فیزیک

رشد آموزش

۵۴

سال سیزدهم ـ بها ۱۵۰ تومان

مدل قرن شانزدهی سیستم کوپرنیکی که خورشید و مدارهای زمین، ماه و سیاره های اطراف را تا مشتری نشان می دهد.

رشد آموزش فیزیک

۵۴

بسم الله الرحمن الرحیم

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

مدیر مسؤول: سیّد محسن گلدانساز
سردبیر: دکتر منیژه رهبر
مدیر داخلی: احمد احمدی
طراح گرافیک: علی موسوی
اعضاء هیئت تحریریه: محمدرضا اجتهادی، احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی، محمدعلی سعادت‌بخت، منیژه رهبر، سیدجعفر مهرداد.

دوره انتشار: تابستان ۱۳۷۹

◆ دفتر انتشارات کمک آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می کند:
رشد کودک (ویژهٔ پیش دبستان و دانش آموزان کلاس اول دبستان) رشد نوآموز (برای دانش آموزان کلاس دوم و سوم دبستان) رشد دانش آموز (برای دانش آموزان کلاس چهارم و پنجم دبستان) رشد نوجوان (برای دانش آموزان دوره راهنمایی) رشد جوان (برای دانش آموزان دورهٔ متوسطه) مجلات رشد معلّم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شیمی، آموزش زبان وادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی، آموزش زیست شناسی، آموزش جغرافیا، آموزش تاریخ (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش)

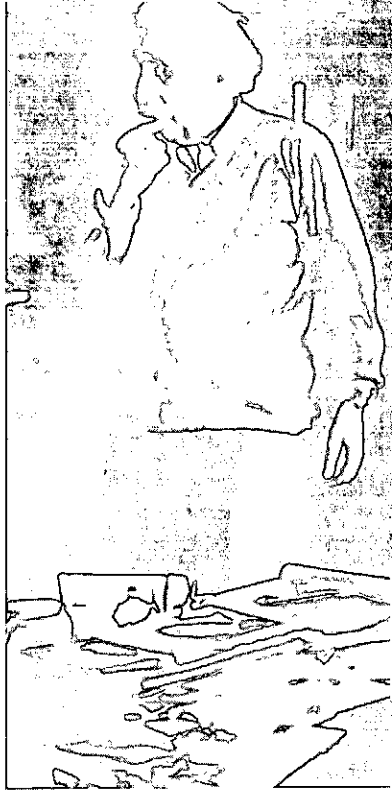
◆ مجله رشد آموزش فیزیک نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشد، می پذیرد. ◆ مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود. ◆ شکل قرار گرفتن جدولها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیهٔ 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 ضمیمهٔ مقاله باشد. ◆ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادلهای فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود. ◆ زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحهٔ مورد استفاده باشد. ◆ مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله های رسیده مختار است. ◆ آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً مبین نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است. ◆ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شود، معذور است.

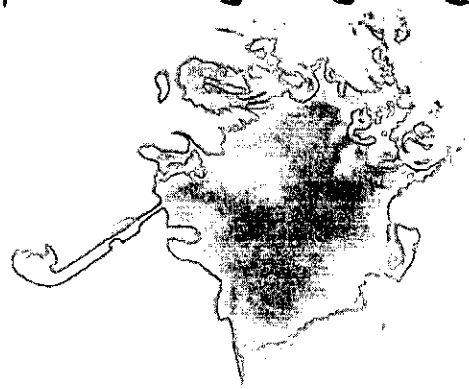
نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۱۵۸۷۵/۶۵۸۵
تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶
تلفن دفتر مجله: ۹-۸۸۳۱۱۶۱ داخلی: ۲۷۱
چاپ: شرکت افست (سهامی عام)

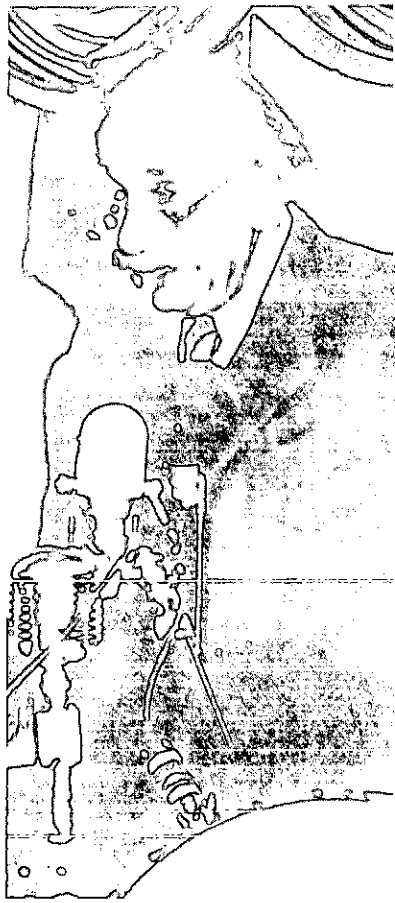
آلبرت اینشتین ـ مرد قرن بیستم ◆ منیژه رهبر/ ۲
از بطلمیوس تا کوپرنیک ◆ روح‌الله خلیلی بروجنی/ ۴
به وجود آوردن علم آموزش فیزیک، سخنرانی میلیکان سال ۱۹۱۸ ◆ آلفرد اف. رینش/ ۷
در هر ابزار اندازه‌گیری چه کمیتی اساس سنجش است؟ ◆ جهانگیر ریاضی/ ۲۱
اخبار علمی/ ۲۳
آزمایشهای ساده، (قسمت چهارم جریان الکتریسیته) ◆ اصغر نوروزیان/ ۲۴
سرعت نور در یک محیط شفّاف ◆ پاتریک جی. هیوت/ ۲۹
تجربه های آموزشی ◆ محمدعلی پرشپور/ ۳۰
روشهای تجربی ایجاد انگیزه و علاقه در دانش‌آموزان نسبت به درس فیزیک ◆ فاطمه اکبرزاده خوبی/ ۳۲
اندازه‌گیری سرعت بلند شدن و فشار داخل کابین هواپیما. ◆ دی. تی. وارن/ ۳۴
مفهوم تحقیق در دبیرستان ◆ جهانگیر ریاضی/ ۳۶
آینهٔ مایعی دوّار ◆ رچارد پرک/ ۳۸
اصول پایستگی، الگویی از جامع‌نگری به طبیعت ◆ جهانگیر ریاضی/ ۴۲
محاسبهٔ آسان شار مغناطیسی ◆ ناریتو اکوچندو/ ۴۵
آزمایش اثر میدان مغناطیسی بر بار الکتریکی متحرک. اف. فیامی/ ۴۸
دربارهٔ گلوئونها فرانک ویلچک/ ۵۰
کلامی چند با دبیران محترم فیزیک در باب معرفی کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه ◆ گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی/ ۵۲

شکل روی جلد
تصویری از سطح مرّیخ که در سپتامبر سال ۱۹۹۹ گرفته شده است. مجراهای کوچکی که در شکل دیده می شوند ممکن است توسّط رسوخ آبهای زیرزمینی ایجاد شده باشند. (Science, 30 June 2000)

آلبرت اینشتین- مرد قرن بیستم







سرانجام سال ۲۰۰۰ میلادی نیز از راه رسید و این فرصت را در اختیار ما گذاشت تا به هزاره‌ای جدید گام بنهیم. اگرچه مفهوم زمان که یکی از کمیتهای بنیادی فیزیک است حتی برای برجسته ترین فیزیکدانان کاملاً روشن نیست، ولی از جهت نظم دادن به روند وقوع رویدادها آغاز هر عصر فرصتی است تا افراد بشر با نگاه به گذشته دستاوردهای خود را ارزیابی کنند و با توجه به آنها ببینند که در آینده چه چالشهایی در مقابل آنها قرار دارد. نسل حاضر شاید این امتیاز را داشته باشد که در عصری زندگی می کند که در آن حضور زمان به خوبی محسوس است. به قول یکی از محققان می توان گفت که افراد در گذشته در «مکان» به دنیا می آمدند. اما نسل حاضر در «زمان» متولد شده است.

در هر عصر مردان و زنانی زندگی می کنند که از طریق دستاوردهای استثنایی خود تأثیری فراموش نشدنی بر عالم می گذارند، اما شاید اهمیت هیچکدام از آنها بیش از آلبرت اینشتین نباشد. او علاوه بر فیزیکدانی توانا که نظریه های او دیدگاه ما را درباره ماده، زمان، مکان، و حرکت برای همیشه دگرگون کرد و به دانشمندان در سراسر جهان کمک کرد تا شناخت بهتری از عالم به دست آورند، نابغه‌ای انسان دوست نیز بود که پس از فیزیک، صلح مهمترین مسئله مورد علاقهٔ او بود.

اینشتین برجسته ترین دانشمند در قرنی بود که در آن علم نقش اصلی را بازی می کرد و زندگی بشر را کاملاً دگرگون ساخت. تحولات انجام شده در قرن بیستم شاید به تنهایی بیش از همهٔ تحولاتی است که در تاریخ مدون بشر انجام گرفته است. این دگرگونی بنیادی در نگرش انسان به جهان حاصل کارهایی است که فیزیکدانان و در رأس آنها اینشتین انجام داده است.

در پایان قرن نوزدهم دانشمندان بر این باور بودند که به توصیف کامل جهان بسیار نزدیک شده اند. آنها فکر می کردند که آنچه در عالم می گذرد را می توان با استفاده از قوانین حرکت نیوتون، و معادله های الکترومغناطیس ماکسول توضیح داد. به باور دانشمندان پایان قرن همه جا پر از محیط پیوسته ای

به نام اتر بود که امواج نورانی و سیگنالهای رادیویی در آن منتشر می شدند. این محیط برای امواج الکترومغناطیسی همان نقشی را داشت که هوا برای امواج صوتی دارد. به نظر می رسید که تنها کار لازم برای تکمیل این نظریه اندازه گیری دقیق ویژگیهای کشسانی اتر باشد، پس از این اندازه گیری همه چیز در جای خود قرار می گرفت. اما ناسازگاری با این نظریه به زودی نمایان شد. دقیقترین اندازه گیریهای انجام شده توسط آلبرت مایکلسون و ادوارد مورلی در سال ۱۸۸۷ انجام شد. آنها سرعت دو باریکه نورانی عمود بر هم را مقایسه و به این نتیجه رسیدند که این سرعتها با هم برابرند. نتیجهٔ آزمایش این بود که شما به هر طریق که حرکت کنید سرعت نور نسبت به شما یکی است. سپس جورج فیتز جرالد ایرلندی و لورنتس هلندی پیشنهاد کردند که اجسام متحرک در اتر منقبض و ساعتهای متحرک کند می شوند.

اما کسی که بالاخره معمای اتر را حل کرد آلبرت اینشتین بود که در اداره ثبت اختراعات سوئیس در برن کار می کرد. اینشتین از کودکی به آنچه در جهان اطراف وی می گذشت بدون توجه به آموزش رسمی مدرسه ای علاقه ای بسیار داشت. در سال ۱۹۰۵ که باید آن را سال معجزه آسای اینشتین نامید وی در ۲۶ سالگی سه مقالهٔ معروف دربارهٔ اثر فوتوالکتریک، حرکت براونی، و نسبیت خاص نوشت که مقام او را به عنوان برجسته ترین دانشمند قرن تثبیت کرد.

اینشتین در مقاله ۱۹۰۵ خود به این نکته اشاره کرد که چون نمی توانیم به این مطلب پی ببریم که آیا در اتر حرکت می کنیم یا نه، پس مفهوم اتر بی فایده است. او فرض کرد که قوانین فیزیک برای تمام ناظرانی که به آزادی حرکت می کنند یکسان است. به ویژه، همه این ناظران بدون توجه به حرکتشان سرعت یکسانی را برای نور اندازه می گیرند.

فرض اینشتین ایجاب می کرد که ایده کمیتی جهانی به نام زمان را که ساعتها اندازه می گیرند کنار بگذاریم. در عوض، هر کس زمان مخصوص به خود را خواهد داشت. ساعتهای دو نفر فقط در صورتی یک زمان را نشان می دهد که این دو نفر نسبت به هم ساکن باشند، ولی در صورتی که نسبت به هم حرکت کنند چنین نخواهد بود. فرض اینشتین دربارهٔ یکسان بودن قوانین فیزیک برای همهٔ ناظرانی که آزادانه حرکت می کنند اساس نظریهٔ نسبیت است، که این نام بدان سبب بر آن نهاده شده است که نشان می دهد این حرکت نسبی است که اهمیت دارد. زیبایی و سادگی این نظریه همه دانشمندان و فلاسفه را متقاعد ساخته است.

یکی از پیامدهای مستقیم نظریه اینشتین فرمول معروف $E = mc^2$ اوست. این فرمول کوتاه نشان می دهد که تمام اجسام موجود در عالم گنجینه هایی از انرژی هستند و این موضوع را مطرح می کند که تبدیل مقدار کمی جرم سبب آزاد شدن انرژی عظیم خواهد شد. همین فرمول که به تنهایی برای جاودانه ساختن نام او در تاریخ کفایت می کرد، اساس بمب اتمی را تشکیل داد. اینشتین به خوبی متوجه بود که انرژی عظیم نهفته در دل ماده در صورت استفاده نادرست می تواند زندگی بشر را به مخاطره اندازد.

بدین سبب، وی که پس از ترک آلمان نازی به امریکا رفته بود در سال ۱۹۳۹ نامه ای به پرزیدنت روزولت نوشت و از او خواست که کاری کند تا امریکا قبل از آلمان به بمب اتمی دست یابد. بعدها، وقتی اولین بمبهای اتمی بر هیروشیما و ناکازاکی انداخته شد اینشتین اظهار داشت «این فاجعه باید هراس کافی در نسل بشر به وجود آورد تا نظمی به روابط بین المللی خود بدهد که شاید به وجود آوردن این نظم بدون ترس از فاجعه امکان پذیر نباشد.» بعدها او نامه اش به روزولت را بزرگترین اشتباه خود توصیف کرد. یکی از آخرین کارهای او قبل از درگذشت در سال ۱۹۵۵ انتشار بیانیه ای بود که در آن از همهٔ ملتهای جهان خواسته بود تا سلاحهای هسته ای را کنار بگذارند.

اینشتین از آن جهت به درستی مرد قرن بیستم نام گرفته است که در تمام تحولات بنیادی این قرن از قبیل نظریه نسبیت، فیزیک کوانتومی، نظریه مهبانگ، الکترونیک، و بمب اتمی نقش داشته است. این تحولات باعث شد که تأثیر علم نه تنها در تفکر بلکه در نحوه زندگی بشر نیز بارز شود. در قرن بیست و یکم بدون تردید نقش علم حتی بیشتر نیز خواهد شد. در این قرن ملتهایی می توانند پیشرفت کنند و زندگی مناسب انسان مدرن را داشته باشند که بتوانند از علم در جهت استفاده بهینه از منابع موجود خود، بهبود سطح زندگی همنوعان، و مسئله ای که هر روز اهمیت آن بیشتر می شود یعنی حفاظت محیط زیست بشر، به بهترین نحو استفاده کنند.

