تمرکز واگرا در برخورد با مسائل. بنا به گفته آندرسون، کراتول و همکاران در اینجا تولید کردن به یک معنی محدود به کار می‌رود. فهمیدن نیز مستلزم فرایندهای تولیدی است، اما هدف فهمیدن غالباً همگرا (یعنی رسیدن به یک معنی واحد) است. در حالی که هدف تولید کردن در طبقه آفریدن، واگرا (یعنی رسیدن به امکانات مختلف) است. اصطلاح دیگر برای تولید کردن، فرضیه ساختن است. مانند تولید روش‌های متفاوت برای رسیدن به یک نتیجه خاص (در ریاضیات).

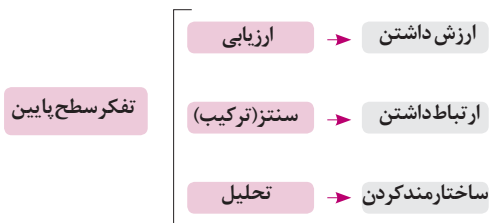
- طرح ریزی: ایجاد طرح و نقشه برای انجام کارها، مثلاً ابداع یک روش برای حل یک مسئله. طرح‌ریزی شامل اجرای مراحل ضروری برای حل کردن یک مسئله نیست؛ این کار در خرده طبقه بعدی (پدید آوردن) ملحوظ شده است. اصطلاح دیگر برای طرح‌ریزی، طراحی است. مانند طراحی طرح‌های تحقیقی برای موضوع‌های تاریخی.

- پدید آوردن: اجرای یک نقشه برای حل مسئله‌ای با ویژگی‌های خاص، اصطلاح دیگر برای پدید آوردن، ساختن است. مانند نوشتن مقاله درباره دوره‌های تاریخی خاص که در آن استانداردهای معین علمی رعایت شود.

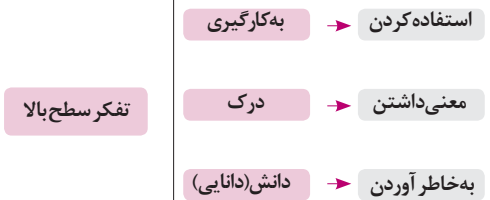
۶. ارزشیابی: ارزشیابی به‌صورت داوری کردن براساس معیار یا استاندارد، تعریف شده است. معیارها یا ملاک‌های مورد استفاده در ارزشیابی، غالباً کیفیت، اثربخشی، کارآمدی و همسانی را شامل می‌شوند. استانداردهای مورد استفاده یا

پدید آوردن: اجرای یک نقشه برای حل مسئله‌ای با ویژگی‌های خاص، اصطلاح دیگر برای پدید آوردن، ساختن است. مانند نوشتن مقاله درباره دوره‌های تاریخی خاص که در آن استانداردهای معین علمی رعایت شود.

آفرینش (خلق کردن)



تفکر سطح پایین



تفکر سطح بالا

▲ شکل ۱: طبقه‌بندی بلوم (Bloom Taxonomy)

۳-۱- اصول حاکم بر سازماندهی محتوا

۱. سازماندهی محتوا متناسب با رویکردهای برنامه باشد.
۲. محتوا طوری سازماندهی شود که دانش آموزان در فرایند یادگیری مداخله کنند.
۳. توان ذهنی دانش آموزان در امر یادگیری مورد توجه قرار گیرد.
۴. در سازماندهی محتوا به رعایت اصل از ساده به مشکل و اصل مداومت توجه شود.
۵. در تدوین محتوا، تقویت روحیه پژوهش در دانش آموزان مورد توجه قرار گیرد.
۶. در تدوین مطالب باید ارتباط منطقی بین فصل‌های مختلف کتاب رعایت شود.
۷. نحوه ارائه مطالب طوری باشد که حس کنجکاوی دانش آموزان را برانگیزد.
۸. مطالب کتاب در حد امکان با زندگی روزمره و شرایط محیطی دانش آموزان مرتبط باشد.
۹. تألیف کتاب با تأکید بر روش تدریس حل مسئله و پرسش و پاسخ صورت پذیرد [۲].

۲. اهداف پژوهش

در این پژوهش تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم بر مبنای اهداف شش‌گانه شناختی بلوم مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

۳. پرسش‌های پژوهش

پرسش اصلی: در تدوین تمرین‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم رشته علوم تجربی به هر یک از طبقات حیطه‌شناختی بلوم به چه میزان توجه شده است؟

پرسش‌های فرعی:

۱. در تدوین تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم رشته علوم تجربی به طبقه دانش به چه میزان توجه شده است؟
۲. در تدوین تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم رشته علوم تجربی به طبقه فهمیدن به چه میزان توجه شده است؟
۳. در تدوین تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم رشته علوم تجربی به طبقه به کار بستن به چه میزان توجه شده است؟

۴. در تدوین تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم رشته علوم تجربی به طبقه تجزیه و تحلیل به چه میزان توجه شده است؟

۵. در تدوین تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم رشته علوم تجربی به طبقه ترکیب به چه میزان توجه شده است؟

۶. در تدوین تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم رشته علوم تجربی به طبقه ارزشیابی به چه میزان توجه شده است؟

۴. جامعه پژوهش

جامعه این پژوهش، کل تمرین‌های داخل متن و پایان فصل‌ها و پرسش‌های داخل متن کتاب فیزیک دهم تجربی چاپ ۹۵ است. این کتاب ۱۴۹ صفحه و ۴ فصل دارد که در چهار بخش فیزیک و اندازه‌گیری، کار، انرژی و توان، ویژگی‌های فیزیکی مواد، دما و گرما تنظیم شده است. در این پژوهش به منظور بررسی دقیق و دستیابی به نتایج قابل اعتماد، تمام اهداف شناختی موجود در تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵. ابزار گردآوری اطلاعات

ابزار مورد استفاده در بررسی تحلیل محتوا و طبقه‌بندی اهداف شناختی، جدول طبقه‌بندی اهداف شش‌گانه بلوم است. پس از استخراج اهداف تمرین‌ها و فعالیت‌های کتاب و ثبت در جدول، درصد کل تمرین‌ها و فعالیت‌ها در طبقه بندی بلوم به دست آمد.

۶. جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش آماری توصیفی استفاده گردیده است. از جدول‌ها برای فراوانی طبقات و مؤلفه‌ها در بخش‌های مذکور استفاده شده است.

۷. طرح و روش پژوهش

پرسش‌ها، فعالیت‌ها، تمرین‌های داخل متن و تمرین‌های آخر فصل‌های ۱ و ۲ و ۳ بررسی شد و هر کدام در یکی از طبقات اهداف شش‌گانه آموزشی بلوم قرار گرفت. نتایج فراوانی تمرین‌های آخر فصل‌ها در هر یک از طبقه‌های بلوم در جدول (۱) درج شده است.

نقد کردن:

داوری کردن

درباره یک

عمل یا

محصول

براساس

معیارها یا

استانداردهای

بیرونی. در

نقد کردن،

یادگیرنده

متوجه

جنبه‌های

مثبت و منفی

یک محصول

می‌شود و

براساس آن‌ها

درباره آن

محصول داوری

می‌کند

جدول ۱. فراوانی تمرین‌های آخر فصل‌های کتاب فیزیک پایه دهم در طبقات شش‌گانه بلوم

فصل	تعداد تمرین	دانش	فهمیدن	به کار بستن	تجزیه و تحلیل	ترکیب	ارزشیابی
۱	۲۱	۱	۴	۱۵	۰	۱	۰
۲	۲۲	۰	۲	۱۳	۰	۰	۷
۳	۲۵	۰	۱۵	۸	۰	۱	۱
۴	۳۴	۱	۷	۲۴	۰	۰	۲
کل	۱۰۲	۲	۲۸	۶۰	۰	۲	۱۰

نتایج بررسی فعالیت‌های فصل‌های کتاب در جدول (۲) درج شده است.

جدول ۲. فراوانی فعالیت‌های فصل‌های کتاب فیزیک دهم در طبقات شش‌گانه بلوم

فصل	تعداد تمرین	دانش	فهمیدن	به کار بستن	تجزیه و تحلیل	ترکیب	ارزشیابی
۱	۸	۱	۰	۴	۰	۲	۱
۲	۳	۰	۱	۲	۰	۰	۰
۳	۱۱	۰	۰	۰	۰	۱۱	۰
۴	۱۸	۰	۱۱	۱	۱	۳	۲
کل	۴۰	۱	۱۲	۷	۱	۱۶	۳

نتایج بررسی فعالیت‌های فصل‌های کتاب در جدول (۳) درج شده است.

جدول ۳. فراوانی تمرین‌های داخل متن فصل‌های کتاب فیزیک دهم در طبقات شش‌گانه بلوم

فصل	تعداد تمرین	دانش	فهمیدن	به کار بستن	تجزیه و تحلیل	ترکیب	ارزشیابی
۱	۸	۰	۰	۸	۰	۰	۰
۲	۱۷	۰	۰	۱۶	۰	۰	۱
۳	۵	۰	۰	۵	۰	۰	۰
۴	۷	۰	۰	۶	۰	۱	۰
کل	۳۷	۰	۰	۳۵	۰	۱	۱

نتایج بررسی تمرین‌های داخل متن فصل‌ها در جدول (۴) درج شده است.

جدول ۴. فراوانی پرسش‌های فصل‌های کتاب فیزیک دهم در طبقات شش‌گانه بلوم

فصل	تعداد تمرین	دانش	فهمیدن	به کار بستن	تجزیه و تحلیل	ترکیب	ارزشیابی
۱	۵	۱	۳	۰	۱	۰	۰
۲	۵	۰	۲	۱	۱	۰	۱
۳	۱۰	۰	۹	۰	۰	۰	۱
۴	۷	۰	۵	۰	۱	۰	۱
کل	۲۷	۱	۱۹	۱	۳	۰	۳

نتایج بررسی پرسش‌های فصل‌ها در جدول (۵) درج شده است.

جدول ۵. فراوانی کلیه تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم در طبقات شش‌گانه بلوم

کل تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌ها	دانش	فهمیدن	به کار بستن	تجزیه و تحلیل	ترکیب	ارزشیابی
۲۰۶	۴	۵۹	۱۰۳	۴	۱۹	۱۷
درصد	۱/۹۴	۲۸/۶۴	۵۰	۱/۹۴	۹/۲۲	۸/۲۵

۸. یافته‌های پژوهش

بررسی جدول (۱) نشان می‌دهد که از مجموع ۱۰۲ تمرین آخر فصل‌های کتاب، ۸۸/۲۳ درصد مربوط به طبقات پایین حیطه‌شناختی (دانش، فهمیدن و به کار بستن) و ۱۱/۷۶ درصد مربوط به طبقات بالای این حیطه (تجزیه و تحلیل، ارزشیابی و ترکیب) است.

بررسی جدول (۲) نشان می‌دهد که در کل ۵۰ درصد از فعالیت‌ها به طبقات پایین حیطه‌شناختی (دانش، فهمیدن، به کار بستن) و ۵۰ درصد به طبقات بالا (تجزیه و تحلیل، ارزشیابی، ترکیب) متعلق است.

بررسی جدول (۳) نشان می‌دهد که از مجموع ۳۷ تمرین داخل متن کتاب، ۹۴/۵۹ درصد مربوط به طبقه به کار بستن و ۵/۴۱ درصد مربوط به ترکیب و ارزشیابی است.

بررسی جدول (۴) نشان می‌دهد که از مجموع ۲۷ پرسش متن کتاب ۷۷/۷۷ درصد مربوط به طبقات پایین (دانش، فهمیدن و به کار بستن) و ۲۲/۲۲ درصد مربوط به تجزیه و تحلیل و ارزشیابی می‌باشد.

بررسی جدول (۵) نشان می‌دهد که از مجموع ۲۰۶ تمرین، پرسش و فعالیت‌های فصل‌های کتاب فیزیک دهم تجربی ۸۰/۵۸ درصد مربوط به طبقات پایین حیطه‌شناختی و ۱۹/۴۱ درصد مربوط به طبقات بالای این حیطه است. به علت قرار گرفتن پرسش‌ها در سطوح پایین شناختی، آن‌ها بیشتر بر انباشتن حافظه تأکید دارند.

۹. نتیجه‌گیری

در این مقاله میزان تقریبی توجه به سطوح مختلف حیطه‌شناختی از طبقه‌بندی بلوم در طرح تمرین‌ها، فعالیت‌ها و پرسش‌های کتاب فیزیک دهم تعیین شده است. در این مقاله با بررسی ویژگی‌های سطوح شناختی طبقه‌بندی بلوم (دانش - فهمیدن - به کار بستن - تجزیه و تحلیل - ترکیب - ارزشیابی) مشخص شد، بیشترین میزان توجه در طراحی تمرین‌های آخر فصل‌ها، تمرین‌های داخل متن که بلافاصله بعد از مطلب درسی

جدید بیان شده‌اند و نیز پرسش‌های متن، به سطوح پایین حیطه‌شناختی شده است. تنها در طراحی فعالیت‌های کتاب، سهم طبقات پایین و بالای حیطه‌شناختی برابر و هر کدام ۵۰ درصد است.

بررسی موشکافانه فراوانی در جدول‌ها نشان می‌دهد، در طراحی تمرین‌های متن و آخر فصل‌ها بیشتر بر به کار بستن، در طراحی فعالیت‌های کتاب بر ترکیب (خلق) و در طراحی پرسش‌های کتاب بر فهمیدن تأکید شده است.

اما بررسی مجموع تمرین‌ها، پرسش‌ها و فعالیت‌های کتاب فیزیک دهم نشان می‌دهد که ۸۰/۵۸ درصد مربوط به طبقات پایین و ۱۹/۴۱ درصد مربوط به طبقات بالای حیطه‌شناختی است. دانش‌آموزان ایرانی از نظر به خاطر سپردن و فهمیدن در سطوح نسبتاً بالایی قرار دارند اما در مهارت‌هایی چون ساختن نظریه‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، حل مسئله و به کارگیری ابزار و روش‌های علمی در سطح نسبتاً پایینی قرار دارند که نشئت گرفته از محتوای آموزشی کتاب‌های درسی است. در تنظیم پرسش‌ها باید به سطوح بالاتر شناختی توجه شود، بدون اینکه سطوح پایین نادیده گرفته شوند تا مدت فراگیری و پایداری مطالب در ذهن پایدار شوند.

در طراحی پرسش‌ها باید به سطح ارزشیابی بیشتر توجه شود تا به دانش‌آموزان کمک کند به درستی و صحت مطالب و همخوانی و عدم تناقض مطالب پی ببرند. زیرا ارزشیابی در بعضی از موارد پیش‌درآمدی است برای کسب دانش تازه و یا کوششی است، در رابطه با فهمیدن و به کار بستن و یا تحلیل و ترکیب جدید و پل ارتباطی است بین رفتارهای شناختی و رفتارهای عاطفی.

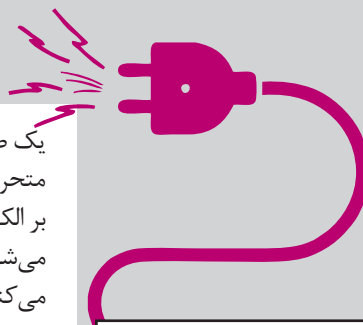
نتایج پژوهش حاضر و پژوهش‌هایی از این نوع می‌تواند برنامهریزان و مؤلفان کتاب‌های درسی فیزیک را یاری دهد تا در انتخاب محتوای آموزشی، اصلاح محتوا و توجه به سطوح بالای حیطه‌شناختی را مورد توجه قرار دهند. همچنین معلمان پایه دهم را مطلع می‌سازد تا در صورت وجود نارسایی با استفاده از مواد کمک‌آموزشی مناسب جهت جبران نارسایی‌های موجود، اقدامات لازم را انجام دهند.

منابع

- طاهری، عبدالمحمد؛ طهماسبی‌پور، نجفه؛ صادقی، معصومه؛ مقایسه حیطه‌شناختی بلوم با آزمون تیمز ۲۰۱۱ در کتاب علوم تجربی پایه سوم راهنمایی سال ۹۰-۸۹، نشریه علمی پژوهشی فناوری آموزش، جلد ۱، شماره ۳ (۱۳۹۵).
- مجاهد، مریم؛ صادقی، اعظم؛ تحلیل تمرین‌ها و فعالیت‌های کتاب شیمی ۲ بر مبنای طبقه‌بندی بلوم، هشتمین سمینار آموزشی شیمی ایران، شهریور ۹۲، دانشکده شیمی دانشگاه سمنان.

- Hassan Moradi, Narges, Textbook Content Analysis, Tehran: Aeej, (2008), [Inpersian].
- Anderson, L. and Sosniak, L. (Eds). Bloom's Taxonomy: A Forty-year, (1994)

- سیف، علی‌اکبر؛ سنجش فرایند و فرآورده یادگیری: روش‌های قدیم و جدید، نشر دوران (۱۳۹۳)



میدان الکتریکی در سیم‌های حامل جریان DC

صفورا شیرین‌نوش دبیر فیزیک استان همدان منطقه لالجین
فاطمه احمدی استادیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

چکیده

این مقاله به بررسی منشأ تولید میدان الکتریکی درون مدار حامل جریان الکتریکی می‌پردازد. بدین منظور، ابتدا نحوه تولید میدان الکتریکی در سیم‌های حامل جریان DC بررسی می‌شود. سپس با ارائه شواهدی از آشکارسازی خطوط میدان الکتریکی، برخی از مطالعاتی که در این زمینه انجام شده، مطرح می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: مدار الکتریکی، میدان الکتریکی، بارهای سطحی.

مقدمه

کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه می‌نویسد: «وقتی میدان الکتریکی در فلز ایجاد می‌شود، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را کمی تغییر می‌دهند و با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان به‌طور بسیار آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند که این موجب برقراری جریان الکتریکی در رسانا می‌شود» [۱]. در این بیان، به نحوه تولید میدان الکتریکی در سیم‌های حامل جریان اشاره‌ای نمی‌شود. در واقع این موضوع نه‌تنها در کتاب‌های درسی، بلکه در کتاب‌های پایه فیزیک دانشگاهی [۲] نیز بررسی نشده است. از این‌رو، این مقاله سعی دارد به شیوه ساده‌ای نحوه تولید میدان الکتریکی درون مدار را تشریح کند.

الکترون‌های آزاد در سیم حامل جریان نمی‌توانند یکدیگر را هل بدهند.