چکیده: در این مقاله می خواهیم به این سؤال پاسخ دهیم که:
کوپرنیک با چه استدلال و با چه تأئید تجربی نظریه زمین مرکزی بطلمیوس را کنار گذاشت و نظریهٔ خورشید مرکزی را ارائه نمود؟

از بطلمیوس تا کوپرنیک

روح اله خلیلی بروجنی

● از منظر تفکر غالب قرون وسطایی، انسان به تمام معنی مرکز عالم و صدرنشین کائنات بود و تمام جلوه های طبیعت برای آن ساخته شده بود تا خدمتگزار انسان و مقصد ابدی او باشد. جهان بینی حاکم در آن دوران نیز این بود که در این عالم چیزی مهم تر از آدمی، و امید و آرمانهایش وجود ندارد و فقط آدمی است که همه کارهٔ عالم و کارسازترین عنصر این جهان است.

همین نگرش و جهان بینی نیز در باطن فیزیک قرون وسطی وجود داشت و می پنداشتند که همهٔ جهان برای آدمی خلق شده و از همهٔ جهت ها قابل شناخت است. و لذا جهان را در ضمن مفاهیمی چون ماهیت، قوه، فعل، عرض و جوهر درّج و درک می کردند. در حالی که از منظر عقل جدید برای فهم جهان باید از مفاهیمی چون حرکت، انرژی، جرم، فضا و زمان مدد جُست.

در تفکر غالب قرون وسطایی این هم از مقبولات و مُسلمات بود که زمین در مرکز افلاک قرار دارد و این سؤال چندان غالب نبود که آیا مرجع نجومی دیگری هم می توان به جز زمین انتخاب کرد؟ در منظر گذشتگان همهٔ جهان، مکانی بود کوچک و متناهی، بسته و مسقّف، و آدمی در مرکز آن قرار داشت به گونه ای که این جهان مرئی و محسوس، بسی کوچکتر از عالم درونی انسان بود. از همین رو همهٔ همّ و غم دانشمندان آن دوران در جهت شناخت عالم درونی انسان بود.

● علم جدید و به تبع آن انسان جدید تفاوتهای جوهری و ماهوی بسیاری با علم و انسان پیشین یافته است و این تفاوتها هم در ساحت اندیشه، نگرش و جهان بینی و هم در ساحت عمل تجلی نموده است. انسان جدید، برخلاف انسان قدیم، خود را در این عالم موجودی ساکن و منفعل نمی بیند. انسان جدید، انسان متصرف است او شکل موجود عالم را نمی پذیرد او معتقد است که باید تا آنجا که می تواند در مجموعهٔ این عالم تغییرات پدید آورد. در تفکر جدید برای اشیاء و هیچ چیز دیگر جای طبیعی تعریف نمی شود. برخلاف تفکر رایج قدیم که برای هر چیز جائی طبیعی درنظر می گرفت[۱].

به هر تقدیر جهان بینی حاکم بر علم جدید ـ نیک یا بد ـ معتقد است که باید جهان را آن چنان که خود می خواهد بسازد، برخلاف جهان بینی قدیم که هر چیزی را در جای خویش نیکو می دانست[۲].

● بیشتر دانش آموختگان عصر جدید در رشته های علوم از آنجا که کمتر فرصت می کنند پا از حصار علم بیرون نهند و از بیرون در آن نظر کنند، گمان می برند که تنها پشتوانهٔ دستاوردهای علم جدید، تأئید تجربی و حسی آنهاست. و تصور می کنند تنها مکشوفات مبتنی بر حسّ و تجربه، اذن ورود به عرصهٔ علم را دارند در حالی که با بررسی سرگذشت واقعی علم، این خیال و پندار به تیغ طرد و ابطال سپرده می شود.

● در حدود و توانایی ابزارهای ساده ای که در دوران کوپرنیک ساخته شده بود، هیچ پدیدهٔ نجومی کشف شده ای وجود نداشت که آن را به روش هیئت بطلمیوسی نتوان توجیه و تبیین کرد. به طور مثال در آن زمان هنوز تلسکوپی ساخته نشده بود که بتوان مثلاً با مشاهدهٔ هلال های ناهید به دلایل قانع کننده ای برای ردّ نظریه زمین مرکزی بطلمیوسی دست یافت.

نظر به نوع نگرش و جهان بینی

حاکم در آن روزگار، هر نظریهٔ نجومی دیگر به غیر از نظریه بطلمیوسی در تعارض آشکار با آن تفکر و جهان بینی بود زیرا نظریه زمین مرکزی بطلمیوس یک نظریه عقل پسند برای آن تفکر محسوب می شد.

از طرف دیگر اشکالات و اعتراض هایی بر نظریه خورشید مرکزی کوپرنیکی وارد بود که در آن عصر پاسخ درخوری برای آنها وجود نداشت. مثلاً طبق نظریه کوپرنیک باید هر گاه سنگی را در راستای قائم به طرف بالا پرتاب کنیم در نقطه ای دورتر و در غرب آن به زمین بیفتد(زیرا کوپرنیک بر این باور بود که زمین علاوه بر آن که به دور خورشید می چرخد حول محور خویش نیز می گردد) و یا اینکه، ستارگان باید از خود اختلاف منظر* سالانه نشان دهند(به دلیل جابه جائی زمین حول خورشید). که پاسخ اشکال اول در دینامیک توسط نیوتون و پاسخ اشکال دوم در سال ۱۸۳۷ میلادی توسط بِسل داده شد.

علی رغم وقوف کامل کوپرنیک بر این اشکال ها و اعتراض ها، سؤالی که به طور جدی مطرح می شود این است **که وی با چه استدلال و با چه مؤید حسی و تجربی نظریه زمین مرکزی بطلمیوس را کنار گذاشت و نظریه خود را درست پنداشت؟** بدون شک ایشان برای نظریه خود دلایل متقن و قوی داشته است که اگر بتوانیم آنها را بشناسیم خواهیم توانست به کشف«رکن اصلی و ساختار زیرین فلسفهٔ فیزیک نوین نائل آئیم»[۳].

● نگرش و جهان بینی حاکم بر تفکر عالمان و اهل نظر دوران باستان و حتی قرون وسطی دربارهٔ رفتار طبیعت این بود که طبیعت از جهات بسیاری تابع اصل سادگی است به طوری که این برداشت در قالب ضرب المثلهایی در بین مردم آن روزگار رواج یافته بود: «طبیعت، همیشه از کوتاهترین راه می رود»**ـ «طبیعت کار بیهوده نمی کند»ـ«طبیعت نه اسراف می کند و نه در ضروریات خسّت می ورزد»[۴].

بنابراین کوپرنیک در برابر آن همه اعتراضهای جدی و قوی، می گفت که: نظریه وی پدیدارهای نجومی را به نظم ریاضی ساده تر و موزون تری منظم می سازد[۵]. زیرا در هیئت بطلمیوسی برای توجیه و تبیین پدیدارها از هشتاد فلک تدویر استفاده می شد در حالی که کوپرنیک تنها با سی و چهار فلک تدویر پدیدارهای نجومی را توجیه و تبیین کرد.

از طرف دیگر طبق گفته کوپرنیک نظریهٔ او موزون تر نیز بود، زیرا بیشتر سیارات در دوایری متحدالمرکز به دور خورشید می چرخیدند.

● خود بطلمیوس نیز تا حدی بر این نظر بوده است که باید واقعیات نجومی را با ساده ترین طرح های هندسی تبیین و توجیه کنیم، به شرط اینکه«پدیدارها را نجات دهد؛ و در این میان نظام متافیزیکی هر کس که واژگون شد، بشود».

البته درک او از ساختمان طبیعی زمین اجازه نداد که او این اصل را در سراسر هیئت فلکی اش جاری و ساری نماید. زیرا وی عقیده داشت با توجه به جرم زیاد زمین، اگر زمین حرکت کند، همهٔ اشیاء و حیوانات به هوا پرتاب می شوند[۶].

زیرنویس

* زاویه بین جهت های رؤیت یک جسم سماوی از دو نقطه مختلف بر روی زمین(یا از یک نقطه ولی در دو زمان متفاوت) را اختلاف منظر گویند.

** این همان اصل آشنای فرما می باشد.

پی نوشت و مراجع:

[۱]. در علم فیزیک قرون وسطایی، میان اشیای روی زمین و اشیایی که در آسمان است، تمایز برجسته ای تصور می شد. اعتقاد بر این بود که تمام مادهٔ زمینی، شامل مخلوطی از چهار عنصر: خاک، آب، هوا و آتش است. چنین تصور می شد که هریک از این چهار عنصر در حوزهٔ زمینی خود جایی طبیعی دارند. بالاترین جایگاه به آتش اختصاص داشت، زیر آتش هوا، سپس آب و سرانجام در پائین ترین جایگاه، خاک قرار داشت. حرکت هر جسم واقعی بستگی به میزان ترکیب این چهار عنصر دارد. مثلاً سنگ که بیشتر از عنصر خاک ترکیب شده است، هنگامی که رها می شود از میان آتش، هوا و آب می گذرد تا به زمین، یعنی جایگاه طبیعی خود برسد و ساکن شود.

[۲]. جهان چون خد و خال و چشم و ابروست
که هر چیزی به جای خویش نیکوست
اگر یک ذره را برگیری از جای
همه عالم فرو ریزد سراپای
شیخ شبستری

[۳]. مراجعه شود به فصل دوم از کتاب«مبادی مابعدالطبیعی علوم نوین» نوشته: ادوین آرثربرت ترجمهٔ دکتر عبدالکریم سروش، انتشارات علمی فرهنگی، ۱۳۶۷

[۴]. همان جا.

[۵]. همان جا.

[۶]. مراجعه شود به: طرح فیزیک هاروارد ـ واحد ۲ ـ بخش۵ ـ انتشارات فاطمی

مراجع دیگر:

(۱). «از آگوستین تا گالیله» ـ جلد اول و دوم ـ تألیف آ. سی. کرومبی ـ ترجمهٔ احمد آرام ـ انتشارات سمت.

(۲). ساختار انقلابهای علمی ـ تألیف تامس س. کوهن ـ ترجمهٔ احمد آرام ـ انتشارات سروش.

(۳). مقدمه ای بر فلسفهٔ علم ـ تألیف رودلف کارناپ ـ ترجمهٔ یوسف عفیفی ـ انتشارات نیلوفر.

به وجود آوردن علم آموزش فیزیک
سخنرانی میلیکان سال ۱۹۹۸

ادوارد. اف. ردیش
مترجم: منیژه رهبر

معلمان فیزیک در سطح پیش دانشگاهی گاهی بصیرت عمیقی دربارهٔ اینکه دانش آموزانشان چگونه یاد می گیرند و چه بخشهایی از آموزش کلاسی که در فرایند یادگیری ارزشمند است به دست می آورند. اما این بصیرتها به ندرت از آنها به دیگران منتقل می شود. به نظر می رسد که روشهای آموزشی چرخه ای را از یک مُد به مُد دیگر طی می کند و به ندرت به صورت دانشی درمی آید که چنانکه دانشمندان انتظار دارند رشد کند و به اوج برسد. در این مقاله من ماهیت شناخت از جهان فیزیکی و تدریس دربارهٔ آن را بررسی می کنم. عامل تعیین کننده استفاده از «فرهنگ علم» ـ یعنی مجموعه فرایندهایی است که امکان تشکیل پایگاه علمی مورد موافقت جامعه را فراهم آورد. اجزاء آغازین پایگاه معلومات آموزشی مورد بحث قرار می گیرد و مثالهایی از تحقیقات انجام شده در زمینه آموزش فیزیک داده خواهد شد.

مقدمه: چرا علم باعث انباشت معلومات می شود در حالی که به نظر می رسد آموزش چنین نیست؟

در سال ۱۹۰۳ رابرت میلیکان اولین جلد از برنامه درسی دو جلدی خود دربارهٔ فیزیک پایه را منتشر ساخت. در پیشگفتار این جلد او چنین نوشته است:

جدی ترین انتقادی که می توان به کار آزمایشگاهی جدید در فیزیک کرد این است که این کار اغلب به صورت پیروی کورکورانه از دستورالعملها درآمده است، و بنابراین ارزشی فراتر از یک فعالیت فریب کارانه ندارد. اگرچه مهارت در کار با وسایل و تنظیم آنها مهم است، اما اغلب چنان بر آن تأکید می شود که اغلب مهارت در کاربرد وسایل، درک اصول را که باید هدف اصلی دروس فیزیک عمومی باشد تحت الشعاع قرار می دهد.

او ویژگی دورهٔ جدید خود را که در آن درسهای کلاسی و کار آزمایشگاهی ارتباطی بسیار نزدیک دارند مورد بحث قرار می دهد. پریسیلا لاوز[1] قبلاً درس میلیکان بر مبنای کار آزمایشگاهی را به تفضیل در سخنرانی میلیکان سال ۱۹۹۶ بررسی کرده است، بنابراین به جزییات آن نمی پردازم. چهارده سال بعد، در سال ۱۹۱۷ میلیکان کتاب کوچکی به نام الکترون را منتشر ساخت. این کتاب شامل بحثی دربارهٔ عزم میلیکان در این مورد است که منطقی است الکترون را دارای بار ثابت در نظر بگیریم.

پس در اینجا، دلیل سرراست و بدون تردیدی وجود دارد که الکترون یک وسیلهٔ آماری، نیست، بلکه بار الکتریکی است که در یونهایی یافت می شود که یا دقیقاً دارای این مقدار هستند و یا ضرایب صحیحی از آن.

معنی تلویحی اظهارنظرهای میلیکان دربارهٔ سرشت الکترون تقریباً در تمام کتابهای فیزیک مقدماتی پس از انتشار این نتایج آمده است. در واقع، این موضوع که بار الکترون مقادیر پیوسته اختیار می کند یا گسسته هرگز به عنوان یک امکان در نظر گرفته نشده است، نتیجه او به خوبی با موضوع عجین شده است. اما امروزه افراد کمی از تحولی که برنامه

درسی میلیکان به وجود آورد آگاه‌اند، و توصیف مطالبی که وی با آنها سر و کار داشت هم جدید به نظر می رسد و هم مناسب. نوع برنامه درسی که او برای فیزیک در سطح کالج به وجود آورد از میان رفت و در طول تقریباً ۱۰۰ سال پس از پیشنهاد آن به طور منظم ظاهر شد و مجدداً از میان رفت. شاید بهترین اظهارنظر در این مورد این گفتهٔ ملبا فیلیپس[۲] باشد: «مشکل مسائل مربوط به آموزش فیزیک آن است که این مسائل هرگز حل شده باقی نمی مانند.»