در باره حرکت دریای الکترون‌های متحرک در یک سیم فلزی در یک جهت مشخص، (شکل ۱) غالباً چنین تصور می‌شود که الکترون‌ها شبیه تپله‌های درون لوله‌ای هستند که یکدیگر را از

یک طرف به طرف دیگر هل می‌دهند. به‌طوری که هر الکترون متحرک در مدار، میدان الکتریکی در اطراف خود می‌سازد که بر الکترون‌های جلویی خود تأثیر می‌گذارد و موجب دفع آن‌ها می‌شود. بدین ترتیب نیروی رانشی که الکترون‌ها بر یکدیگر وارد می‌کنند به سوق الکترون‌ها می‌انجامد و جریان در مدار برقرار می‌شود. اما چه نکته اشتباهی در این توضیح وجود دارد؟

از آنجا که هیچ‌بار اضافی در سیم رسانا وجود ندارد، پس اندازه چگالی الکترون‌های متحرک در سیم فلزی باید برابر اندازه چگالی هسته‌های اتمی مثبت باشد. در نتیجه سیم رسانا از نظر الکتریکی خنثی است. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، نیروی دافعه‌ای که بر الکترون‌های سمت چپ از طرف الکترون‌های سمت راست وارد می‌شود، به‌وسیله جاذبه هسته‌های مثبتی که در همسایگی قرار دارند خنثی می‌شود. این مطلب بیانگر آن است که دریای الکترون بیشتر شبیه به گاز کامل رفتار می‌کند، به‌طوری که ذرات با یکدیگر برهم کنش ندارند. در واقع، الکترون‌ها نمی‌توانند پیوسته یکدیگر را در سیم به جلو هل بدهند و اثری که بر یکدیگر دارند، نمی‌تواند عامل سوق آن‌ها در مدار باشد [۳].

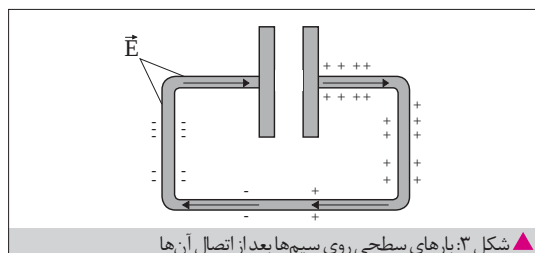
عامل سوق الکترون‌ها در مدار با دو رویکرد قابل بررسی است. از دیدگاه ماکروسکوپی، اختلاف پتانسیلی که باتری در مدار تولید می‌کند، عامل جریان بار الکتریکی در مدار است. اما از دیدگاه رویکرد میکروسکوپی عامل جریان الکترون‌ها، میدان الکتریکی است که بلافاصله بعد از اتصال کلید درون مدار برقرار شده و موجب جابه‌جایی الکترون‌ها با سرعت سوق در خلاف جهت میدان می‌شود [۴]. پرسشی که در توصیف میکروسکوپی مطرح می‌شود این است که میدان الکتریکی در مدار چگونه تولید می‌شود؟

میدان الکتریکی در یک مدار DC

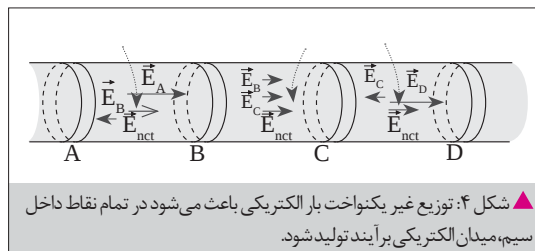
برای تشریح منشأ تولید میدان الکتریکی در مدار DC، یک خازن باردار مانند شکل (۲) در نظر می‌گیریم. دو سیم رسانای فلزی به صفحات خازن باردار وصل شده‌اند. بنابراین بعضی از بارهای صفحات خازن روی سیم‌ها پخش می‌شوند. این نوع توزیع بارهای سطحی یک موقعیت الکترواستاتیک است که بار و میدان الکتریکی داخل رسانا باید صفر باشد. به همین دلیل نیازمند توزیع مقدار یکنواخت بار الکتریکی سطحی در دو طرف هر نقطه داخل سیم هستیم تا میدان الکتریکی در آن نقطه صفر شود. بنابراین توزیع بار الکتریکی سطحی در طول سیم (به غیر از دو انتهای سیم) یکنواخت است. توزیع بار در دو انتهای سیم غیر یکنواخت است، ولی بررسی این جزئیات مورد نظر این بحث نیست.

اگر دو انتهای سیم به هم وصل شوند، در زمان بسیار کوتاهی از مرتبه 10^{-9} s مطابق شکل (۳) الکترون‌ها فرصت می‌یابند که از صفحه با بار منفی به طرف صفحه‌ای که الکترون از دست

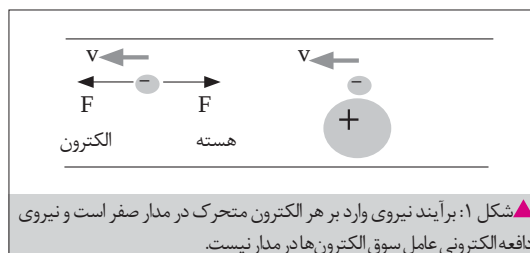
عامل سوق
الکترون‌ها
در مدار با دو
رویکرد قابل
بررسی است.
از دیدگاه
ماکروسکوپی،
اختلاف
پتانسیلی که
باتری در مدار
تولید می‌کند،
عامل جریان
بار الکتریکی
است. اما از
دیدگاه رویکرد
میکروسکوپی
عامل جریان
الکترون‌ها،
میدان
الکتریکی است



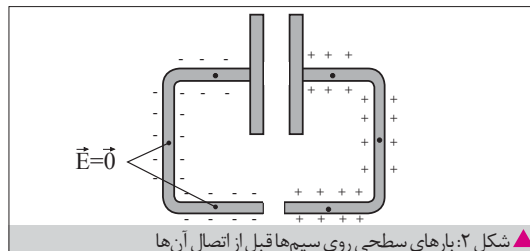
▲ شکل ۳: بارهای سطحی روی سیم‌ها بعد از اتصال آن‌ها



▲ شکل ۴: توزیع غیر یکنواخت بار الکتریکی باعث می‌شود در تمام نقاط داخل سیم، میدان الکتریکی برآیند تولید شود.



▲ شکل ۱: برآیند نیروی وارد بر هر الکترون متحرک در مدار صفر است و نیروی دافعه الکترونی عامل سوق الکترون‌ها در مدار نیست.



▲ شکل ۲: بارهای سطحی روی سیم‌ها قبل از اتصال آن‌ها

نقاط مثبت‌تر به سمت نقاط منفی‌تر است، به الکترون‌های درون سیم نیرو وارد می‌کند و سرانجام جریان الکتریکی در مدار برقرار می‌شود. البته لازم به ذکر است که بارهای سطحی با بارهای متحرکی که جریان را می‌سازند، متفاوت‌اند. بارهای متحرکی که جریان را می‌سازند در سیم هستند. در حالی که میدان الکتریکی سیم به وسیله بارهای سطحی بی‌نهایت کوچکی تولید می‌شود که در بازه زمانی بسیار کوتاهی بعد از اتصال مدار در سطح سیم به وجود می‌آیند.

برای تخمین مقدار بارهای سطحی، فرض می‌کنیم در قسمتی از یک مدار، سیمی به طول 10 cm و با مقاومت 10Ω و حامل جریان 1 mA داریم. در این صورت میدان الکتریکی در سیم $10^{-1}\frac{\text{V}}{\text{m}}$ است. مطابق مدل ارائه شده دو حلقه از سیم با قطر 2 mm در فاصله 2 mm از یکدیگر در نظر می‌گیریم. در این صورت می‌توانیم چگالی بار سطحی روی حلقه‌ها را حساب کنیم. با فرض آنکه چگالی بار روی حلقه‌ها یکسان و با علامت مختلف باشد، میدان الکتریکی در وسط فاصله بین حلقه‌ها، ناشی از هر حلقه $0.005\frac{\text{V}}{\text{m}}$ خواهد بود. طبق رابطه $E_+ = \frac{zQ}{4\pi\epsilon_0(z^2 + R^2)^{3/2}}$ می‌توان بار الکتریکی روی حلقه‌ها را بدین صورت به دست آورد. (شکل ۵).

$$Q = \frac{((0.001)^2 + (0.001)^2)^{3/2}}{9 \times 10^9 \times 0.001} \times 0.005 = 1/6 \times 10^{-18}\text{ C}$$

این نتیجه نشان می‌دهد که برای تولید میدان الکتریکی به اندازه $0.01\frac{\text{V}}{\text{m}}$ ، بار سطحی بسیار بسیار کوچک $\pm 1/6 \times 10^{-18}\text{ C}$

داده و بار مثبت دارد، حرکت کنند و توزیع بارهای سطحی روی سیم به طور غیر یکنواخت دوباره تنظیم شود. چگالی بارهای الکتریکی سطحی روی سیم در نزدیکی صفحات خازن بیشتر است، به طوری که هر چه از صفحات باردار دور شویم اندازه چگالی سطحی بار الکتریکی کاهش می‌یابد تا اینکه در نقطه وسط سیم که در فاصله برابر از صفحه منفی و مثبت خازن قرار دارد از نظر الکتریکی خنثی است.