پس چه چیزی این امکان را به ما می دهد که معلومات خود در مورد فیزیک را به طور فزاینده زیاد کنیم در حالی که به نظر می رسد در آموزش فیزیک محکوم به پیمودن چرخه های ابدی بالا بردن تخته سنگ سزیف از تپه و غلتیدن آن به پایین آن هستیم؟ چرا به نظر می رسد که هرگز نمی توانیم آنچه را در مورد آموزش فیزیک فرا گرفته ایم با دیگران تقسیم و آن را به نسلهای بعد منتقل کنیم؟

آیا راهی برای خروج از این موقعیت نامطلوب وجود دارد و یا این بخشی از ماهیت آموزش و افراد بشر است؟

به منظور درک اجزای لازم برای انباشت معلومات دربارهٔ آموزش فیزیک، باید ببینیم چه عاملی در فیزیک (و به طور کلی علوم) وجود دارد که به انباشت موفقیت آمیز معلومات در این زمینه ها می انجامد. این مقاله را با بحث در مورد سرشت معلومات علمی آغاز می کنم و عواملی را در نظر می گیریم که به انباشت معلومات می انجامد. سپس به بحث در مورد محیط درونه گیری آموزش فیزیک ـ اصول کلی نظریه یادگیری که دانشمندان شناخت و نظریه پردازان آموزش به وجود آورده اند می پردازم. سپس، مثالهایی در این زمینه ارائه خواهم کرد که چه اطلاعاتی از پژوهش در آموزش فیزیک به دست می آید. مقاله را با بحث در این مورد که چگونه کارهایی در زمینه علمی چون آموزش فیزیک وارد فیزیک می شود و ارزشی که این کار برای جامعه فیزیکدانان دارد به پایان می برم. در سراسر مقاله، به بحث در مواردی می پردازم که مباحثه برانگیز یا گیج کننده اند و یا معمولاً به غلط تفسیر می شوند.

فرایند علم یک طرح کلی صحیح (اما تقریبی) از دنیای فیزیکی تولید می کند.

اغلب می گوییم که هدف علم کشف قوانین طبیعت است. این گفته برای اهداف ما به اندازهٔ کافی دقیق نیست. بهتر است بگوییم که می کوشیم تا حد امکان بهترین راه تفکر دربارهٔ جهان را به وجود آوریم. این موضوع دانش را درست در جایی که باید ـ یعنی در مغز دانشمند ـ قرار می دهد.

یک راه مناسب برای فرایند علم کشیدن یک نقشه است. نقشهٔ جهان را نباید با خود جهان اشتباه گرفت. ولی با وجود این، نقشه برای به دست آوردن ایده‌ای از جهان ارزش فراوان دارد. آنچه شاید بیشترین اهمیت را در مورد نقشه علمی جهان دارد این است که این نقشه چیزی فراتر از مجموعه ای از نقشه های تک تک دانشمندان است. فرهنگ علم شامل بر هم کنش، تبادل، ارزیابی و انتقادی است که می توانیم از دیدگاههای یکدیگر بکنیم. این موضوع پدیده‌ای را به وجود می آورد که من آن را ***پایگاه اطلاعاتی مورد توافق جامعه*** یا به طور خلاصه تر ***نقشهٔ جامعه*** می نامم. من این نقشه را یک اطلس ایده آل علوم در نظر می گیرم. همان طور که یک اطلس شامل نقشه های بسیار است، اطلس علوم نیز شامل بسیاری زمینه های منطقی اما ناکامل معلومات است. انتظار داریم که این زمینه ها در هنگام تداخل با یکدیگر سازگار باشند، اما معلوم نیست که بتوان تمام عالم را در یک نقشه قرار داد. هیچکس به تنهایی هر قدر هم که با استعداد باشد، نمی تواند نقشه ای مانند این نقشه مورد توافق جامعه را بسازد. این فرایند در شکل ۱ خلاصه شده است.

اگر هیچکس به تنهایی نقشه کامل را در اختیار ندارد، چرا من بر این باورم که این نقشه وجود دارد؟ نقشه های واقعی را به روشی مشابه روشی که علوم را به وجود می آوریم می سازند. این نقشه را نقشه برداران فراوان به وجود می آورند. یک نقشه بردار هرگز به تنهایی همهٔ اندازه گیریهایی را که مثلاً به نقشه یک کشور منجر می شود انجام نداده است. به علاوه، به لحاظ جزییات، هر اطلس با اطلس دیگر تفاوت دارد، اما تردیدی نیست که هیچ اطلس کاملی نمی تواند وجود داشته باشد (اگرچه البته این اطلس باید دینامیک و محدود به تحلیل کنونی باشد). در ریاضیات، اگر یک سری توابع داشته باشیم که به صورت معین به یکدیگر نزدیکتر و نزدیکتر شوند، می گوییم که این سری دارای ویژگی کوشی است. حتی اگر نتوانیم به صورت تحلیلی یک حد واقعی بیابیم، خوب است که چنان

رفتار کنیم که گویی چنین حدی وجود دارد. ساختارهای ریاضی طبیعی این مجموعه توابع رفتاری بسیار زیباتر خواهند داشت. اگر مجموعه‌ای از دنباله‌های کوشی را به فضای خود بیفزاییم. مانند آن است که اعداد طبیعی را که بین اعداد گویا قرار دارند اضافه کنیم. ما هرگز نمی‌توانیم آنها را به دقت محاسبه کنیم، اما اگر آنها را کنار بگذاریم توصیف فرایند حرکت بسیار دشوار می‌شود.

در بسیاری از حوزه‌های فیزیک دنباله، برای تمام اهداف عملی، همگرا شده است. توافق جامعه در مواردی چون مکانیک کلاسیک سیاره‌های منظومهٔ شمسی یا ترمودینامیک گازهایی که با یکدیگر برهم‌کنش چندانی ندارند بسیار شدید است، چون تحلیل مربوط به بیشتر مسائل در این زمینه‌ها را می‌دانیم. درست همان طور که به نقشه‌ای از نیویورک که ترکهای موجود در پیاده‌روها را نشان می‌دهد نیاز نداریم (یعنی وجود آن را لازم نمی‌دانیم) محاسبهٔ محل ماهواره‌ها با دقت نانومتر را نیز ضروری نمی‌دانیم.

به وجود آوردن یک نقشه کلی برای آموزش

اگر آنچه دربارهٔ آموزش فیزیک فرا می‌گیریم به یک نقشه کلی پایدار و در حال رشد بینجامد، جامعه باید عقاید و فرضیه‌های کنونی را دربارهٔ نقدها و پرسشها به صورت مستند درآورد. این موضوع به ویژه در مورد آموزش اهمیت فراوان دارد.

رفتار انسان در تمام زمینه‌ها را تفکر آرزومندانه یعنی این تمایل افراد تعیین می‌کند که می‌خواهند باور کنند آنچه را می‌خواهند حقیقت داشته باشد واقعی است. تا اندازه‌ای، مهمترین بخش فرایندی که توسط آن علوم پایگاه اطلاعاتی مورد توافق جامعه را می‌سازد بخشی است که تفکر تک تک دانشمندان را می‌کاود و بخشهای آرزومندانه را کنار می‌گذارد.

بخشهایی از فرایند که برای کار ما بیشترین اهمیت را دارد عبارت‌اند از:

- انتشار نتایج، که با دقت کافی و کامل مستند شده باشد به طوری که دیگران بتوانند آنها را ارزیابی و تکرار کنند.
- ارزیابی و نقد نتیجه یک محقق با دیگران از طریق ارجاع، ارائه و بحث در همایشها و از طریق ارزیابیها و گسترشهای بعدی.

وقتی نوبت آموزش می‌رسد، تفکر آرزومندانه نه تنها وجود دارد، بلکه بسیار گسترده است و می‌تواند شکلهای گوناگون به خود بگیرد.

(۱) یک معلم متعهد و فرهمند ممکن است، به واسطهٔ شخصیت ممتاز خود، باعث شود که شاگردان بسیار بالاتر از سطح متداول بیاموزند. سپس این معلم ممکن است بکوشد تا برنامه درسی خود را به افراد کمتر فرهمند گسترش دهد و دریابد که روش او دیگر چندان مؤثر نیست.

(۲) معلمی که درس را به صورت نامعقول مشکل تدریس می‌کند ممکن است دریابد که شاگردان چیز چندانی فرا نمی‌گیرند و از درس به شدت بیزارند. در این موارد اغلب به این اظهارنظرها برمی‌خوریم که «وقتی آنها بزرگتر شدند متوجه می‌شوند که حق با من بوده است و قدر این درس و چیزی را که فراگرفته‌اند خواهند دانست».

(۳) معلمی که در مورد فراگیری کم شاگردان خود نگران است؛ ممکن است در درس خود تغییراتی برای بهبود وضعیت بدهد، اما متوجه شود که این تغییرات تأثیری نداشته‌اند. در این موارد به این اظهارنظر برمی‌خوریم «خُب، این شاگردان در هیچ شرایطی قادر به یاد گرفتن فیزیک نیستند».

خود من هر یک از این پاسخها را از همکارانی که به علم و کوششهای آنها ارج بسیار می‌نهم شنیده‌ام.

اساس نقشه

اگر بخواهیم بفهمیم در کلاسمان چه می‌گذرد، باید شاگردان را به خوبی بشناسیم تا قادر به درک فرایند آموختن آنها باشیم. آموختن فرایندی پیچیده است. از زمان سقراط، معلمان اصولی را برای آموزش مؤثر و آموختن بر مبنای شناخت رفتار انسان به وجود آورده‌اند. اما فقط از قرن نوزدهم روان‌شناسان شروع به بررسی مسئله آموزش انسان کرده‌اند. از آن زمان به بعد جامعهٔ روان‌شناسی اغلب خود را با بن‌بستهای مختلف مواجه دیده است. طرفداران فروید و رفتارگرایان مرتکب این اشتباه شدند که کوشیدند بر اساس چند شناخت مناسب نظریه‌های عمومی به وجود آورند. یک درس که از تاریخ فیزیک می‌آموزیم این است که به ندرت می‌توان نظریه‌ای به وجود آورد که از

آزمایشهای دقیق پیشی بگیرد.

در خلال قرن بیستم، روان شناسان و متخصصان آموزش گامهای بنیادی چندی برداشتند که هستهٔ یک نقشهٔ مشترک را تشکیل می دهد و این امکان را برای ما فراهم می سازد که بفهمیم مردم چگونه می آموزند و چگونه می توان آنها را به طور مؤثر آموزش داد.

روان شناس سویسی ژان پیاژه[۳] پیشرفت وسیعی را در یادگیری علوم در نیمهٔ اول قرن بیستم به وجود آورد. او کار خود را با مشاهدات دقیق اینکه چگونه فرزندانش دربارهٔ جهان اطراف خوداطلاع به دست می آورند آغاز کرد و کتابهای بسیاری را دربارهٔ مشاهدات تجربی دربارهٔ آموزش و استدلال کودکان و جوانان به وجود آورد. هستهٔ مرکزی چیزی که پیاژه آموخت آن است که ذهن با پردازش داده های حسی دیدگاه منسجمی از جهان به وجود می آورد که آن را بدیهی می گیریم. از این فرایند ایدهٔ اشیاء، طبقه بندیها، و طرحهای پیچیده تر وابستگی به وجود می اید. اگرچه نظریه هایی که پیاژه به وجود آورد به طور قابل ملاحظه ای اصلاح شده اند، اما بیشتر آنچه او متوجه آن شد هنوز معتبر است، و آنچه او دربارهٔ آموزش فهمید از آن زمان تاکنون با تعلیم و تربیت ارتباط دارد. این اصول را معمولاً *ساختمان گری*[۴] می نامند. یک ایده مهم دیگر را پیروان روان شناس روسی لو وایگوتسکی[۵] در روان شناسی و آموزش توسعه دادند. آنها به نقش مهم برهم کنشهای اجتماعی در فرایند آموزش اشاره کردند. این کار تأثیر مهمی در نظریه های جدید تدریس و آموختن داشته است.

در نیم قرن اخیر رشد قابل ملاحظه ای در درک فرایندهای شناخت در تمام سطوح به وجود آمده است. امروزه، ابزار مدرن (که بسیاری از آنها را فیزیکدانان به وجود آورده اند) به دانشمندان علم اعصاب امکان داده است که نگاهی به ساختار کامل با استفاده از جزییات نهفته در فرایندهای شناخت بیفکنند. اما مطالعات تفصیلی مربوط به مسیرهای طبیعی که توسط آنها یک گربه یک سیگنال مربی از متغیرهای کوچک به دست می آورد به اندازه ای مفصل اند که نمی توانیم با استفاده از آن مسائل عملی آموختن را حل کنیم. ما به متغیرهای جمعی نیازمندیم. احتمال دارد مدتی طول بکشد تا توصیف کاملی از شناخت با توجه به جزییات در اختیار ما قرار گیرد و حتی اگر چنین تصویری وجود داشته باشد، هنوز به توصیف شاگردان و کلاسهای درس که برای طراحی درسهای مؤثر ضروری هستند نیاز خواهیم داشت.

در چند دههٔ گذشته، پژوهشگران تعلیم و تربیت مطالب زیادی را دربارهٔ آنچه در کلاسهای درس به وقوع می پیوندد فهمیده اند. این معلومات به خوبی با آنچه از علم شناخت می دانیم هماهنگ است و این امکان را فراهم می سازد که بتوانیم بعضی از اجزاء نقشه کلی را که در حال به وجود آمدن است شناسایی کنیم.

چارچوب نقشه

من پنج اصل کلی را از آنچه روان شناسان و متخصصان تعلیم و تربیت به دست آورده اند برگزیده ام. این اصول به عنوان چارچوب نقشه کلی ما عمل می کنند و این امکان را به ما می دهند که بفهمیم در کلاس درس فیزیک چه رخ می دهد.

(۱) **اصل ساختمان گری**: افراد معلومات خود را با پردازش اطلاعات دریافتی به دست می آورند، و طرحهای وابستگی با معلومات موجود را می سازند.

(۲) **اصل زمینه**[۶]: آنچه افراد می سازند به اوضاع و احوال ـ از جمله حالتهای روانی آنها بستگی دارد.

(۳) **اصل تغییر**: به وجود آوردن تغییر قابل ملاحظه در یک طرح کاملاً تثبیت شده دشوار است اما می توان آن را از طریق سازوکارهای شناخته شده آسان ساخت.

(۴) **اصل تابع توزیع**: افراد تغییرات محدود و قابل ملاحظه ای را در روش آموختن در امتداد تعدادی ابعاد از خود نشان می دهند.

(۵) **اصل آموختن اجتماعی**: برای اغلب افراد، آموزش به مؤثرترین وجه از طریق برهم کنشهای اجتماعی صورت می گیرد.

سه اصل اول مربوط به ایدهٔ ساختمان گری و چگونگی تحقق بخشیدن آن است. اصلهای ۱ ـ ۴ به تفصیل در جمع بندی کوتاه من از علم شناخت که چند سال قبل در چند مجله منتشر شد آمده است. اصل پنجم خلاصهٔ کار مهم وایگوتسکی و پیروان او در مورد آموختن جمعی است.

اصل آموختن اجتماعی را مخصوصاً باید فیزیکدانان به خاطر داشته باشند. فیزیکدانان به عنوان یک گروه از بسیاری

جنبه ها غیرعادی هستند. آنها در دنباله پایانی توزیع کنجکاوی، استقلال عقلانی، و مهارت ریاضی قرار دارند. به علاوه، فیزیکدانها اغلب در آموختن بسیار خودکفا هستند. شنیده ام که دیوید هالیدی[۷]، مؤلف معروف کتاب درسی فیزیک گفته است که آنچه بیش از هر چیز باعث رضایت خاطر او می شده نشستن در یک اتاق ساکت و مرور کتابهای درسی مختلف بوده است در حالی که می کوشیده درک کند که آنها چه چیزی را می خواهند بگویند. بسیاری از ما دارای همین تمایلات هستیم. فیزیکدانان به عنوان یک گروه ظاهراً چنان برگزیده شده اند که بتوانند به تنهایی بیاموزند. اما در بررسی تجربیات شخصی خودم، متوجه شده ام که در آموختن در تنهایی من، قابلیت خلق «موجودی درونی» دخیل است تا دیدگاههای مختلف را در نظر بگیرید و در مورد یک موضوع عقلانی با من بحث کند. به نظر می رسد که این ویژگی چندان متداول نیست و نمی توان آن را برای کل جمعیت شاگردان تعمیم داد.