بدین ترتیب توزیع غیر یکنواخت بارهای سطحی نتیجه بسیار مهمی دارد که در شکل (۴) یعنی بخشی از یک سیم حامل جریان نشان داده شده است. مطابق شکل (۴) چهار حلقه A تا D مدلی برای توزیع غیر یکنواخت بارهای سطحی است. اندازه میدان الکتریکی که در راستای محور یک حلقه باردار تولید شده، به اندازه بار الکتریکی حلقه بستگی دارد و با افزایش فاصله از حلقه کاهش می‌یابد. جهت میدان الکتریکی از حلقه مثبت به حلقه منفی است و از رابطه $\vec{E}_{\text{net}} \cong \vec{E}_A + \vec{E}_B$ محاسبه می‌شود. به طور مثال در شکل (۴) در وسط فاصله بین حلقه‌های A و B میدان الکتریکی ناشی از حلقه A به طرف راست و میدان الکتریکی ناشی از حلقه B به طرف چپ است. ولی چون بار حلقه A بیشتر است، بنابراین میدان بزرگ‌تری تولید می‌کند و میدان برآیند به طرف راست خواهد بود. همچنین، در فاصله بین حلقه‌های C و B میدان‌های ناشی از هر دو حلقه به طرف راست خواهند بود. بنابراین میدان برآیند، هم جهت با آن‌ها و به طرف راست است. بدین ترتیب در تمام نقاط، میدان برآیندی به طرف راست سیم تشکیل می‌شود.

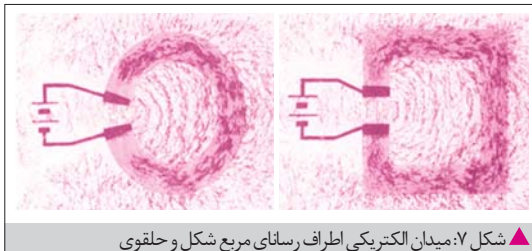
به طور کلی، میدان الکتریکی خالص، در نتیجه توزیع غیر یکنواخت بارهای سطحی تولید می‌شود. هر چند تعیین دقیق میدان الکتریکی بسیار پیچیده است، اما این مدل کمک خوبی به درک ما از میدان الکتریکی داخل سیم می‌کند. این میدان الکتریکی داخلی که جهت آن مطابق شکل ۴ از سمت

پی‌نوشت‌ها

1. Sommerfeld
2. Jefimenko
3. Jackson

منابع

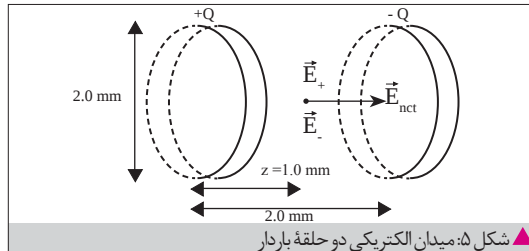
۱. دفتر تألیف کتب درسی (۱۳۹۶). فیزیک ۳ و آزمایشگاه، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. (رشته تجربی ص: ۴۰ و رشته ریاضی ص: ۴۶).
2. Halliday & Resnick. (2011). Principle of physics, Night Edition, wiley plus.
3. Ruth W. Chabay and Bruce A. Sherwood. (2015). Matter & Interactions, Wiley, New York.
4. Halliday & Resnick. (2011). Principle of physics, Night Edition, wiley plus, (p: 686).
5. Knight, Randall. (2007). Physics for science and engineers. Second Edition. California polytechnic state university. P: 943, 946-947.
6. Knight, Randall. (2007). Physics for science and engineers. Second Edition. California polytechnic state university. P: 943, 958.
7. A. Sommerfeld, Electrodynamics (Academic, New York, 1952), pp. 125-130.
8. O. Jefimenko, "Demonstration of the electric fields of current-carrying conductors," Am. J. Phys. 30, 19-21 (1962).
9. J. D. Jackson, "Surface charges on circuit wires and resistors play three roles," Am. J. Phys. 64, 855-870 (1996).
10. J. A. Hernandez and A. K. T. Assis, "The potential, electric field and surface charges for a resistive long straight strip carrying a steady current," Am. J. Phys. 71, 938-942 (2003).
11. Rainer Müller. A semi quantitative treatment of surface charges in DC circuits, Am. J. Phys. 80 (9), P: 782-788. (2012).
12. Electric fields and charges in elementary circuits, M. A. Heald, Am. J. Phys. 52, 1984, P: 522-526.
13. Rebecca Jacobs, Alex de Salazar, and Antonio Nassar, New experimental method of visualizing the electric field due to surface charges on circuit elements. Am. J. Phys. 78, P: 12 (2010).



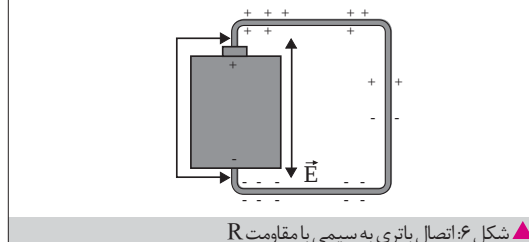
شکل ۷: میدان الکتریکی اطراف رسانای مربع شکل و حلقوی



شکل ۸: نمایش خطوط میدان الکتریکی اطراف سیم



شکل ۵: میدان الکتریکی دو حلقه باردار



شکل ۶: اتصال باتری به سیمی با مقاومت R

و محاسبه اندازه بارهای سطحی در مدارهای الکتریکی حامل جریان انجام شده است. اما آنچه که این اندازه‌گیری‌ها را پیچیده می‌کند، اندازه کوچک بارهای سطحی و بستگی اندازه آن‌ها به نحوه قرار گرفتن اجزای مدار یا حتی محیط مدار است [۱۲-۱۰].

در سال ۲۰۱۰ میدان الکتریکی اطراف سیم به صورت ساده‌تری آشکار شد. در این شیوه، در یک بشقاب پتری مقداری روغن معدنی (mineral oil) با نوار آب‌بندی (PTFE (TeFLON) sealant) مخلوط شدند. سیم مسی به طول ۱۳ cm و قطر ۱ mm به شکل S در بشقاب پتری قرار گرفت. سیم مسی از یک طرف با یک مقاومت $8\text{ M}\Omega$ لحیم شد. این دستگاه به ۲ منبع ولتاژ ۶ kv که به طول سری به هم وصل شده‌اند، متصل شده است. حداکثر ولتاژ مورد استفاده به منظور جلوگیری از سوختن مقاومت به ۷ kv محدود می‌شود. بعد از اتصال مدار و گذشت چند دقیقه ملاحظه می‌شود که نوارهای آب‌بندی در راستای عمود بر سیم متمرکز می‌شوند (شکل ۸). این شیوه روش جدیدی برای نمایش میدان الکتریکی است که در نتیجه بارهای سطحی روی سیم به وجود می‌آید [۱۳].

نتیجه‌گیری

کتاب‌های فیزیک مباحث الکتریسیته ساکن و جریان الکتریکی را به صورت دو موضوع کاملاً مجزا از یکدیگر مطرح می‌کنند. در حالی که بهتر است، مبحث بارهای سطحی در مدارهای الکتریکی به عنوان پل ارتباطی بین الکتریسیته ساکن و جاری در کتاب‌های آموزشی فیزیک در نظر گرفته شود. در این صورت فراگیران می‌توانند نگاه میکروسکوپی صحیح‌تری به بحث جریان الکتریکی داشته باشند. لذا در این مقاله سعی شده که روش ساده‌ای برای بررسی نحوه تولید میدان الکتریکی در سیم حامل جریان مطرح شود. همچنین با ارائه نمونه‌هایی از آشکارسازی خطوط میدان الکتریکی اطراف سیم حامل جریان، شواهدی عینی از وجود بارهای الکتریکی سطحی روی سیم‌ها ارائه شود. بدین منظور که این مبحث جهت آشنایی معلمان در کتاب‌های راهنمای معلم یا در کلاس‌های درس فیزیک مورد استفاده گیرد.

روی هر حلقه لازم است که معادل بار 10^6 الکترون است. میدان الکتریکی که با جابه‌جایی این تعداد الکترون به وجود می‌آید، برای تولید جریان در حد میلی‌آمپر در سیم یک مدار معمولی DC کافی است [۵].

به همین ترتیب اگر یک سیم با مقاومت R به دو سر یک باتری وصل شود (شکل ۶) در کسر کوچکی از ثانیه مقداری از بارهای باتری روی سطح توزیع می‌شوند (دقیقاً مانند توزیع بار در خازن) و یک میدان الکتریکی داخل سیم تولید می‌شود [۶]. این میدان بر الکترون‌های آزاد سیم رسانا نیرو وارد می‌کند و باعث حرکت الکترون‌های آزاد و برقراری جریان می‌شود.

دلیل وجود بارهای سطحی در مدار الکتریکی

زومرفلد^۱ در سال ۱۹۵۲ در کتاب الکتروپنایمیک، میدان الکتریکی شعاعی (عمود بر سطح سیم به طرف داخل) و محوری (موازی با محور سیم) اطراف سیم حامل جریان را محاسبه کرد و از وجود مؤلفه شعاعی میدان الکتریکی در خارج از سیم به این نتیجه رسید که روی سطح سیم حامل جریان، باید بارهای الکتریکی ساکنی وجود داشته باشد که منشأ تولید چنین میدانی در اطراف سیم باشند. زومرفلد این بارها را بارهای سطحی نامید. زومرفلد علت نادیده گرفتن این بارها را کوچکی اندازه آن‌ها برشمرده ولی تأکید کرد که در نظر گرفتن این بارها برای شناخت جزئیات جریان الکتریکی ضروری است. [۷].

جفیمینکو^۲ در سال ۱۹۶۲ توانست با استفاده از ولتاژ با اندازه 10^4 V خطوط میدان الکتریکی مدارهای الکتریکی را مطابق شکل ۷ آشکار سازد. [۸].

جکسون^۳ در سال ۱۹۹۶ سه نقش عمده برای بارهای سطحی روی سیم‌های حامل جریان DC مدار تعیین کرد.

بدین صورت که بارهای سطحی الف) پتانسیل الکتریکی در مدار به وجود می‌آورد. ب) میدان الکتریکی در فضای اطراف رسانا تولید می‌کنند. پ) میدان الکتریکی محوری درون مدار را تولید می‌کنند که باعث حرکت بارهای الکتریکی می‌شود. [۹]. در طی این سال‌ها تلاش‌های زیادی برای تعیین نحوه توزیع



همگرایی گرانشی و کاربردهای آن در کلاس‌های فیزیک و نجوم^۱

ترجمهٔ مرجان روح‌نواز

اشاره

امروزه دستاوردهای نوین در اخترشناسی و کیهان‌شناسی توجه بسیاری به خود جلب کرده است. یکی از پیامدهای نظریه نسبیت عام در کیهان‌شناسی نوین اثر همگرایی گرانشی یعنی خم شدن پرتوهای نوری است که از کنار اجسام سنگین آسمانی عبور می‌کنند. با استفاده از این اثر می‌توان بادقتی زیاد پراکندگی ماده تاریک در کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی را بررسی کرد و در نتیجه از ساختار بزرگ مقیاس عالم اطلاع به‌دست آورد. همچنین کاربرد آن برای یافتن سیارات فراخورشیدی و نیز درک تحولات انرژی تاریک می‌تواند سودمند باشد.

کلیدواژه‌ها: همگرایی گرانشی، نسبیت عام، کیهان‌شناسی

مقدمه

پیش از گفت‌وگو درباره همگرایی گرانشی بهتر است کمی درباره مفاهیم و پیامدهای نظریه نسبیت عام بحث کنیم. برپایه نسبیت عام، گرانش آن‌گونه که نیوتون می‌پنداشت نیرو نیست. حقیقت این است که فضا و زمان در نزدیکی اجرام سنگین مانند خورشید خم می‌شود و این امر وجود یک نیروی خیالی به نام گرانش را به ذهن متبادر می‌سازد. هنگامی که نور از کنار جسمی سنگین گذر کند، از فضایی خمیده گذشته است و مسیر آن از مسیر مستقیم فضای تخت اقلیدسی منحرف می‌شود. این حالت، «همگرایی گرانشی» نامیده می‌شود و با کاربرد عدسی‌های اپتیکی به خوبی می‌توان آن را مدل‌سازی کرد.

قلب نظریه نسبیت عام در اصلی به نام اصل هم‌ارزی می‌تپد که براساس آن در یک میدان گرانشی یکنواخت که گرایان

آن صفر است، با هیچ آزمایشی نمی‌توان تفاوت بین نیروی جاذبهٔ گرانشی و نیروی ناشی از حرکت شتاب‌دار را آشکار کرد. آزمایش فکری زیر به خوبی پیش‌گویی‌های دور از انتظار این اصل را نشان می‌دهد: فضانوردی را در پهنه فضا در نظر بگیرید که نیرویی را بر خود حس می‌کند. آیا وی می‌تواند با انجام آزمایش‌هایی در سفینه و بدون اینکه به فضای بیرون نگاه کند یا از روشن بودن موتورهای سفینه باخبر شود، معین کند که دلیل شتاب گرفتن سفینه روشن شدن موتورهاست یا نیروی کشش گرانشی جسمی در نزدیکی آن؟ برپایه اصل هم‌ارزی، فضانورد هرگز نمی‌تواند این دو حالت را از هم تمیز دهد. اکنون فرض می‌کنیم فضانورد باریکه‌ای از نور لیزر را در سفینه بتاباند. اگر شتاب سفینه به سمت بالا باشد، از دیدگاه او مسیر باریکه نور به سوی پایین خم می‌شود. کاربرد اصل هم‌ارزی ما را به این نتیجه ناگزیر می‌رساند که اگر سفینه در نزدیکی جسمی سنگین – مثلاً زمین – باشد، نور باید مسیری خمیده را بپیماید^۲.

اگر ذرات نور جرم ندارند پس چگونه اثرات گرانشی را احساس می‌کنند؟ اینشتین برای این پرسش به ظاهر سردرگم‌کننده پاسخی جالب ارائه داد: با اینکه نور همواره «تلاش می‌کند» تا در مسیر مستقیم حرکت کند اما در همسایگی فضای خمیده توانایی انجام این کار را ندارد. وی در سال ۱۹۱۵ با استفاده از نظریه نسبیت عام، انحراف زاویه نوری که از فاصله b_1 از جسمی به جرم M می‌گذرد را به صورت زیر محاسبه کرد^۳:

$$\alpha_1 = \frac{4GM}{c^2 b_1} \quad (1)$$

که در آن $b_1 = \theta_1 D_L$ پارامتر برخورد است و فرض شده است که جرم کهکشان همگراکننده (عدسی) M در مرکز آن قرار گرفته است (جرم نقطه‌ای). دقت کنید که زاویه انحراف تنها

به پارامتر برخورد، و جرم عدسی بستگی دارد و مستقل از طول موج نور است. با قرار دادن جرم و شعاع خورشید در این رابطه می‌توان به آسانی انحراف نور ستارگان دور دست در فضا به وسیله خورشید را از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\alpha = \frac{4GM_{\odot}}{c^2 R_{\odot}} \approx 1.75'' /$$

آرتور ادینگتون^۴ در خورگرفت سال ۱۹۱۹ انحراف پرتوهای نور به وسیله میدان گرانشی خورشید را مشاهده و اندازه گیری کرد و همین امر نخستین گواه درستی نظریه نسبیت عام در مقایسه با گرانش نیوتونی شد.

شاید مفهوم فضای خمیده برای برخی شاگردان نا آشنا باشد،^۵ با این همه بسیاری از آن‌ها درباره سیاهچاله‌ها چیزهایی شنیده‌اند فضازمان در همسایگی این پدیده‌های اختر فیزیکی بسیار خمیده است و بنابراین، این اجسام آزمایشگاه خوبی برای بررسی رفتار عجیب نور در فضای به شدت خمیده هستند.^۶

آشنایی با اثر همگرایی گرانشی

در آغاز می‌توان تصاویری از اثر همگرایی گرانشی کهکشان-کهکشانی که در آن به جای یک خوشه کهکشانی تصویر یک کهکشان به وسیله کهکشانی دیگر همگرا شده است را نشان داد (شکل ۱). همان گونه که در پیش اشاره شد همگرایی گرانشی پیامدی از خم شدگی مسیر نور در نسبیت عام است به این شکل که توزیع گسترده‌ای از جرم (عدسی) - مانند کهکشان یا خوشه‌های کهکشانی - نوری را که از کهکشان‌ها یا خوشه‌های کهکشانی دور دست در فضا (چشمه نور) در ورای عدسی گسیل شده است منحرف می‌کند. این پدیده سبب واپیچش و بزرگنمایی تصویر سرچشمه نور در فضا می‌شود. در پدیده‌ای که همگرایی ضعیف نامیده می‌شود درصد این واپیچش‌ها کوچک است و بنابراین تنها از نظر آماری قابل برآورد هستند. اما در همگرایی قوی، واپیچش بسیار زیاد است و می‌توان با چشم آن را دید. حالتی ویژه از همگرایی قوی حلقه اینشتین نام دارد که در شکل ۱ نشان داده شده است و هنگامی پدید می‌آید که چشمه نور، عدسی و بیننده روی یک خط راست قرار داشته باشند.

آزمایش عملی پدیده

برای نمایش این پدیده در کلاس درس به موادی کم و بسیار ساده نیاز است: یک کاغذ رسم نمودار که از آن برای نشان دادن چارچوب فضای اقلیدسی زمینه استفاده می‌شود، تصویری از زرفای فضا که در شکل ۲ نشان داده است (برگرفته شده از تصاویر تلسکوپ هابل) و یک عدسی اپتیکی

گرانشی. برای ساخت عدسی می‌توان از یک ظرف مخصوص دسر که انتهای پایه آن شکسته شده است، استفاده کرد (شکل ۳). دقت کنید که ظرف باید کاملاً متقارن و قوس آن نیز مانند قوس نمودار لگاریتم باشد (شکل ۴).

برای رعایت ایمنی بهتر است قسمت شکسته شده را بانوار چسب تیره بپوشانید. این کار سبب می‌شود تا مرکز ظرف که نمایانگر کهکشان یا خوشه کهکشان جلویی (عدسی) است از نظر پنهان شود (شکل ۵).