تفسیر نقشهٔ جامعهٔ آموزش: ساختمان گری علمی

اصول اولین پیش نویس نقشه جامعه برای آموزش فیزیک به لحاظ ویژگی با قوانینی که برای نقشهٔ جامعهٔ دنیای فیزیکی می نویسیم تفاوت دارد. این نقشه ها بیشتر شبیه قضایای ریاضی و بسیار شبیه روشهای اکتشافی هستند. این موضوع شگفت انگیز نیست، چون پدیده های مورد بحث پیچیده تر و در مراحل اولیه تر توسعه هستند. در واقع، بعضی از آنها هنوز بسیار مباحثه برانگیز هستند. دو واقعیت مخصوصاً باعث سردرگمی بسیار شده است.

- حتی دیدگاه مورد توافق جامعه در مورد علوم کامل نیست.
- هر فرد علم مخصوص به خود را به وجود می آورد.

شکافهای موجود در نقشهٔ جهان فیزیکی

این واقعیت که علوم نقشه کاملی را به وجود نمی آورند باعث شده است که بعضی ادعا کنند که علوم کامل نیستند، این موضوع کاملاً واقع بینانه نیست. این نگرانی بعضی از پسانوگرایان در بعضی زمینه ها، شبیه نگرانی فیلسوفانی است که به واسطهٔ پارادوکس زنون[۸] گیج شده بودند. لزوم نگرانی دربارهٔ این نبود کمال در علوم بیش از نگرانی دربارهٔ دانستن عدد دقیق π و یا تابع Sin به طور کامل نیست. با نگرش کاملاً واقع گرایانه، نه عدد π و نه Sin وجود ندارند. اما، آنها را با دقتی که ضروری است می دانیم. البته سایه ای که بین ریاضیات و معلومات کامل وجود دارد بسیار کمتر از سایه میان فیزیک و معلومات کامل است.

به عنوان مثال، یک ضعف بنیادی به لحاظ سازگاری مکانیک کلاسیک در واکنشهای تابشی به وجود می آید. حضور مشتق سوم مکان در معادله حرکت ایجاب می کند که بتوانیم شتاب را اختیاری بگیریم و تفسیر قانون دوم نیوتون را دست کم بگیریم. اما پارامترهای دخیل نشان می دهند که اگر بتوانیم واکنش تابش را به صورت اختلالی در نظر بگیریم، شرایط معمولاً برخورد کوانتوم مکانیکی با حرکت الکترون را ایجاب می کند. بنابراین، نگران این مسئله نیستیم زیرا می دانیم که مکانیک کلاسیک یک تقریب است.

امروزه ارزش مکانیک کلاسیک مانند ترمودینامیکی است که توسط انیشتین توصیف شد. «هرگز نمی توان غلط بودن آن را ثابت کرد» اما محدودیتهای آن و سیستمهایی که می توان آن را در آنها به کار برد می دانیم.

شکافهای موجود در نقشهٔ آموزش علوم

این واقعیت که هر فرد علم (و هر چیز دیگر) را برای خودش می سازد به معنای آن است که معلم و معلم او همه همان فرایندی را طی کرده اند که شاگرد طی می کند. این مسئله باعث شده که بعضی متخصصان آموزش توجه خود را در درجه اول به تجربهٔ شاگرد در کشف و خلق ایده ها متمرکز کند. بدون اینکه صحیح بودن این ایده ها را در نظر بگیرند. این مسئله باعث نادیده گرفتن دو نکته اساسی زیر می شود: اینکه ما می کوشیم تا به شاگردان خود آموزش بدهیم و فرهنگ را منتقل کنیم، و نه اینکه تنها اعتماد به نفس آنها را بالا ببریم. و اینکه علم نمایانگر معلومات اجتماع است و نه یک فرد.

در آموزش مانند علم، انتخاب ما منحصر به داشتن یک نقشهٔ جامعه کامل یا کنار گذاشتن ایدهٔ نقشه نیست. این واقعیت که بسیاری از افراد از کشف بزرگ پیاژه سوءاستفاده و یا آن را بد تعبیر می کنند از اهمیت آن وقتی درست به کار

برده شود نمی کاهد. پیاژه و پیروانش به ما نشان داده اند که افراد ورودیهای حسی خود را می گیرند و آنها را بر مبنای ساختارشناختی خود که قبلاً معین شده است تفسیر می کنند. آیا این بدان معناست که تمام معلومات ما الزاماً تقریبی است؟ آیا این موضوع نشان می دهد که ارجاع معلومات به خود آن است؟ خُب، می توانیم با این موضوع کنار بیاییم. به عنوان فیزیکدان، جامعه ما از جنبه های مختلف با هر دو مسئله دست و پنجه نرم کرده است. پارادوکس زنون دیگر باعث نگرانی ما، که متوجه محدودیت آنچه به دست می آوریم شده ایم، نمی شود. نظریهٔ حرکت به خوبی درک شده است و مورد استفاده عملی فراوان دارد. همین طور سیستمهای خود ـ مرجع، خوانندگان احتمالاً به خوبی می دانند که مکانیک کوانتومی به صورت گیج کننده ای خود ـ مرجع است.

وقتی نوبت مکانیک کوانتومی می رسد، جامعه ما به واسطهٔ دشواریهای اندازه گیری خود ـ مرجع تصمیم گرفت که گرهٔ گوردین[9] را ببرد. به رغم مباحثات کلی و این گزاره ها که تفسیر کپنهاگی پذیرش عام یافته است. در عمل وضعیت بسیار ظریف تر است. اغلب فیزیکدانهای کوانتومی وقت چندانی را صرف نگرانی دربارهٔ نظریه اندازه گیری نمی کنند. بدیهی است که موضوع پیچیده است و سازوکارهای مختلفی را می توان مجسم کرد که جهان کلاسیک ماکروسکوپی ما را از طریق دینامیکهای زیربنایی که اساساً کوانتوم مکانیکی هستند به وجود آورد. من انتظار دارم که درک ساختار حالتهای کوانتومی ماکروسکوپی که اکنون از طریق سیستمهای لیزری و ابررسانا صورت می گیرد، سرانجام به شناخت بسیار بهتر سرشت واقعی خصلتهای غیرعادی کوانتومی بینجامد (و حتماً نکات شگفت انگیز و جالب توجهی در انتظار ماست). خوشحالم که بخش کوچکی از جامعهٔ ما با پشتکار این مسائل را بررسی می کند. این موضوع که مشکلات مانع از آن نشده اند که بقیه ما به بررسی شناخت و استفادهٔ عملی (اگرچه ناکامل) از مکانیک کوانتومی ادامه دهیم حتی بیشتر باعث خوشحالی است.

من پیشنهاد می کنم که ایده ساختمان گری را به همین ترتیب در نظر بگیریم. ما اصولی را که در بالا ذکر شد به عنوان فرضیه های کاری که باید با مشاهده و تجربه تصحیح و آزموده شوند در نظر می گیریم. در صورت امکان، از مواردی که کاربرد آنها تضعیف کننده است اجتناب می کنیم. اگر این کار ممکن نباشد، به تجربه و عقل سلیم اعتماد خواهیم کرد. من این رهیافت را ***ساختمان گری علمی*** می نامم.

کاربردهای نقشه آموزش برای تدریس علوم

تعدادی از متخصصان آموزش، حتی وقتی انتقال فرهنگ دانش آموزان به نقشه جامعه علوم را می پذیرند، این نقشه را به حالت حدی «آموزش اکتشافی ناب» سوق می دهند. در این مدل، فرض می شود که معلم با کمک به شاگردان مانعی در راه خلاقیت آنها به وجود نمی آورد. در این مدل تأکید بیشتر بر آموختن فرایند علم است و نه محتوای آن. اگرچه بدیهی است که آموختن فرایند علم برای شاگردان اهمیت دارد، اما بسیاری از ما این رهیافت را برای شاگردان دورهٔ پیش دانشگاهی بسیار مأیوس کننده و ناکارآمد می یابیم. حتی در بهترین شرایط و محیطها زمان زیادی طول می کشد تا شاگردان ایده های علمی صحیح پیدا کنند. یک رهیافت کاملاً اکتشافی ممکن است برای بعضی از شاگردان مناسب باشد، اما نمی توان آن را برای کسانی که می خواهند در رشته های مهندسی، علمی و فن آوری ادامه تحصیل بدهند و باید چیزهای زیادی را بیاموزند مناسب دانست.

ساختمان گری علمی این امکان را فراهم می سازد که فراتر از دوگانگی غلط «ساختمان گری در مقابل محتوا» برویم. یک ساختمان گر علمی ممکن است این پرسش را مطرح کند: با هدف درک مجموعهٔ معینی از مواد محتوایی، بهترین راه خلق محیطی که در آن بخش اعظم شاگردان در چارچوب زمانی معین به این هدف برسند کدام است؟

لیلیان مک درموت[10] و همکارانش یک رهیافت اکتشافی به وجود آورده اند که شامل خط مشی «محکم» است. این رهیافت فرضهای ساختمان گری علمی را با ضرورت «پوشش» بخشهای مهمی از موضوعهای آموزشی به علاقه مندان به علوم و فن آوری در سطح پیش دانشگاهی ترکیب می کند. این مثالی از این واقعیت است که در حالی که آموزش اکتشافی ناب ممکن است برای آموزش به علاقه مندان به علم ارزش محدودی داشته باشد، اما اکتشاف به شدت هدایت شده بسیار ثمربخش است. با این

روش هم می توانیم به بخش اعظم شاگردان دسترسی داشته باشیم و هم موفق تر از رهیافت سنتی باشیم.

آموزش سنتی بر مبنای سخنرانی نشان می دهد که درک نسبتاً خوب علوم را می توان به ۵٪ جمعیت برگزیده آموزش داد. کاربرد آموزش اکتشافی ناب نشان می دهد شاگردانی که از لحاظ ریاضی ضعیف هستند را می توان چنان راهنمایی کرد که خودشان ساده ترین ابزار و اصول علم را کشف کنند. پژوهش انجام شده با بهره گیری از *فیزیک با کنجکاوی* مک درموت و *تمرینهای فیزیک مقدماتی* (و کارهای لاوز[۱۱]، تورنتون[۱۲] و سوکولوف[۱۳] که پیروان روش او هستند) نشان می دهد به بخش اعظم دانش آموزان می توان کمک کرد تا شناخت محکم و عمیقی از بسیاری مطالب پیچیده به دست آورند.

در یک مثال، مک درموت و گروه اش توانستند که با سه ساعت کارآموزی دقیقاً هدایت شده در یک محیط متشکل از یک گروه کوچک به کمک دستیاران فارغ التحصیل، به ۸۵٪ شاگردان در یک کلاس فیزیک بر مبنای حسابان یاد بدهند که طرح نور تشکیل شده بر روی یک پرده را با هر ترکیبی از لامپها و پوششهایی به شکل مختلف بسازند. نرخ موفقیت آموزش سنتی با همان شاگردان ۲۵٪ بود. کار تاکر[۱۴] و همکاران با استفاده از روش مک درموت به معلمان مدارس ابتدایی یاد دادند که رفتار کیفی مدارهای پیچیده را مؤثرتر از شاگردان برجسته فیزیک با آموزش سنتی تحلیل کنند. مثالهای بسیاری در نشریات منتشر شده وجود دارد

ساختن نقشه آموزش فیزیک

یک جزء مهم ساختن یک نقشه جامعه برای آموزش استفاده از دو ابزار بنیادی علوم یعنی مشاهده و تحلیل است. پدیده های آموزشی این امکان را به ما می دهند تا مشاهدات را در آزمایشهای کنترل شده انجام دهیم، اما آزمایشهای مربوط به آموزش فیزیک از چند جنبه با ایده آل سازی آزمایش فیزیک سنتی تفاوت دارد. بعضی از این تفاوتها عبارت اند از:

(۱) توانایی محدود در شناسایی و کنترل تمام متغیرها

(۲) لزوم استفاده از یک کاوهٔ شدیداً برهم کنش کننده، و (۳) درجه کمّی سازی مناسب.

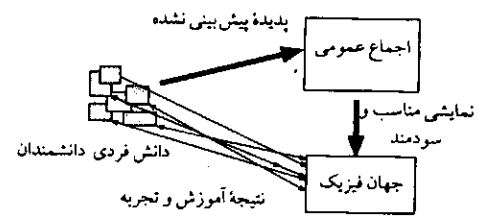
توجه کنید که به *ایده آل سازی* آزمایش فیزیک سنتی اشاره کرده ام. در عمل، آزمایشهای واقعی ما به ندرت در این مُد برازش می یابند. مشکلات مربوط به انجام آزمایشهای دقیق آموزشی همگی دارای مشابه در پژوهش فیزیک سنتی هستند.

کلاسهای درس، شاگردان و معلمان همگی سیستمهای پیچیده اند. آزمایشهای با این سیستمهای پیچیده شامل متغیرهای بسیار است که بعضی از آنها ناشناخته اند. تعیین تأثیر تجربیات قبلی و محیط فرهنگی بر شاگردان و معلمان دشوار است.

آموزش رسمی شاگردان قبل از ورود به دانشگاه ممکن است تأثیر بسیاری در تفسیر آنچه به آنها درس می دهیم داشته باشد. مانند مورد پژوهش فیزیک سنتی، شناسایی تمام متغیرهای مربوطه و یا انجام آزمایش کاملاً کنترل شده که در آن فقط یک متغیر تغییر کند تقریباً غیرممکن است ـ گاهی این کار اصولاً غیرممکن است. به عنوان مثال، آزمایشهای کوانتومی در سطح یک رویداد قابل تکرار نیستند. اگرچه فرض می کنیم که تمام الکترونها، بر خلاف افراد، مشابه اند، ولی نمی توان آزمایشی را به گونه ای کنترل کرد که هر الکترون دقیقاً یکسان رفتار کند. در موارد مربوط به الکترونها و افراد، فقط رفتار جمعیت آنها را می توان به صورت قابل اطمینانی پیشگویی کرد. به علاوه، نمی توانیم هر آزمایش دلخواهی را بر روی شاگردان خود انجام دهیم. ملاحظات اخلاقی نیز قیودی بسیار جدی هستند. اما، تجربه نشان داده است که نتایج آموزشی موثق و تکرارپذیری را می توان به دست آورد که برای توسعه تعلیم مؤثر بسیار سودمندند (یک مثال در زیر آمده است)

در یک آزمایش فیزیک ایده آل سازی شده، سعی می کنیم اطمینان یابیم که تأثیر کاوه بر سیستم مورد اندازه گیری اندک است. اما، یافتن این کاوه، مخصوصاً در سیستمهای شدیداً بر هم کنش کننده، همواره ممکن نیست. اگر بخواهیم ویژگی بعضی حالتهای برانگیخته یک هسته را بررسی کنیم باید از کاوه ای استفاده کنیم که با این حالتهای برانگیخته (مثلاً، نوکلئون یا مزون) به شدت برهم کنش کند. اما، ممکن است برهم کنش این کاوه ها در هنگام ورود یا خروج با هسته شدیدتر از هنگام برانگیزش

حالت موردنظر باشد. این برهم کنش شدید می تواند به عدم قطعیتها و ابهامهایی در مورد اطلاعات به دست آمده از هسته بینجامد. از طرف دیگر، جفت شدگی ضعیف نیز همواره در پژوهش آموزش فیزیک مطلوب نیست. به عنوان مثال، برای نتیجه گیری دربارهٔ اینکه در ذهن شاگردان چه می گذرد، پژوهشگر اغلب باید برهم کنشی قوی با آنها داشته باشد یعنی مستقیماً با آنها صحبت و سؤالهای زیادی از آنها بکند.