اکنون می‌توان شاگردان را در گروه‌های چند نفره دسته‌بندی کرد و از آن‌ها خواست با انجام آزمایش‌هایی به پرسش‌های زیر پاسخ دهند:

(دقت کنید که هنگام آزمایش با عدسی ثابت یا در حال حرکت همواره باید به مرکز آن نگاه کرد)

۱. عدسی گرانشی خود را روی کاغذ نمودار حرکت دهید و مشاهده کنید که خط‌ها چگونه دچار واپیچش می‌شوند (به داخل؟ به خارج؟ به شکل دایره یا مربع؟ به صورت متقارن؟) اگر خط‌های مشبک نشانگر فضای تخت باشند چه چیز سبب واپیچش آن‌ها می‌شود؟ روی کاغذ شکل‌های دیگری مانند مثلث، بیضی و دایره بکشید و بررسی کنید که عدسی گرانشی چگونه آن‌ها را تغییر می‌دهد؟

۲. چه هنگام پایه ظرف همانند یک عدسی گرانشی رفتار می‌کند و در چه شرایطی مدلی ناقص از یک عدسی گرانشی است؟

۳. در محل تقاطع دو خط شبکه، یک بیضی توپر (نماینده کهکشان) به اندازه نصف یک ناخن بکشید. با حرکت عدسی پیرامون این کهکشان فرضی شکل آن به گونه‌ای نسبت به فضا زمان گسترش می‌یابد که چهار تصویر دیده شود: کهکشانی که دچار واپیچش نشده، کهکشانی که دچار واپیچش شده، دو کهکشان که به شدت دچار واپیچش شده‌اند و تشکیل یک حلقه اینشتین (شکل ۷).

موقعیت کهکشان نسبت به مرکز عدسی را در هر یک از حالت‌های زیر توصیف کنید:

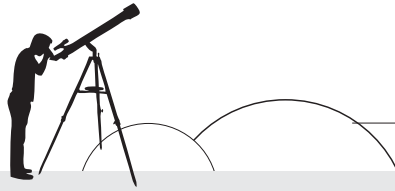
+ هنگامی که کهکشان زیر عدسی قرار دارد ولی دچار واپیچش نشده است (اثر همگرایی ضعیف).

+ هنگامی که کهکشان دچار واپیچش می‌شود ولی تنها یک تصویر از آن دیده می‌شود (اثر همگرایی قوی).

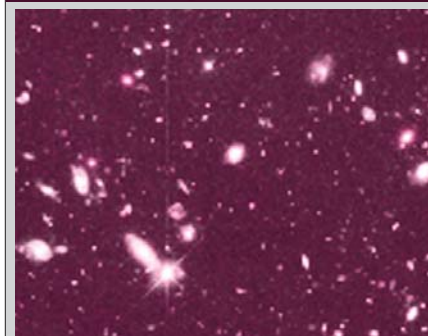
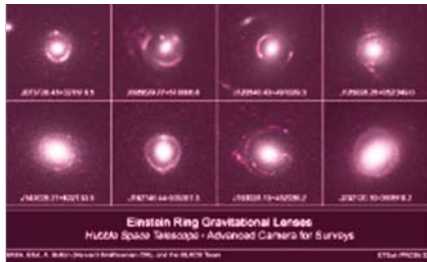
+ هنگامی که دو تصویر از کهکشان در زیر عدسی دیده می‌شود. (این حالت نیز نمونه‌ای از همگرایی قوی است؛ این پدیده در تپ‌اخترهای دوگانه نیز مشاهده می‌شود).

+ هنگامی که کهکشان به شکل یک حلقه درمی‌آید (حلقه اینشتین؛ ویژگی همگرایی قوی).

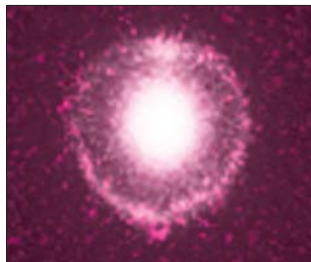
۴. چهار کهکشان با شعاع‌های متفاوت روی کاغذ بکشید.



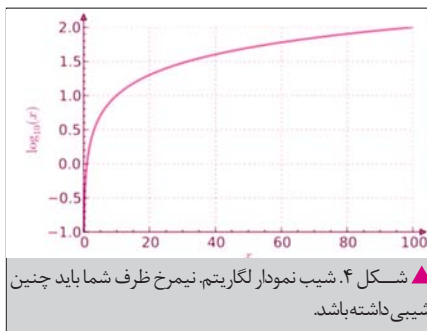
یکی از پیامدهای نظریه نسبیت عام در کیهان‌شناسی نوین اثر همگرایی گرانشی یعنی خم شدن پرتوهای نوری است که از کنار اجسام سنگین آسمانی عبور می‌کنند



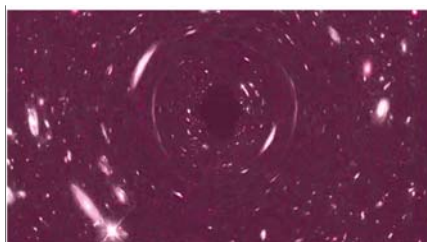
▲ شکل ۲. تصویر ژرفای فضا گرفته شده از تصاویر تلسکوپ هابل نزدیک به ۱۵۰۰ کهکشان در مراحل مختلف زندگی خود در ۱۰ میلیارد سال پیش را نشان می‌دهد.



▲ شکل ۱. حلقه‌های اینشتین برگرفته شده از تصاویرهای تلسکوپ هابل. لکه‌های روشن در میان هر حلقه، کهکشان‌های بیضی‌شکل غول‌پیکری هستند که نزدیک به ۲ تا ۴ بیلیون سال نوری با ما فاصله دارند. حلقه دور هر لکه نیز از کهکشان‌های زمینه‌ای که ۴ تا ۸ میلیارد سال نوری با ما فاصله دارند و به دلیل اثر همگرایی گرانشی دچار واپیچش شده‌اند، سرچشمه می‌گیرد. این کهکشان‌ها بسیار جوان و در مرحله ساخت ستارگان هستند. تصویر سمت راست نیز بزرگ‌نمایی یکی از همین تصویرهاست (همگرایی کهکشان - کهکشانی). همچنین کهکشان‌هایی بدون واپیچش نیز در تصویر نشان داده شده‌اند.



▲ شکل ۴. شیب نمودار لگاریتم نیم‌رخ ظرف شما باید چنین شیبی داشته باشد.



▲ شکل ۵. حالتی از همگرایی که کهکشان جلویی (عدسی) در مرکز تصویر سیاه دیده می‌شود.



▲ شکل ۳. ظرف مخصوص دسر به عنوان عدسی گرانشی که پایه شکسته آن بانوار چسب سیاه پوشانده شده است. همان‌گونه که در شکل ۵ نشان داده شده، سرچشمه نوری در زمینه دور دست فضا لزوماً در مرکز عدسی گرانشی (که می‌تواند خوشه یا جرم درخشان و سنگین دیگری باشد) قابل مشاهده نیست. بنابراین نور سیاه‌رنگ افزون بر جنبه ایمنی کاربردی علمی نیز دارد.

ارتباط میان حلقه اینشتین و شعاع کهکشان چیست؟ اگر شعاع کهکشان صفر باشد چه مشاهده می‌کنید؟
۵. طرحی از همگرایی گرانشی در شکل ۶ نشان داده شده است.

+ همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود سرچشمه نوری که در فاصله زاویه‌ای θ_s قرار گرفته به گونه‌ای دیده می‌شود که گویی در زاویه θ_l قرار دارد (به مسیر رسیدن نور از کهکشان زمینه به چشم خود دقت کنید).

+ کدام متغیر انحراف زاویه‌ای را نشان می‌دهد؟
و کدام متغیرها را می‌توان با تلسکوپ اندازه گرفت؟
(پاسخ: دو متغیر)

آیا می‌توانید معادله‌ای بنویسید که ارتباط این سه متغیر به یکدیگر را نشان دهد؟

۶. اکنون ارتباط بین فاصله‌های میان چشم، عدسی و سرچشمه نوری (کاغذ) را بیازمایید.
 D_l فاصله عدسی تا چشم، D_s فاصله عدسی تا کهکشان (کاغذ نمودار)، و D_p فاصله چشم تا کهکشان است. هنگامی که عدسی و سرچشمه نوری کمابیش نزدیک هم هستند (و بنابراین زمینه فضا، فضای تخت اقلیدسی است) با تقریب خوبی می‌توان نوشت:

$$d_{LS} = d_s - d_l$$

رابطه بالا در فاصله‌ها کیهانی بزرگ‌تر درست نیست. عدسی را به گونه‌ای قرار دهید تا یک حلقه اینشتین ببینید.

در هر یک از حالت‌های زیر، اندازه حلقه چه تغییری می‌کند؟ کدام متغیر (D_l ، D_s و D_{LS}) تغییر کرده و کدام ثابت می‌ماند؟

+ هنگامی که فاصله عدسی را تغییر داده‌اید ولی چشمتان در همان فاصله باشد.

+ هنگامی که فاصله چشم خود را تغییر دهید و عدسی در همان مکان پیشین باشد.