شکل ۱ ـ نمایش فرایند ساخت نقشه علمی جهان

درجه کمّی سازی نیز باید متناسب با شرایط مورد مطالعه باشد. در آزمایشهای فیزیک سنتی، هدف به دست آوردن نتایج کمّی با خطاهای اندازه گیری مشخص و تا حد امکان کوچک است. اما، نتایج کمّی معنی دار را نمی توان بدون شناخت کیفی دقیق از فیزیک دخیل در مسئله به دست آورد. در مطالعاتی که در آنها شاگردان دخیل اند، ارزش نتایج کمّی به شناخت ما از موارد کیفی، که شناخت ما از آنها معمولاً بسیار کمتر از سیستمهای فیزیکی است، بستگی دارد. برای اینکه عمق معلومات شاگردان و سرشت مشکلات آنها را تعیین کنیم، باید استدلال نهفته در پاسخهایشان را بکاویم. تحلیل داده های عددی به تنهایی نمی تواند به نتیجهٔ گیریهای نادرست بینجامد. بررسیهای متصل با تعداد کمی از شاگردان می تواند برای شناسایی مشکلات مفهومی و استدلالی که در آزمونهای بزرگ مقیاس بدست می روند بسیار مفید باشد. از طرف دیگر، اگر جمعیت دخیل بسیار محدود باشد، نتایج می توانند بتعارف باشند و اطلاعات زیادی از دست برود.

یک موضوع دیگر دربارهٔ آزمایشهای آموزش که در ظاهر متفاوت از تجربیات ما در فیزیک به نظر می رسد مسئله ای است که اغلب بعضی متخصصان علوم اجتماعی به غلط آن را «ذهن باوری[15]» می نامند. در هدف ما از شناخت اینکه در روند آموزش چه می گذرد، بسیاری از پژوهشگران (از جمله خود من) می کوشیم تا بفهمیم در ذهن شاگردان، چه می گذرد. معترضان می گویند که هرگز نمی توانیم واقعاً با مشاهدهٔ مستقیم پی ببریم که در ذهن افراد چه می گذرد پس بهتر است دربارهٔ آن نیز صحبت نکنیم. من این ایرادها را از بعضی فیزیکدانها نیز شنیده ام. به نظر من این موضوع عجیب است، چون در فیزیک ما تقریباً برای یک قرن با صحبت کردن دربارهٔ اجسامی که فقط با مشاهدات غیرمستقیم پیچیده به وجودشان پی برده ایم به پیشرفتهای عظیمی نایل شده ایم. می توانیم این کار را با نتیجه گیریهای ماکسول دربارهٔ اندازهٔ مولکولها شروع کنیم، که با نتیجه گیری رادرفورد از وجود هسته اتم در فرایندهای پراکندگی ادامه یافت، و با کشف کوارکها ـ که بسیاری از فیزیکدانها بر این باورند که هرگز نمی توانیم آنها را منزوی کنیم ـ به اوج رسید. با وجود این، ما صحبت کردن با توجه به این اجسام «مشاهده ناپذیر» را مفید می یابیم و فیزیک معاصر بدون وجود آنها به سختی می تواند کاری از پیش ببرد. همان گونه که در فیزیک یاد می گیریم، استنتاج وجود ساختارهایی که مستقیماً مشاهده پذیر نیستند جزءِ مهمی در به دست آوردن شناختی است که به خوبی کار می کند. برای نتیجه گیری دربارهٔ اینکه وقتی یک شاگرد دربارهٔ یک مسئله فیزیک می اندیشد در ذهن او چه می گذرد، باید ساختارها و فرایندهایی را در نظر بگیریم که در مصاحبه های نمایشی یا تشریفات فکر کردن با صدای بلند به طور مختصر به آنها اشاره می شود.

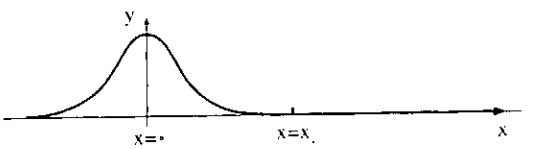
استفاده از نقشهٔ جامعه برای آموزش: بعضی مثالهای مشخص

پژوهش در آموزش که به ساخت یک نقشه جامعهٔ آموزش می انجامد می تواند بصیرتهای جدید و مهمی به وجود آورد که به مربیان کمک می کند تا آنچه را که در کلاس فیزیک می گذرد بفهمند. من چهار مثال می آورم تا امکان به دست آوردن اطلاعات گرانبهایی را از آزمایشهای آموزشی نشان دهم که ارزش به وجود آوردن برنامه های درسی بر مبنای اصول ساختمان گری را نشان می دهد.

۱ ـ ارزش مطالعات موردی انفرادی: یک مثال از امواج مکانیکی

مثال اول من نشان می دهد که گوش کردن دقیق به گفته های شاگردان در یک مصاحبهٔ تفصیلی می تواند نتایج شگفت انگیزی داشته باشد که به شناخت آنچه در کلاس درس می گذرد کمکی فراوان می کند.

به عنوان بخشی از پروژه ای برای به دست آوردن مواد آموزشی دربارهٔ امواج مکانیکی جف سول[۱۶]، مایکل ویتمن[۱۷] و من به دانشجویان درس فیزیک رشتهٔ مهندسی مسئله ای را دادم که در شکل ۲ آمده است.



شکل ـ۲

تپی را در نظر بگیرید که در امتداد یک تار سخت در جهت x+ منتشر می شود. نمودار بالا شکل تپ را در لحظه ۰ = t ثانیه نشان می دهد. فرض کنید که جابه جایی تار در این لحظه در مقادیر مختلف x، به صورت $y(x) = Ae^{-(\frac{x}{b})^2}$ *باشد.*

الف ـ روی نمودار بالا، شکل تار را وقتی به اندازه x_0 *پیش رفته است بکشید که* x_0 *در شکل نشان داده شده است. بگویید چرا آن را به این شکل رسم کرده اید.*

ب ـ برای لحظه ای از زمان که نمودار را کشیده اید، جابه جایی تار را بر حسب x بیابید. بگویید چگونه به این پاسخ رسیده اید.

اینکه بسیاری از دانشجویان نتوانستند معادله درست را بنویسند تعجب نکردیم، اما اینکه بسیاری از دانشجویان تپی را رسم کردند که اندازه اش به میزان قابل ملاحظه ای کوچک شده بود تعجب کردیم. من بحث تضعیف امواج روی تار را در درسم مطرح نکرده بودم و اگرچه پاسخ اصولاً صحیح بود، در سطحی که فکر کردیم کلاس دارد این موضوع بسیار پیشرفته بود. وضعیت وقتی که سول و ویتمن مصاحبه هایی چند را انجام دادند و از دانشجویان خواستند تا با فکر کردن دربارهٔ مسئله استدلال خود را بیان کنند روشن شد. یک دانشجو (بسیار موفق که سرانجام نمرهٔ الف گرفت) به صورت زیر پاسخ داد:

خُب، در یک تار دراز، سفت، اصطکاک یا اتلاف انرژی نباید قابل ملاحظه باشد: بنابراین موج باید همان ارتفاع، فاصله ـ وهمه چیز را داشته باشد. بنابراین، باید به صورت همان موج اولیه باشد.

نه، صبر کن، خُب ... جابه جایی [پس از خواندن] از رابطه ... . با نگاه کردن به تابع y ... . بگذار ببینم ... . حدس می زنم که بسیار کوچکتر از موجی باشد که رسم کرده ام، زیرا در ابتدا ـ x صفر است، چون e به توان صفر رسیده است پس ۱ می شود ... . و سپس x افزایش می یابد ... . e به توان منفی می رسد ... . بنابراین، اگر x افزایش یابد ... e به توان یک عدد منفی کوچکتر می شود. بنابراین تابع واقعی بسیار کوچکتر خواهد بود.

دانشجو با دیدگاهی شروع کرد که انتظار داشتیم ـ که تپ بدون کاهش قابل ملاحظه در اندازه اش تداوم می یابد. اما حضور معادله درمسئله ارتباطی را به وجود آورد که باعث شد تفسیر خود را مورد سؤال قرار دهد. او درمورد اینکه چگونه این تابع را بخواند و تفسیر کند سرنخ گم بود و مخصوصاً با دردسر کار با مسئله مشکل تابع یک متغیره به عنوان محدودیتی از تابع دو متغیره روبه رو بود. وقتی این را فهمیدیم، توانستیم نتیجهٔ این آزمون را تغییر کنیم، مدرکی که نشان می داد به رغم کوششهای مربی ای روشن بودن درس بسیاری از دانشجویان دچار این مشکل بودند، باعث شد برنامه درسی را به نحوی تنظیم کنم آموزشی که با آموزش گروهی هدایت شده بود) تا بتوند به طور موفقیت آمیزی با این مسئله برخورد کنند. با تمرکز در شناخت اینکه چگونه گروه کوچکی از دانشجوی پاسخهای (خود را به پرسش ما تنظیم می کنند توانستیم مسئله آموزشی را نشان دهیم.)

۲ ـ بررسی توزیع پاسخها در یک کلاس مثالی از نیروهای الکترو ـ و مغناطو ـ استاتیک

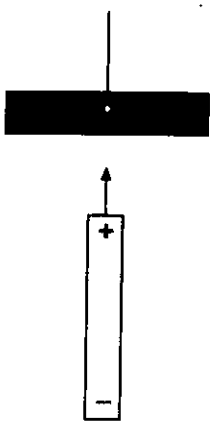
مثال دوم نشان می دهد که با کاوش دقیق شست کلاس می توانیم به نکته های تعجب آوری پی ببریم. مثال تأثیر وجود معلمان برجسته و بصیر را که تجربیات ۱ در اختیار

شاگردان می گذارند، و نیز پژوهشهای تفصیلی را در ساخت یک پایگاه اطلاعاتی اجتماعی را نشان می دهد.

وقتی کتاب آرنولد آرنوز[18] در مورد آموزش فیزیک برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ منتشر شد بسیار خوشحال شدم. اگرچه در آن زمان هنوز یک محقق آموزش فیزیک نبودم، اما چند سال بود که علاقهٔ بسیاری به آموزش فیزیک داشتم. من بسیاری از مقاله های آرنوز را خوانده بودم و ارزش زیادی برای آنها قائل بودم. کتاب را از اول تا آخر خواندم و آن را به شدت علامت گذاری کردم. در فصل ۶ (صفحه ۱۵۲) به این جمله برمی خورید: « ... ***این راه را برای از میان برداشتن برداشتهای غلطی چون دافعه میان یک قطب شمال آهنربا و یک بار الکتریکی مثبت هموار می سازد، و غیره.***» این موضوع من را چندان نگران نمی کرد، حتی در کتاب آرنوز زیر آن خط نکشیدم (من زیر حدود یک پنجم جملات آن فصل خط کشیده بودم.)

اما در ژانویه ۱۹۹۴، گروه آموزش[19] (PEG) در دانشگاه واشنگتن نتایج مربوط به مطالعه ای دربارهٔ پاسخ دانشجویان رشته مهندسی را که درس مغناطیس را خوانده بودند منتشر کرد. بسیاری از معلمان و مؤلفان کتابهای درسی مانند من به طور سنتی فرض می کنند که دانشجویان چیز چندانی دربارهٔ این موضوع نمی دانند، بنابراین روش مناسبی برای شروع درس، مقایسه با بار الکتریکی است که معمولاً قبل از مغناطیس ارائه می شود. PEG واشنگتن نشان داد که قبل از درس مغناطیس ۸۰٪ دانشجویان مهندسی، به طوری که مسئله شکل ۳ نشان می دهد، بارهای الکتریکی و قطبهای مغناطیسی را با یکدیگر مخلوط می کنند. پس از آموزش سنتی، این تعداد بالای ۵۰٪ باقی ماند. پس از اطلاع از این موضوع بسیار مات و مبهوت و پریشان شدم. من این موضوع را به صورت متناوب برای ۲۵ سال تدریس کرده و در هنگام ارائه نتایج مشغول تدریس آن بودم. به علاوه خیال می کردم که به دقت به دانشجویان گوش می سپارم، و قبلاً این موضوع را که دانشجویان دارای معلومات قبلی هستند مطرح کرده بودم. اما هرگز تصور نمی کردم که چنین ابهامی متداول است. پس از بازگشت کلاس خود را بررسی کردم و لازم به ذکر نیست که بگویم، درست همان نتایجی را یافتم که گروه واشنگتن به دست آورده بود.

حال، کتاب آرنوز هنوز یکی از بهترین کتابهای معلم موجود است. آرنوز بصیرتها و شگردهایی را که از تجربه عمیق و بصیرانه خود در طی چند دهه کار با دانشجویان به دست آورده است در اختیار معلمان می گذارد. به رغم احترام من برای بینش آرنوز، در مورد اهمیت مخلوط کردن بارهای الکتریکی با قطبهای مغناطیسی تردید داشتم. در واقع احساس می کردم که تجربه شخصی من بر خلاف آن است. این نکته فقط هنگامی من را قانع کرد که داده های تجربی محکم PEG را مشاهده کردم.



شکل ـ ۳

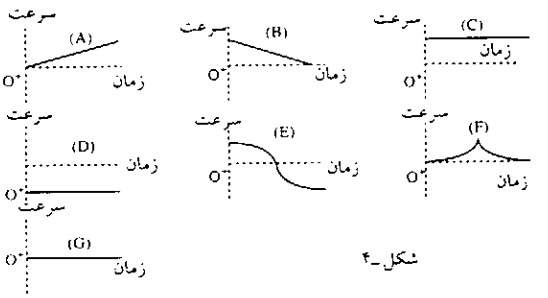
یک آهنربای میله ای با یک نخ از وسط آن آویخته شده است. یک میلهٔ باردار مطابق شکل به آرامی به آن نزدیک می شود. آهنربا در چه جهتی خواهد چرخید؟
(آهنربا نمی چرخد چون بارهای الکتریکی و قطبهای مغناطیسی نیروهای استاتیک به یکدیگر وارد نمی کنند)

۳ـ تکرارپذیری و آزمایشهای آموزشی: مثالی از سینماتیک

برای اینکه آزمایشهای آموزشی در ساخت یک نقشه جامعه سودمند باشد، باید آنها را از یک جمعیت آزمون به گروه وسیعتری تعمیم داد. مثالهای قبلی ما اشاره ای به تعمیم پذیری این مطالعات محدود داشتند. در مثال اول توانستم نتایج مصاحبه های خود دربارهٔ موج را از تعداد اندکی از شاگردان به کل کلاس تعمیم دهم. در مثال دوم، نتایج بار/ مغناطیس مک درموت از دانشگاه واشنگتن به کلاس درس خود من در مریلند تعمیم یافت. اما آنچه من

را به شدت متقاعد ساخت نتیجه تجربه ای بود که در هنگام تدریس فیزیک به

حرکت یک جسم محدود به یک بُعد در امتداد محور x فاصله است نمودار سرعت را به گونه ای انتخاب کنید که بهترین گزینش برای پاسخ به هر پرسش باشد. می توانید یک نمودار را بیش از یک بار به کار برید یا اصلاً از آن استفاده نکنید. کدام نمودار نشان می دهد که
(الف) جسم با سرعت ثابت از مبدا دور می شود؟
(ب) جسم با سرعت ثابت به مبدا نزدیک می شود؟
(ج) جسم ساکن است؟
(د) جهت جسم تغییر می کند؟
(هـ) سرعت جسم به طور مداوم افزایش می یابد.



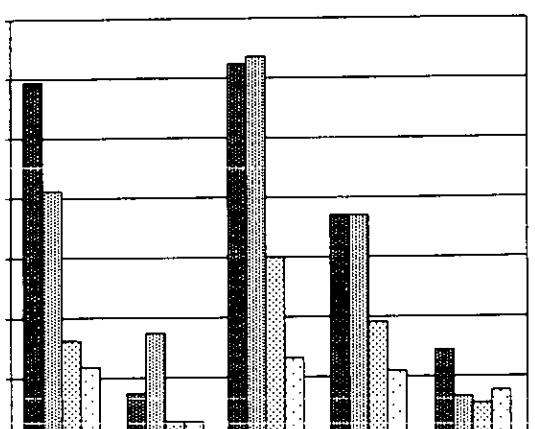
شکل ـ ۴

دانشجویان مهندسی در اوایل سالهای ۹۰ به دست آوردم.

در سال ۱۹۹۱ برای اولین بار فیزیک را به دانشجویان مهندسی درس می دادم. (قبلاً معمولاً در کلاسهای کوچکتر دانشجویان فیزیک و کلاسهای مقدماتی بر مبنای جبر تدریس می کردم.) قبل از شروع درس، مقاله تورنتون و سوکولوف را خواندم که مدعی بود درسهای سنتی نمی توانند به دانشجویان کمک کنند که مفهوم سرعت لحظه ای را تفسیر کنند. دانشجویان درسهای سنتی در شش کالج و دانشگاه با روشهای تدریس متفاوت عملکرد ضعیفی در پاسخ به یک پرسش ساده در مورد ارتباط حرکت یک بعدی با نمودار سرعت داشتند. این مسئله در شکل ۴ نشان داده شده است. تورنتون و سوکولوف همچنین مدعی اند که دو آزمایشگاه دو ساعته که با استفاده از اصل ساختمان گری طراحی شده است مشکل اغلب دانشجویان را حل کرده است. در این آزمایشگاهها، دانشجویان با استفاده از رنجرهای صوتی و داده های حاصل از میکروکامپیوترها نمودارهای مکان و سرعت را برای حرکتهای خودشان رسم کردند. از دانشجویان خواسته شده بود پیش بینی کنند نمودارهای آنها به چه صورتی خواهد بود، آزمایشها را انجام دهند و ببینند آنچه فکر می کردند صحیح بوده است یا نه.

من به دو دلیل دربارهٔ این نتایج تردید داشتم. اولاً، مطمئن بودم که می توانم موضوع را در کلاس درس تدریس کنم. این موضوع چندان مشکل نبود، و اطمینان زیادی به توانایی خود در روشن کردن مطلب داشتم. ثانیاً، احساس می کردم که چهار ساعت اضافی تمرین نسبت به آزمایشگاه امتیاز زیادی برای دانشجویان داشت. فکر کردم بد نیست موضوع را امتحان کنم. وقتی به مبحث سرعت رسیدیم، ۲/۵ ساعت مطلب دربارهٔ موضوع تهیه کردم. گرچه کلاس بزرگی بود (۱۷۵ دانشجو)، کوشیدم مطمئن شوم که اغلب دانشجویان درگیر درس هستند. تعاریف را به صورت واضح روی تخته نوشتم و طرحی را تهیه و از آنها خواستم آن را در دفترشان بکشند. مثالهایی دادم که واقعی بود و به تجربیات آنها مربوط می شد. از وسایل تجربی با کیفیت بالا ـ از جمله وسایلی که تورنتون و سوکولوف در آزمایشگاههایشان استفاده کرده بودند ـ بهره گرفتم. و سپس مسئله آنها را در امتحان میان ترم دادم.

نتایج هم تحقیرآمیز بود و هم امیدوار کننده. به رغم بهترین کوششهای من در تدریس، نتایجی که به دست آوردم به میانگین به دست آمده تورنتون و سوکولوف از تدریس در شش دانشگاه نزدیک بود. (نتایج من به صورت ستونهای اول و دوم برای هر پرسش در شکل ۵ آمده است. توجه کنید که به جای نرخ موفقیت، نرخ خطا داده شده است.) از طرف دیگر، از استحکام نتایج بسیار خوشحال شدم. انتظار داشتم که نتیجهٔ کارم بهتر باشد، اما پس از نرسیدن به این هدف، لااقل انتظار داشتم که در نتیجهٔ تأکید متفاوت در تدریس من و سایر همکاران لااقل نوسانهای زیادی وجود داشته باشد. این موضوع هیجان انگیز و مسرت بخش بود ـ درست مانند موردی که به عنوان یک دانشجوی تازه کار در آزمایشگاه g را با یک آونگ اندازه گرفتم و پاسخ کتاب درسی



شکل ۵ ـ نرخ خطا در مسئله نشان داده شده در شکل ـ ۴

را به دست آوردم.

دفعهٔ بعد که دو سال بعد این درس را تدریس کردم، پس از آن بود که از فرصت مطالعاتی با گروه لیلیان مک درموت در دانشگاه واشنگتن بازگشته و مدل اکتشاف هدایت شدهٔ وی را آموخته بودم ولی کوشیدم تا مجموعه ای از تمرینهایی را که او طرح کرده بود به کار برم. تصمیم گرفتم که به جای یکی از تمرینهای گروه وی، از آنچه تورنتون و سوکولوف بر مبنای آزمایشگاههای ساختمان گری به وجود آورده بودند استفاده کنیم. بنابراین به جای ۲/۵ ساعت تدریس و یک ساعت بازخوانی، به دانشجویان یک ساعت تمرین MBL دادم. نتیجه بهبود قابل ملاحظه ای نسبت به بهترین کوششهای من در سخنرانی داشت (سومین ستون در هر پرسش) اگرچه بهتر از چهار ساعت آزمایشگاه نبود (چهارمین ستون).

این نتایج نه تنها تکرارپذیری اندازه گیریهای تورنتون و سوکولوف را نشان می دهد بلکه مؤثر بودن روش آنها را در یک آزمایش به خوبی کنترل شده نیز به نمایش می گذارد.

۴ ـ آزمون مؤثر بودن برنامه های درسی که بر مبنای اصول ساختمان گری علمی بنا شده اند.

سه مثال اول (و مثالهای بسیار دیگر که در نشریات پژوهشی یافت می شود) نشان می دهند که تحقیق دربارهٔ مشکلات محصلان و طراحی محیطهای آموزشی به نحوی که به این مشکلات بپردازد می تواند به محصلان کمک کند تا مفاهیم خاص را بیاموزند. اما مسائل کلی تر چطور؟ آیا اصول ساختمان گری علمی و عناصر نورستهٔ نقشه آموزشی مشترک می تواند به ما کمک کند تا برنامه درسی مؤثری را به وجود آوریم؟ چگونه می توانیم بگوییم که این برنامه درسی بهتر از آموزش سنتی است؟

جف سول به عنوان بخشی از تحقیق رساله اش آموزش مکانیک شاگردان سال اول به صورت سنتی (سخنرانی + بازخوانی) و بر مبنای حسابان را با سه برنامه درسی ساختمان گری مقایسه کرد. در دو مورد ***گفت و شنود*** مک درموت و ***حل مسئله گروهی*** هلر (GPS)، به جای بازخوانی از فعالیت آموزش گروهی (یک ساعت در هفته استفاده شد) در یک مورد، ***کارگاه فیزیک*** لاوز، سخنرانی، آزمایشگاه، و بازخوانی به صورت سه جلسهٔ دو ساعته آزمایشگاه اکتشاف هدایت شده در هفته درآمد. در هر سه برنامه درسی تأکید فراوانی بر پایگاه اطلاعاتی مورد توافق جامعه در آموزش فیزیک شده است.

سول استفاده از این برنامه را در ۱۴ کالج و دانشگاه ارزیابی کرد. او داده های ۱۴ کلاس مختلف را با ۳۰۰۰ دانشجو گردآوری کرد. داده های بسیار، از جمله نتیجه امتحانهای با پرسشهای باز، مصاحبه های مختلف، بررسیهای نگرشی، و بررسی مفهومی انجام شد. به واسطه محدودیتهای فضا فقط آخرین مورد را بررسی می کنم.

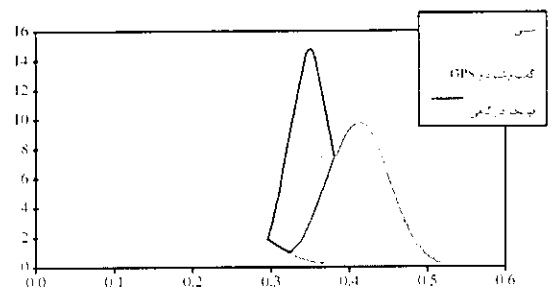
یکی از ابزارهایی که سول در ارزیابی آموزش دانشجویان به کار برد پرسش نامهٔ مفهوم نیرو (FCI) بود. این یک آزمون ۲۹ موردی چند گزینه ای بود که به دقت بر اساس مصاحبه های دانشجویان و تحقیقات منتشره طراحی شده بود تا درک دانشجویان از مفاهیم بنیادی دینامیک نیوتونی را بررسی کند. پرسشها کیفی بودند، و اغلب به جای مسائل فیزیک مجرد به صورت زبان محاوره ای تنظیم شده بودند و دارای عوامل حواس پرت کننده ای بر مبنای اشتباه متداول دانشجویان بودند. کسانی که به این آزمون نگاه می کنند اغلب تمایل دارند که موفق بودن آموزش خود در مورد دانشجویان را بیش از مقدار واقعی ارزیابی کنند.

بررسی کلاسهای بسیار توسط هیک[۲۰] نشان می دهد که یک عدد مناسب برای موفقیت در این آزمون نسبت بهرهٔ حاصل ممکن است. ما آن را به صورت زیر می نویسیم:

$$h = \frac{\text{(میانگین پیش از آزمون) - (میانگین پس از آزمون)}}{\text{(میانگین پیش از آزمون) - ۱۰۰}}$$

سول در بررسی خود، نتیجه هیک را که میانگین کلاسهای سنتی برای مقدار L در حدود ۲۰٪ است تأیید کرد. برنامه درسی بر مبنای ساختمان گری نتیجه بسیار بهتری می دهد. برنامه درسی که در آن فقط یک ساعت آموزش وجود دارد (گفت و شنود و GPS) میانگین ۳۷٪ را می دهد. در حالی که در برنامه درسی که در آن آموزش بر مبنای اکتشاف هدایت شده (***فیزیک کارگاهی***) جایگزین سخنرانی کلاسی شده است میانگین ۴۳٪ است. من این نتایج را به صورت تا حدی ایده آل سازی شده برای تفسیر

آسانتر با برازش توزیعها برای هر روش با توزیع گاوس بهنجار دو پارامتری نشان داده‌ام. این توزیعها در شکل ۶



شکل ۶ ـ برازش توزیعی با توزیع گاوس

آمده است.

سول نتایج FCI را با مشاهدات تفصیلی پاسخهای دانشجویان به پرسشهای امتحانی باز و مصاحبه‌ها تأیید کرده است. این نتایج نشان می‌دهند که برنامهٔ درسی تنظیم شده بر اساس نقشه جامعهٔ آموزش فیزیک باعث بهبود قابل ملاحظه‌ای در یادگیری مفاهیم توسط دانشجویان شده است. بیشتر مؤسساتی که مورد بررسی قرار گرفتند، استفاده کنندگان ثانویه این برنامه‌های درسی بودند و نه به وجود آورندگان آن. این مسئله نشان می‌دهد که برنامه‌های آزموده شده قابلیت انتقال قابل ملاحظه‌ای دارند.

تحقیق آموزشی بر مبنای رشتهٔ تحصیلی: پیامدهای فرهنگی

اگر بپذیریم که آموزش فیزیک شروع به استفاده از فرهنگ علم برای خلق یک پایگاه اطلاعاتی آموزش فیزیک مورد توافق جامعه کرده است، هنوز یک پرسش اساسی باقی می‌ماند. اگر تحقیقات آموزش فیزیک بخواهد یک پایگاه اطلاعاتی مورد توافق جامعه به وجود آورد، چه جامعه‌ای باید آن را بسازد؟ اگرچه متخصصان شناخت و تعلیم و تربیت چیزهای پرارزشی را به وجود آورده‌اند، اما به نظر من اگر تحقیقات آموزش فیزیک بخواهد پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در درک فیزیک در سطح دانشگاه داشته باشد باید فیزیکدانها و بخشهای فیزیک دانشگاهی در این کار شرکت کنند. جامعه‌ای که نقشهٔ جامعه را به وجود می‌آورد باید شامل افرادی که واقعاً فیزیک را تدریس می‌کنند، یعنی فیزیکدانان باشد. اگر قبول کنیم که تحقیقات آموزش فیزیک میان رشته‌ای و کاربردی است، آیا دلیلی وجود دارد که انجام آن در بخشهای فیزیک سودمند است؟ بدون شک می‌توان آن را به همان خوبی در مدارس نیز انجام داد، و فیزیکدانها را از نگرانی درباره این موضوعها رها ساخت؟ اصولاً، پاسخ به این پرسش باید مثبت باشد. در عمل، دلایل محکمی وجود دارد که نشان می‌دهند تحقیقات آموزش فیزیک ـ لااقل تا اندازه‌ای ـ باید در بخشهای فیزیک انجام شود. سه دلیل دسترسی، منافع، و رقابت برای این کار وجود دارد.

اولاً، پژوهشگران آموزش به دسترسی مناسب به درسهای فیزیک و دانشجویان فیزیک نیاز دارند. سؤالهای امتحانی پژوهشی باید مربوط به امتحانات واقعی باشد و برنامه‌های درسی جدید باید با دانشجویان واقعی فیزیک آزمایش شوند. این کار در صورتی امکان‌پذیر است که پژوهشگر یک بخش آموزشی روابط خوبی را با یک بخش فیزیک داشته باشد و از فشارهای بسیار، محدودیتهای سیاسی، و مسائل روان‌شناختی دخیل در توسعه و ارائه هر درس فیزیک آگاه باشد. اما به وجود آوردن دسترسی لازم به اطلاعات از طریق همکاران برای یک عضو گروه نیز اغلب دشوار است. اینکه شخص عضو بخش و یا کالج دیگر باشد این دشواریها را افزایش می‌دهد.