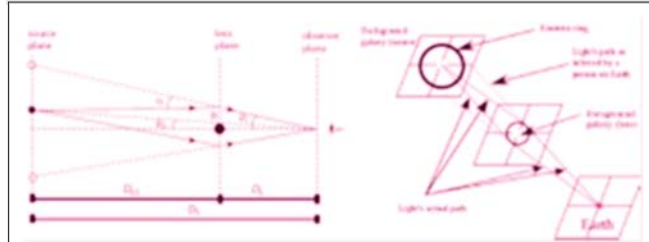
+ هنگامی که هم فاصله چشم و هم فاصله عدسی را تغییر داده‌اید ولی فاصله بین آن‌ها ثابت است.

در عمل هرگونه تغییر فاصله بین ناظر، عدسی و سرچشمه نور (که به وسیله انتقال به سرخ طیف نور رسیده از آن‌ها مشخص می‌شود) بر روی اندازه حلقه اینشتین و در نتیجه بر روی برآورد جرم نهایی تأثیر می‌گذارد.

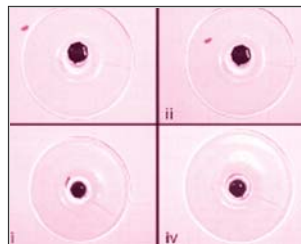
برای به دست آوردن رابطه‌ای بین این متغیرها و شعاع حلقه، مقدار b_l را در رابطه (۱) قرار می‌دهیم:



آرتور ادنیگتون در خورگرفت سال ۱۹۱۹ انحراف پرتوهای نور به وسیله میدان گرانشی خورشید را مشاهده و اندازه گیری کرد و همین امر نخستین گواه درستی نظریه نسبیت عام در مقایسه با گرانش نیوتونی شد



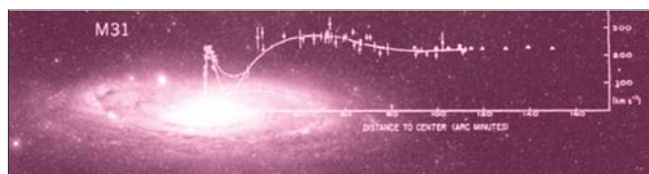
▲ شکل ۶: طرحی از همگرایی گرانشی. شکل سمت راست آرایش ویژه‌ای را نشان می‌دهد که در آن کهکشان دور دست، عدسی گرانشی و زمین در یک راستا هستند، بنابراین هنگامی که نور کهکشان زمینه همگرا می‌شود، بیننده زمینی آن را به شکل حلقه اینشتین می‌بیند.



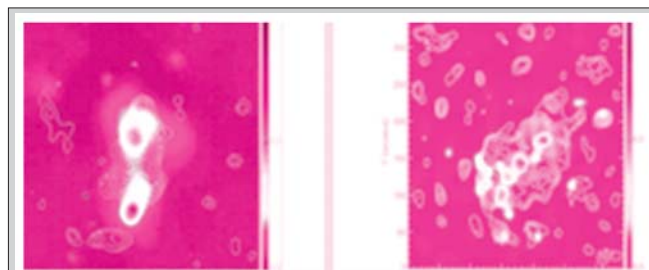
◀ شکل ۷: برای کهکشانی بیضی شکل، چهار حالت می‌تواند روی دهد:

(بالا سمت چپ) شکل کهکشان دچار تغییر نشده؛ اما دقت کنید که زمینه فضا (چارچوب اقلیدسی تخت) دچار واپیچش شده است. (بالا سمت راست) همگرایی ضعیف؛ واپیچش تصویر کهکشان بسیار کم و به دشواری قابل تشخیص است. (پایین سمت چپ) همگرایی قوی، که به گونه‌ای سبب واپیچش

قابل مشاهده در شکل کهکشان شده است که تصویر دیگری از کهکشان در سوی دیگر عدسی دیده می‌شود. (پایین سمت راست) همگرایی قوی و تشکیل حلقه اینشتین هنگامی که هر سه جرم در یک خط قرار دارند.



▲ شکل ۸: منحنی سرعت چرخش ستارگان در کهکشان زن به زنجیر بسته M۳۱ برحسب فاصله از مرکز کهکشان. در فاصله‌های دور از مرکز درخشان کهکشان، منحنی سرعت هموار است و آن گونه که انتظار داریم با نسبت $1/\sqrt{r}$ کاهش نمی‌یابد.



▲ شکل ۹: نقشه ماده درخشان و تاریک به همراه یکدیگر. بخش رنگی، پراکندگی ماده درخشان و خط‌های منحنی، پراکندگی ماده تاریکی که با روش همگرایی گرانشی به دست می‌آید را نشان می‌دهد. به فراوانی و تفاوت مقدار پراکندگی ماده در بخش‌هایی که هیچ ماده درخشان دیده نمی‌شود دقت کنید.

$$\alpha_1(\theta_1) = \frac{4GM}{c^2} \frac{1}{\theta_1 D_L} \quad (2)$$

با استفاده از شکل (۶) معادله سازوکار عدسی گرانشی برابر است با:

$$\theta_1 D_S = \theta_S D_S + \alpha_1 D_{LS}$$

در صورتی که α_1 را از معادله بالا به دست آوریم:

$$\alpha_1(\theta_1) = \frac{D_S}{D_{LS}} (\theta_1 - \theta_S)$$

و مقدار آن را در معادله (۲) قرار دهیم، داریم:

$$\theta_1 - \theta_S = \frac{4GM}{c^2} \frac{D_{LS}}{\theta_1 D_S D_L}$$

برای چشمه‌ای که به صورت متقارن، درست پشت عدسی گرانشی قرار گرفته باشد (حلقه اینشتین) داریم: $\theta_S = 0$ و $\theta_1 = \theta_E$

در نتیجه شعاع زاویه‌ای حلقه اینشتین به دست می‌آید:

$$\theta_E = \left(\frac{4GM}{c^2} \frac{D_{LS}}{D_L D_S} \right)^{\frac{1}{2}}$$

(دقت کنید که در میان اخترشناسان معمول است که این شعاع را چکیده‌وار شعاع حلقه اینشتین بنامند، در صورتی که

شعاع خطی حلقه برابر است با: $R_E = d_L \theta_E$)

هرچه عدسی سنگین‌تر (M بزرگ‌تر) باشد، پرتوهای نوری بیشتر منحرف می‌شوند و شعاع حلقه بزرگ‌تر خواهد بود. اخترشناسان از این اثر برای ردیابی ماده تاریک در فضا استفاده می‌کنند.

در پایان نیز می‌توان معادله همگرایی جرم (عدسی) نقطه‌ای شکل را برحسب شعاع اینشتین به شکل زیر نوشت:

$$\theta_1 = \theta_S + \frac{\theta_E^2}{\theta_1}$$

به همین ترتیب برای زاویه پرتو زیرین خواهیم داشت:

$$\theta_2 D_S = -\theta_S D_S + \alpha_2 D_{LS}$$

و

$$\theta_2 + \theta_S = \frac{4GM}{c^2} \frac{D_{LS}}{\theta_2 D_S D_L}$$

و در نتیجه

$$\theta_2 = -\theta_S + \frac{\theta_E^2}{\theta_2}$$

+ تأثیر شکل و ضخامت پایه ظرف دسرخوری بر پدیده همگرایی گرانشی چیست؟ (آزمایش را با ظرف‌هایی با شکل‌های گوناگون انجام دهید).

۷. اکنون عدسی خود را بر روی تصویر ژرفای فضا قرار دهید و آن را بررسی کنید (برای این کار نیاز به تصویری بزرگ و

رنگی باکیفیت بالا از شکل ۲ دارید^۷

+ آنچه با قرار دادن عدسی و بدون آن مشاهده می کنید را گزارش کنید.

+ چگونه می توان با استفاده از عدسی گرانشی سیاهچاله یافت.

+ چگونه می توان بین سیاهچاله های کم جرم و کوچک ناشی از ستارگان (با جرمی ۵ برابر جرم خورشید) و سیاهچاله های بسیار سنگین فرق گذاشت (راهنمایی: به تصویر ۶ دقت کنید). گمان می رود سیاهچاله های بسیار سنگین در مرکز بیشتر کهکشان ها وجود داشته باشند و ۱۰۰۰۰ بار سنگین تر از خورشید باشند.

+ اگر چشم اندازی واضح و دقیق از آسمان شب داشته باشیم، هنگامی که سیاهچاله ای نزدیک زمین شود، چه روی خواهد داد و چه خواهیم دید؟ در فاصله های نزدیک، سیاهچاله همانند یک عدسی همگرا کننده قوی که به سرعت در آسمان حرکت می کند رفتار خواهد کرد^۸.

یکی از ویژگی های همگرایی گرانشی این است که واپسش های مشاهده شده، تنها به دلیل حضور جرم هستند. این ویژگی ساده اما مهم به اختر فیزیک دانان اجازه می دهد که پراکندگی ماده تاریک که به وسیله تلسکوپ رصد و دیده نمی شود را به طور غیرمستقیم اندازه بگیرند. همچنین اندازه گیری جرم اجسام فضایی که محاسبه جرم آن ها به روش های متداول دشوار است را آسان تر می کند.