ثانیاً، منافع اولیه تحقیق در آموزش فیزیک، یادگیری بهتر، و رضایت خاطر بیشتر، و حتی گاهی ثبت نام بیشتر عاید بخش فیزیک می‌شود. واداشتن یک بخش دانشگاهی به صرف منابع خود در جهت منافع بخش دیگر می‌تواند مشکل آفرین باشد.

ثالثاً، رقابت قابل ملاحظه‌ای برای منابع محدود مدارس آموزش فیزیک وجود دارد. آموزش فیزیک در سطح کالج بخشی از این اختیارات است. مسائل دیگر، از جمله آموزش K ـ ۱۲ و موضوعهایی چون یاد گرفتن خواندن و حساب، درست به همان اندازه آموزش فیزیک دانشگاهی اهمیت دارند و مخاطبان بیشتری نیز دارند.

اما دلیل مهمتری برای درگیر شدن فیزیکدانان در تحقیقات آموزش فیزیک فراتر از ملاحظات فرهنگی و

سیاسی وجود دارد. بخش اعظم آنچه باید در پژوهشهای آموزش فیزیک انجام گیرد ماهیتی بسیار شبیه به فعالیتهایی دارد که معمولاً در حوزهٔ فیزیکدانهاست.

آیا این فیزیک است؟

چهار مثال تحقیقاتی که در بالا توصیف کردم را فیزیکدانهایی انجام می دهند که نقش پژوهشگران آموزشی و طراحان برنامه هایی را در بخشهای فیزیک ایفا می کنند، و فراگیری دانشجویان دانشگاه را بررسی می کنند. این نوع فعالیت پژوهشی در حال رشد است. در هنگام تهیهٔ این مقاله بیش از دو دوجین از بخشهای پژوهش فیزیک برنامه هایی در زمینهٔ آموزش فیزیک دارند. امّا آیا نباید پژوهش در این مورد به جای بخشهای فیزیک در مدارس انجام شود؟ بالاخره این که فیزیک نیست، آیا هست؟

برای بررسی این پرسش «که آیا این فیزیک است» بگذارید ابتدا پاسخ نظری خود را بدهم و سپس به تحلیل این پاسخ بپردازم. در ۳۰ سالی که از گرفتن دکترای من در فیزیک هسته ای می گذرد، کارهای متفاوت بسیاری را در زمینهٔ فیزیک انجام داده ام. من در حوزهٔ پدیده شناسی و به وجود آوردن نظریه های ریاضی مجرد کار کرده ام. اگرچه من یک نظریه پردازد تغییرناپذیرم، اما با تجربی کاران بسیاری دربارهٔ داده های جدید بحث کرده و آزمایشهایی را برنامه ریزی کرده ام. در کمیته های ملی طرحهای تحقیقاتی پیشنهادی را بررسی کرده ام و رییس بخشی بودم که برنامه های تحقیقاتی در ۱۴ زمینه مختلف را تأمین مالی می کرد. من ناظر رشد فیزیک فضا و بیوفیزیک افول و تولد دوبارهٔ فیزیک اتمی و حالت جامد دانشگاهی بودم. پژوهشی که اکنون دربارهٔ آموزش فیزیک انجام می دهم هنوز به نظر من فیزیک است.

پس چرا بعضی از همکارانم با من جر و بحث می کنند که باید به آموزش در سطح کالج بپردازم؟ (اغلب همکارانم از اینکه در بخش فیزیک هستم کاملاً خوشحال به نظر می رسند.) گمان می کنم که این کار دو دلیل مهم دارد. اولاً، تصویری که آنها از من و دانشجویانم دارند، بر اساس تجربیات آنها از مدارس تربیت معلم و گزارشهای روزنامه ای است که با آنچه من از تحقیقاتم در زمینه آموزش فیزیک فرا گرفته ام تفاوت بسیار دارد. ثانیاً، چون سمتگیری آنها به شدت در جهت خلق یک نقشهٔ دقیق است (نگاه کنید به شکل ۱) بعضی اوقات نقش ذهن را در کارهای مربوط به فیزیک فراموش می کنند.

برازش نقشه به ذهن

کشف فیزیک نوین مانند اضافه کردن سرزمینهای جدید به نقشه است. اما فیزیکدانها، حتی آنهایی که هدف اولیهٔ آنها کشف قلمروهای جدید است، کارهای دیگری بجز پوشش زمینه های جدید انجام می دهند. کار فیزیک در واقع ساختن نقشه های ذهنی است که این امکان را به وجود می آورد که معنایی به جهان بدهیم. برای انجام این کار باید ساختارهای نقشه ای را به وجود آوریم که نه تنها به آنچه در جهان فیزیکی به وقوع می پیوندد بلکه راههایی که می توانیم به راحتی دربارهٔ آن بیندیشیم جور دربیاید. بسیاری از تحولات عظیم در فیزیک را مردمانی به وجود آورده اند که دربارهٔ چیزهایی بازاندیشیدند که تصور می کردند به صورت دیگری کار می کنند.

پربک[۲۱] در کتاب اخیر خود به نام ***طبیعت چگونه کار می کند*** اظهار داشته است «قانونهای فیزیک کاملاً ساده اند. آنها را به صورت معادله های ریاضی بیان می کنند که می توان همه آنها را در چند صفحهٔ یادداشت نوشت. اما، ریاضیات دخیل در حل این معادله ها، حتی برای وضعیتهای ساده، می توانند کاملاً پیچیده باشد.» این نکته ای را که بک می کوشد بیان کند به خوبی روشن می سازد، زیرا کتاب وی بر به وجود آمدن پدیده های پیچیده برای معادله های ساده تأکید دارد، و این گزاره ای است که فکر می کنم بسیاری از فیزیکدانها با آن موافق اند. اما اغلب تمایل به فراموش کردن این نکته داریم که برای تفسیر بعضی معادله های «ساده» نیز سالها آموزش لازم است. معادله های فیزیک فقط معادله های ریاضی نیستند. تعبیر آنها به تشکیل مجموعه ای از ساختارهای شناخت خودبه خود (یعنی آموختن) نیاز دارد. معادله های

$dF = 0 \qquad d^{\circ}F = j$

کاملاً ساده به نظر می رسد. در واقع این معادله ها فقط شامل شش نمادند ـ که کمتر از بسیاری معادله هایی است که در کلاس فیزیک مقدماتی با آن رو به رو می شویم. اما بسیاری از فیزیکدانان حرفه ای متوجه نخواهد شد که اینها

معادله های ماکسول اند که به صورت دیفرانسیلی بیان شده اند و ممکن است هفته های آموزش اضافی لازم باشد تا آنها بتوانند میدانهای الکتریکی و مغناطیسی شناخته شده را در این نمادگزارهای به شدت فشرده از هم باز کنند.

گستره وسیعی از پیشرفتهای بزرگ، از جمله ابداع حساب انتگرال و دیفرانسیل توسط نیوتون، فرمولبندی مجدد هامیلتون از قوانین نیوتون، نمادگزاری برداری گیبس، و مجموعیابی فاینمن روی تاریخچه ها را می توان با بازاندیشی دربارهٔ آنچه آن را به صورت دیگری می شناسیم کنار گذاشت. اما می توان به صورت قانع کننده ای استدلال کرد که هر یک از این فرمولبندیهای مجدد عظیم نقش عمده ای در تسهیل پیشرفتهای اساسی و خلق فیزیکی نوین داشته است.

برای اینکه تحقیق دربارهٔ آموزش فیزیک را به بهترین نحو انجام دهیم، نه تنها باید شناختی از طرز فکر مردم داشته باشیم، تا بتوانیم علم شناخت جدیدی به وجود آوریم، بلکه باید دربارهٔ فیزیک بازاندیشی/ فرمولبندی مجدد داشته باشیم تا بتوانیم بفهمیم چه اجزاء شناختی را ما مسلم فرض می کنیم و برای دانشجویانمان چنین نیست.

در این جا، تحقیق درباره آموزش فیزیک حوزه ای به شدت کاربردی است که تأکید آن بر مهمترین مسئله ما یعنی آموزش فیزیک مقدماتی به غیر فیزیکدانهاست. ما وقت زیادی را صرف طراحی مجدد نقشهٔ خود می کنیم، تا آن را برای شاگردانی که آموزش یا تجربه لازم را ندارند بهینه سازیم. اما هنوز فرمولبندیهای مجدد روش تفکر دربارهٔ فیزیک را که به فیزیکی نو می انجامد در اختیار نداریم، و شاید مدتی طول بکشد تا این کار انجام شود. اما من به صورت سازگاری دریافته ام که بازاندیشی دربارهٔ فیزیکی که در جستجوی آن هستم به شناخت بهتر فیزیکی می انجامد که من آموخته و به دفعات تدریس کرده ام.

یک مثال این موضوع تحلیل دیوید هستنس[۲۲] از ایده های اساسی مکانیک نیوتونی در ارتباط با مطالعهٔ مشکلات دانشجویان اوست. بررسی ابهام مداوم دانشجویان به تأکید بر اهمیت چیزی انجامید که آن را ***قانون صفرم حرکت نیوتون*** می نامم:

در زمان t، یک جسم به نیروهایی پاسخ می دهد که خود جسم در زمان t به آن اعمال می کند.

این موضوع جزیی و غیرضروری به نظر می رسد، تا اینکه متوجه می شویم دانشجویان نیروها را از زنجیره ای از اشیاء (گاهی به درستی، و گاهی به طور ناصحیح) «منتقل می کنند»، یا بر در نظر گرفتن نیروهایی تأکید می کنند که جسم در نمودار جسم آزادش وارد می کند، و یا یک توپ پرتاب شده را با توجه به نیرویی که در هنگام صعود به آن داده شده است توصیف می کنند.

برای اینکه بفهمیم در کلاسهای فیزیک چه می گذرد، بازاندیشی عمیق دربارهٔ فیزیکی که تدریس می کنیم ضروری است، اما این کار را نمی توانیم خودمان به تنهایی به صورت کامل انجام دهیم. به عنوان فیزیکدان، تا مرحله ای آموزش دیده ایم که واکنشهای خود به خود ما به واژه، عبارت، معادل، یا موقعیت فیزیکی می تواند با تمام شاگردانمان ـ مخصوصاً در سطح مقدماتی ـ تفاوت داشته باشد. درک فرضهای تلویحی (که اغلب به آنها توجه نمی شود) به سر و کار داشتن با فیزیک و توجه به فیزیولوژی شناخت درک فیزیک بستگی دارد. این اجزاء ضروری، تحقیق آموزش فیزیک را یک بخش واقعی از فیزیک میان رشته ای می سازد.

موانع موجود در ایجاد توافق: آموزش فقط محلی نیست

با چشم انداز تفصیلی حاصل از بحث بالا، به پرسشی بازمی گردیم که در شروع این مقاله مطرح کردم. چرا به نظر می رسد که هرگز نمی توانیم در آنچه از آموزش فیزیک آموخته ایم با نسلهای بعد شریک شویم و آن را به آنها منتقل کنیم؟

فکر می کنم که پاسخ روشن است. مسئله این است که بسیاری از بخشهای فیزیک بر این باورند که باید راه حلهای مخصوص خود را به وجود آورند. بدتر از آن، حتی در داخل یک بخش، هر مربی فیزیک معمولاً می خواهد آزادی کامل در اداره کلاس خود داشته باشد. شریک شدن در تجربیات و بینشهای به دست آمده حتی در میان کسانی که یک درس را در سالهای متوالی تدریس می کنند، به ویژه در دانشگاههایی که به پژوهش اشتغال دارند، نادر است. برخورد با آموزش به عنوان مسئله ای که باید آن را به صورت فردی و نه علمی و در کل جامعه حل کرد، به جای خلق یک پایگاه اطلاعاتی بر مبنای توافق جامعه باعث ادامه

وضعی می شود که به گفته آرنولد آرنوز «اختراع مجدد چرخ پنچر» است.

به جای اینکه یک جمعیت برهم کنش کننده داشته باشیم که تفکر آرزومندانه را کنار گذاشته است و یک نقشهٔ جمعیت محکم می سازد، دارای گروه سستی از افراد هستیم که به صورت ضعیف با هم برهم کنش دارند. هیچ گونه توافقی به وجود نمی آید و سری هرگز همگرا نمی شود. هر یک از ما تصور می کند که چیزی می داند، اما تا عادت آزمودن این معلومات، دریافتن و ارزیابی آنچه دیگران می دانند را پیدا نکنیم و به طور کلی از خود نپرسیم «که چرا این را می دانیم و به آن باور داریم؟» نمی توانیم معلومات خود را متراکم و پیشرفت کنیم.

عامل گمشده در ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی محکم برای آموزش فیزیک، فرایند و فرهنگ علم است. داشتن جمعیت فزاینده پژوهشگران آموزش فیزیک، هم در بخشهای فیزیک و هم در مدارس تربیت معلم، که فرایند علم را در حل مسئله به کار ببرند و علاقه زیادی به پژوهش آموزش فیزیک داشته باشند گام مهمی در بهبود این وضعیت است.

از همکاران و افرادی که این مقاله را خوانده و دربارهٔ آن اظهارنظر کرده اند سپاسگزارم. به ویژه، از جانیس ردیش و دیوید همر که پیشنهادهای زیادی در مورد این نوشته داده اند ممنون ام. از حمایت بنیاد علمی علوم تشکر می کنم.

مراجع

Am. J. phys. vol. 67. No 7. July 1999
PP 562-573
1. Periscilla Laws
2. Melba philips
3. Jean Piaget
4. Constructivism
5. Lev vygotsky
6. Cowtext
7. Dowid Halliday
8. Zeno's Paradox
9.Gordian Knot
10. Lillian Mc Dermott
11. Laws
12. Thornton
13. Sokoloff
14. Thacher
15. mentalism
16. Jef saul
17. Michael wittmann
18. Arnold Arnos
19. Physics Education Group
20. Hake
21. Per Bak
22. Dawid Hestenes

در هر ابزار اندازه گیری چه کمیتی اساس سنجش است؟

جهانگیر ریاضی

مقدمه: با وجود تنوع در ساختمان ابزارهای اندازه گیری و تفاوت در کمیت هایی که سنجیده می شوند، عموماً کمیت هایی مانند: تغییرات طول، زاویه و بازه زمانی، اساس اکثر اندازه گیریهاست. به بیان دیگر یک ابزار اندازه گیری عملاً تغییرات طول یا زاویه و یا یک بازه زمانی را اندازه گیری می کند. آنچه حائزاهمیت می باشد، تعیین رابطه ای بین این متغیرها و کمیت های مورد اندازه گیری است. برای مثال در یک دماسنج جیوه ای که برای سنجش دما استفاده می شود، اساس کار اندازه گیری ارتفاع یا تغییر ارتفاع یک ستون جیوه حاصل از تغییر دما می باشد. در این مورد باید رابطه ای خطی بین ارتفاع ستون جیوه و دما بدست آورد. یعنی باید معلوم شود هر واحد طول معادل چند درجه در مقیاس دمایی است. همچنین در یک الکتروسکوپ عملاً زاویه بین ورقه ها سنجیده می شود که متناظر با مقدار معین بار الکتریکی است. با معلوم بودن تناسب بین بار الکتریکی و زاویه بین ورقه ها، می توان ابزار را مدرج نموده و مورد استفاده قرار داد.