در حقیقت بیشتر ماده کیهان، ماده تاریک نامرئی است که تنها از روی آثار گرانشی خود می تواند ردیابی شود. اگر جرم کهکشان ها تنها از اجسام قابل مشاهده مانند ستاره ها و غبارهای کیهانی تشکیل شده بود، سرعت چرخش ستارگان در لبه بیرونی آن ها باید کمتر از مقدار مشاهده و اندازه گیری شده می بود. سرعت چرخش مورد انتظار برای ستارگان کهکشان ها را می توان به آسانی از قوانین نیوتون به دست آورد. برای نمونه اگر ستاره ای دور از مرکز یک کهکشان را در نظر بگیریم، نیرویی که این ستاره را بر مدار خود نگه می دارد نیروی جاذبه گرانشی کل جرمی است که داخل مدار آن قرار دارد. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$$F = ma_c = G \frac{Mm}{r^2},$$

که در آن m جرم ستاره و $a_c = v^2 / r$ شتاب مرکزگرای آن، M جرم بخشی از کهکشان که درون مدار ستاره قرار دارد و r فاصله مرکز کهکشان تا مدار ستاره است. سرعت مداری ستاره بنابراین از رابطه زیر به دست می آید:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (3)$$

یعنی سرعت مداری ستاره با مقدار جرم درون مدار افزایش

و با افزایش فاصله شعاعی آن کاهش می یابد. این مسئله با فهم فیزیکی ما نیز همخوانی دارد: در حالی که ستارگان دور از مرکز، نیروی گرانشی کمتری را تجربه می کنند و در نتیجه سرعت مداری کمتری دارند، جرم بیشتر، بهتر می تواند ستاره ای سریع تر را در مدار خود نگه دارد.

اگر تمام جرم کهکشان ها مربوط به ماده نورانی (ماده ای که با امواج الکترومغناطیسی یا همان نور برهم کنش دارد) بود آنگاه انتظار داشتیم که سرعت چرخش ستارگان بیرونی با نسبت $1/\sqrt{r}$ کاهش یابد. ولی اخترشناسان در ناسازگاری با این مطلب مشاهده کرده اند که خارج از مرکز درخشان کهکشان، سرعت چرخش ستارگان برحسب فاصله شان از مرکز کهکشان تقریباً ثابت است (شکل ۸).^۹ از معادله (۳) چنین برمی آید که برای اینکه سرعت چرخش ثابت باشد، جرم کل کهکشان باید به صورت خطی با r افزایش یابد.

+ چگونه می توان با کاربرد همگرایی گرانشی ماده تاریک را ردیابی کرد؟

+ اگر ماده تاریک در فاصله های زیاد پراکنده باشد، چگونه می توان با استفاده از عدسی های کوچک تر فراوان همانند آنچه در آزمایش خود داشتید، مدلی از پراکندگی آن ساخت؟ پراکندگی ماده تاریک چه تأثیری بر پدیده همگرایی دارد؟

گفتیم که با کاربرد اثر همگرایی گرانشی، اخترشناسان می توانند به طور غیرمستقیم ماده تاریک را مشاهده کنند شکل ۹ نقشه جرم دو خوشه کهکشانی متفاوت را نشان می دهد. در هر شکل هم نگاشت جرم رصد شده به وسیله همگرایی گرانشی و هم نگاشت جرم رصد شده به وسیله پرتو X نشان داده شده است. روش پرتو X ماده درخشان و قابل دید ستارگان را به طور مستقیم نشان می دهد که با مناطق تیره و روشن نشان داده شده است (آن را نگاشت گرمایی نیز می نامند چرا که مناطق تیره تر نشانگر مناطق دارای جرم بیشتر هستند) خط های منحنی در هر نقشه نیز تجمع جرم رصد شده به وسیله اثر همگرایی گرانشی را نشان می دهند برای درست کردن این تصاویر اخترشناسان سیگنال های ناشی از همگرایی ضعیف را در هزاران کهکشان ورای خوشه ها بررسی و آن ها را به طور آماری با یکدیگر ترکیب کرده اند. پس از نمایش این تصاویر می توانید از دانش آموزان بخواهید تا «ماده گمشده» را در شکل مشخص کنند و هر یک نظریه ای درباره تفاوت بین منحنی های همگرایی گرانشی و نگاشت گرمایی پرتو X پیشنهاد کنند. بیشتر نظریه های متداول در این زمینه عبارتند از: ابعاد اضافی فضا، وجود سیارات، جرم نوترینوها، خطا در اندازه گیری فاصله و ابرهای غباری شکل.

در نگاشت همگرایی گرانشی - و نه در نگاشت گرمایی - ناحیه هایی که تجمع جرم زیاد دارند نشانگر ماده تاریک هستند.

پی نوشت ها

1. The Physics Teacher: Modern Gravitational Lens Cosmology for Introductory Physics and Astronomy Students, May 2015 & Simulating Gravity: Dark Matter and Gravitational Lensing in the Classroom, December 2015 - https://en.wikipedia.org/wiki/Einstein_radius
2. J.B. Hartle, Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity (Addison-Wesley, 2003) - ch.6

۳. برای بحث کمی و ریاضی به دست آوردن این رابطه به منبع زیر (فصل ۳) مراجعه کنید

Singularity Theory and Gravitational Lensing- Arlie O. Petters & Harold Levine & Joachim Wambsganss
4. Arthur Eddington

۵. مقاله دوم منبع ۱، و منبع زیر را ببینید: <http://www.compadre.org/portal/items/detail.cfm?ID=11451>

۶. منابع زیر را ببینید: https://www.youtube.com/watch?v=e19CvpiHl_c
<http://imagine.gsfc.nasa.gov/science/index.html>

۷. نمونه ای با کیفیت از این تصویر را می توان از تارنمای زیر به دست آورد: <http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA12110>

8. <https://www.youtube.com/watch?v=2-My-9CChyBw>

۹. برای شرح بیشتر درباره ماده تاریک می توانید به مقاله زیر مراجعه کنید:

The Physics Teacher, dark matter, march 2013

- education Challenges / 2
Similarities and their applications in teaching the force concept/ T. Azimi, Gh.
Rastegar Nasab and F. Azimi / 3
Problems classification, an instrument for learning Physics/ A. Mason, Ch/ 8
from teaching to assessment/ N. Dadar / 12
A glance at aims and approaches of Physics 12 text book / A. Ahmadi / 22
Engineering For all / C. Cunningham et al / 24
Moments to remember / F. Zypman / 28
Physics Frontier / M. Rahbar / 33
Teaching elementary Particle Physics / A. Hopsor / 38
Friction Force direction / E. Rezaii et al / 42
Analysis of 10th Physics textbook based on Bloom Classification / F. Pour
Bagheri et al/ 48
Electric field in DC Current wires / S. Shirin noosh et al / 56
Gravitational lensing technology for introductory Physics and astronomy
Students / M. Roohnavaz / 59



Ministry of Education
Organization of Research & Educational Planning
Teaching-Aids Publications Office

Managing Editor: Mohammad Naseri

Editor-in-Chief: Manijeh Rahbar

Executive Director: Ahmad Ahmadi

Graphic Designer: Navid Andarodi

Editorial Board: Ahmad Ahmadi, Rouhollah Khalili,
H. Ghalami Bavi Oliai, Hanie Alinejad, Esfandiyar
Motamedi, Manijeh Rahbar, seyed Hedayat sajadi

www.roshdmag.ir

Physics@roshdmag.ir

ISSN: 1606-917X

SMS: 3000899502

P.O. Box: 15875/6585

Department of Physics, Tehran-Iran

Physics Education Journal

Vol.34- No.127- 2018

حمایت از کالای ایرانی

رشد ایران رشد

نحوه اشتراک مجلات رشد به دو روش زیر:
الف. هر مجله به وبگاه مجلات رشد به نشانی www.roshdmag.ir و ثبت نام
در سایت و سفارش و خرید از طریق درگاه اینترنتی بانکی.
ب. واریز مبلغ اشتراک به شماره حساب ۳۹۶۶۰۰۰۰ و ارسال چک بانکی به
سهراب آرمایش کد ۳۹۶۵ در وجه شرکت افست و ارسال فیش بانکی به
همراه برگ تکمیل شده اشتراک با پست سفارشی یا از طریق دورکار
به شماره ۰۲۳۳ ۸۸۴۹۰.

عنوان مجلات در خلاصه:

نام و نام خانوادگی:

تاریخ تولد:

میزان تحصیلات:

تلفن:

نشانی کامل پستی:

استان:

شهرستان:

خیابان:

پلاک:

شماره پستی:

شماره فیش بانکی:

مبلغ پرداختی:

آدرس:

نشانی: تهران، صندوق پستی آموزش مشترکین: ۱۵۸۷۵-۳۳۳۱

تلفن: بازو گانی: ۰۲۱-۸۸۴۶۳۰۸

Email: Eshtrak@roshdmag.ir

هرینه اشتراک سالانه مجلات عمومی رشد (هفت شماره): ۴۵۰/۰۰۰ ریال

هرینه اشتراک سالانه مجلات تخصصی رشد (سه شماره): ۲۲۰/۰۰۰ ریال

با مجله‌های رشد آشنا شوید

مجله‌های دانش آموزی

به صورت ماهنامه و به شماره در سال تحصیلی منتشر می‌شود.

لایف لاین برای دانش آموزان پیش‌دبستانی و پایه اول دوره آموزش ابتدایی

لایف لاین برای دانش آموزان پایه‌های دوم و سوم دوره آموزش ابتدایی

لایف لاین برای دانش آموزان پایه‌های چهارم، پنجم، ششم و هفتم دوره آموزش ابتدایی

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول

لایف لاین برای دانش آموزان دوره آموزش متوسطه اول