در جدول صفحه بعد نشان می دهیم که در هر ابزار اندازه گیری چه کمیتی اساس سنجش قرار می گیرد.

***

«نتایج حاصل از مطالعهٔ جدول»

بررسی جدول نشان می دهد که با وجود تنوع ابزارهای اندازه گیری و کمیت های مورد سنجش، تشابه و نزدیکی بسیار زیادی در اساس کار ابزارها وجود دارد.

دقت و بررسی اساس کار ابزارهای مختلف و تأکید بر کمیت هایی مانند تغییر طول، زاویه و بازه زمانی به عنوان مبنای اندازه گیری کمیت های متنوع، ما را در درک «مفهوم اندازه گیری» هدایت می نماید و همچنین می تواند راهگشا و راهنمای ساختن «ابزارها» باشد.

***

ردیف	ابزار اندازه گیری	کمیت مورد سنجش	کمیتی که اساس اندازه گیری است
۱	دماسنج جیوه‌ای	دما	**ارتفاع** یک ستون جیوه
۲	دماسنج گازی با حجم ثابت	دما	سنجش فشار گاز بر اساس **اختلاف ارتفاع** آب در دو شاخهٔ لوله U شکل متصل به بالن محتوی گاز
۳	فشارسنج	فشار در عمق معین مایع	اندازه گیری **اختلاف ارتفاع** آب در دو شاخه لوله U شکل
۴	جوسنج جیوه‌ای	فشار هوا	اندازه گیری **ارتفاع** یک ستون جیوه
۵	آمپرسنج	شدت جریان الکتریکی	اندازه گیری **زاویه چرخش** یک قاب حامل جریان در میدان مغناطیسی که در اثر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر اضلاع قاب حاصل می شود.
۶	آمپرسنج حرارتی	شدت جریان الکتریکی	اندازه گیری **تغییرات طول**(انبساط) یک سیم ناشی از گرمای حاصل از عبور جریان الکتریکی از آن
۷	الکتروسکوپ	بار الکتریکی	اندازه گیری **زاویه** بین ورقه های دارای بار همنام که ناشی از نیروی دافعه الکتریکی بین ورقه هاست
۸	پاندول(آونگ)	شدت میدان گرانشی (g)	اندازه گیری دورهٔ نوسانات(**بازه زمانی**) آونگ در یک محل معین از رابطه $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ (l طول آونگ، T دوره، g شدت میدان گرانشی است)
۹	گرانی سنج	تغییرات g بین دو نقطه (Δg)	اندازه گیری **تغییر طول** یک فنر، حاصل از تأثیر نیروی گرانش زمین بر وزنه متصل به یک فنر
۱۰	مغناطیس سنج	شدت میدان مغناطیسی زمین	اندازه گیری **دورهٔ نوسانات** یک مغناطیس آویزان در میدان مغناطیسی زمین. (نوسان حول نصف النهار مغناطیسی زمین)
۱۱	نیروسنج	نیرو	اندازه گیری **تغییر طول** یک فنر در اثر اِعمال نیروی معینی
۱۲	گلوله ـ متر ـ زمان سنج	شدت میدان گرانش (g)	اندازه گیری **بازه زمانی** سقوط یک گلوله از **ارتفاع** معین y و استفاده از رابطه: ($y=\frac{1}{2}gt^2$)

اخبار علمی

جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۹۹

اکادمی سلطنتی علوم سوئد جایزه نوبل فیزیک سال ۹۹ را به طور مشترک به استاد گراردوس توفت و استاد ممتاز مارتینوس ولتمن برای نمایان ساختن ساختار کوانتومی بر هم کنشهای الکترو ضعیف در فیزیک اعطا کرد.

نظریه ای که می توان به آن تکیه کرد

ساختار فیزیک ذرات بنیادی با استفاده از مدل استاندارد توجیه می شود. در این مدل بر هم کنشهای الکترومغناطیسی و ضعیف وحدت یافته و به صورت *بر هم کنشهای الکتروضعیف* درآمده اند. به مطالعهٔ نظری این بر هم کنشها جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۹۹ داده شده است.

کوره ای در خورشید

بر هم کنشهای ضعیف نقش بسیار مهمی در طبیعت دارند. بدون بر هم کنش الکترومغناطیسی اتمها وجود نمی داشتند و بدون بر هم کنش ضعیف خورشید نمی درخشید. بر هم کنشهای الکترومغناطیسی الکترونها را در مدارهایشان به دور هسته نگه می دارد و بر هم کنشهای ضعیف پروتونها را به نوترونها تبدیل و آنها را در «کوره» واقع در وسط خورشید به هسته های هلیم «می پزد».

عضویت خانوادگی

در مدل استاندارد، کوارکها و لپتونها کوچکترین اجزاءِ تشکیل دهندهٔ ماده اند. این ذرات را می توان به سه «خانواده» که به صورت سه شاخهٔ درخت نشان داده می شوند، تقسیم کرد.

کوارکهای خانواده اول، کوارکهای u و d هستند، لپتونهای متناظر با آنها نوترینوی الکترونی ν_e و الکترون e^- هستند. به عنوان مثال، یک پروتون از دو کوارک u و یک کوارک d تشکیل شده است.

ذرات مسئول بر هم کنشهای بین این اجزاء را حاملان نیرو می نامند. نام برخی از این حاملان روی تنهٔ درخت کند شده است. فوتون γ عامل نیروی الکترومغناطیسی است. ذرات z، w^+، w^- حامل نیروی ضعیف هستند.

خداحافظی با بینهایتها

برای چند دهه، کوششهایی در جهت توصیف بر هم کنشهای ضعیف انجام شد. اما این کوششها اغلب به نتایج بدون معنی به صورت احتمالهای بینهایت و تصحیحهای کوانتومی بینهایت می انجامید.

توفت و ولتمن نشان دادند که چگونه می توان این بینهایتهای نامطبوع را رام و توجیه کرد. در «ماشین آلات ریاضی» آنها ابتدا نظریه با وارد کردن عواملی از جمله تعدادی «ذرات شبح مانند» اصلاح کردند. سپس محاسبات در فضا زمانی غیرواقعی که تعداد ابعاد آن اندکی کمتر از اعداد حقیقی بود انجام دادند. سرانجام توفت و ولتمن ما را به دنیای واقعی برگرداندند و نشان دادند که اشباح ناپدید شده اند.

توفت و ولتمن محاسبات ریاضی خود را با برنامه schoons chip که ولتمن برای کار با نمادها نوشته بود انجام دادند.

کوارک سر خوش آمدی

توفت و ولتمن کاری را که به جایزه نوبل انجامید در حوالی سال ۱۹۹۰ انجام دادند. اما تا ارائهٔ نتایج حاصل از آزمایشهای انجام شده در شتابدهندهٔ LEP در آزمایشگاه اروپایی CERN، نقش آنها کاملاً مشخص نشد.

با استفاده از این نتایج، علاوه بر کارهای دیگر توانستند جرم کوارک سر را پیش بینی کنند. این پیش بینی با کشف کوارک سر در سال ۱۹۹۵ در آزمایشگاه فرمی در خارج شهر شیکاگو تأیید شد.

ذرهٔ هیگز کجاست؟

نظریهٔ الکتروضعیف وجود یک ذرهٔ بسیار جالب توجه به نام ذرهٔ هیگز H، را پیشگویی می کند. جرم خود ذرهٔ هیگز را نمی توان مانند جرم کوارک سر با استفاده از روشهای توفت و ولتمن پیش بینی کرد. آیا ذرهٔ هیگز کشف خواهد شد؟ انتظار می رود که پاسخ به این پرسش به پیشرفتهای قابل ملاحظه ای در شناخت ما از عالم بینجامد.

تجربه های آموزشی

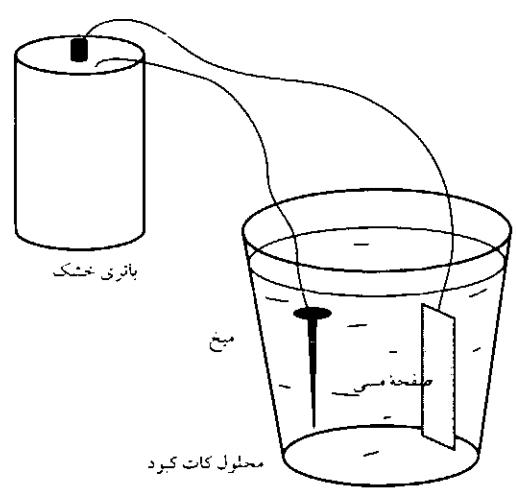
«آزمایشهای ساده»
قسمت چهارم: جریان الکتریسیته

اصغر نوروزیان

مرد خردمند هنرپیشه را
عمر دو بایست در این روزگار
تا به یکی تجربه اندوختن
در دگری تجربه بردن به کار

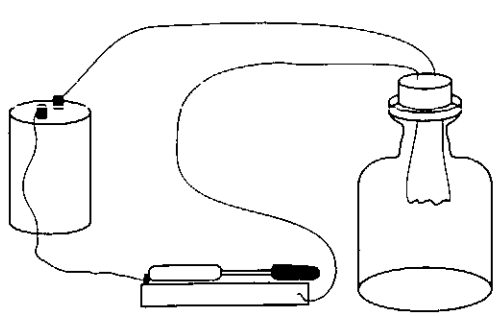
همان طور که در قسمتهای I، II و III تذکر دادم، این آزمایشها با وسایل ساده و ارزان قیمت و اشیاء دور ریختنی اجرا می شود. در قسمت I ده آزمایش مربوط به مکانیک و در قسمت II ده آزمایش دربارهٔ الکتریسیتهٔ ساکن و در قسمت III ده آزمایش دربارهٔ الکتریسته جاری مستقیم را انجام دادید و در این قسمت ده آزمایش دیگر دربارهٔ جریان الکتریسیته خواهید دید.

آزمایش ۱: مقداری سولفات مس (کات کبود) را در یک لیوان بزرگ غیرفلزی پر از آب حل کنید تا محلول آبی رنگ خوبی بدست آید یک سر سیمی را به قطب مثبت (قطب وسطی) یک باتری ببندید و سر دیگر آن را به یک قطعه مس بسته و در محلول لیوان قرار دهید. قطب منفی باتری (قطب کناری) را به وسیلهٔ سیم مسی دیگری به یک میخ آهنی که قبلاً خوب شسته و پاک کرده اید (تا چربی و زنگ نداشته باشد) ببندید ودر داخل همان لیوان پر از محلول بگذارید شکل(۱) ـ در مدّت کوتاهی ورقهٔ نازکی از مس روی میخ رسوب می کند. به جای میخ می توانید بهمین ترتیب اجسام فلّزی دیگری را آب فلز بدهید.



شکل ـ ۱

آزمایش ۲: دو رشته کوتاه سیم مسی روپوشدار نازک را انتخاب کنید و یک سر آنها را از چوب پنبهٔ بطری کوچک بگذرانید. به دو سر آنها یک قطعه سیم آهنی نازک و کوچک محکم کنید و با چوب پنبه بطری را ببندید و سر دیگر این دو سیم مسی را به یک یا دو باتری و یک کلید وصل کنید. کلید را ببندید، می بینید که ابتدا سیم آهنی سرخ شده و گرما می دهد و رفته رفته نور سفید تولید می کند (شکل۲). اگر این عمل ادامه پیدا کند سیم آهنی داغ با اکسیژن هوای داخل بطری ترکیب می شود و می سوزد. این وسیلهٔ ساده طرز کار یک لامپ معمولی برق را نشان می دهد. در لامپهای معمولی برای جلوگیری از سوختن آن، حباب شیشه را از



شکل ـ ۲

هوا خالی می کنند و برای محافظت سیم داخل لامپ حباب را از یک گاز بی اثر پر می کنند.

آزمایش ۳: یک رشته سیم آهنی نازک تقریباً به طول دو متر را به صورت سیم پیچ درآورید و آن را به طور سری به یک باتری و یک لامپ کوچک ببندید، لامپ روشن می شود. حال با یک کبریت یا شمع سیم پیچ آهنی را گرم کنید، نور چراغ کم می شود و ممکن است خاموش شود. از این آزمایش نتیجه می گیریم که گرما مقاومت الکتریکی سیمها را زیاد می کند.

به این دلیل است که لامپهای الکتریکی معمولاً در لحظه روشن کردن که هنوز رشتهٔ داخلی آن سرد است و مقاومت آن کم است می سوزد نه در موقع خاموش کردن لامپ.

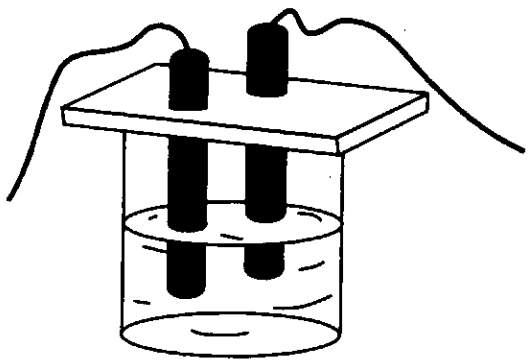
آزمایش ۴: می دانیم که برای کم و زیاد کردن شدت جریان برق از مقاومت متغیّر استفاده می کنند که معمولاً آن را رئوستا می نامند و آن اقسام مختلف دارد. یک نوع از آن را که رئوستای آبی می نامند در اینجا شرح می دهیم:

توجه کنید، وقتی که این رئوستا را برای برق شهر بکار می برید، حتماً دستکش لاستیکی مخصوص پوشیده باشید و یا مدار را از برق جدا کنید و بعداً دست بزنید.

برای این منظور یک دیس یا بشقاب بزرگ پیرکس یا دیس سفالی یا چینی به قطر تقریبی ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر لازم است. دو دَر قوطی فلزّی که کنارشان را سوراخ می کنید و به انتهای لختِ دو رشته سیم مسی روپوشدار می بندید و در فاصلهٔ کمی از یکدیگر در داخل بشقاب قرار می دهید و روی هر یک از دَر قوطیها یک قطعه سنگ کوچک می گذارید و بعد در بشقابِ آب می ریزید (شکل ۳) و در مداری قرار می دهید. می دانید که آب خالص برای جریان برق نارساناست ولی آب معمولی که دارای نمکهای مختلف است رسانای خوبی نیست و می توان با افزودن مقدار کمی نمک طعام آن را رسانا کرد.

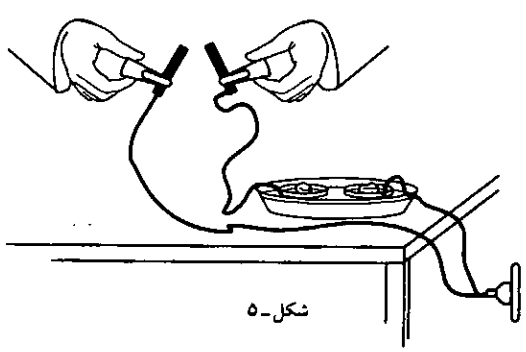
در نوع دیگر می توانید به جای دَر قوطی از میله های زغالی باتری های خشک فاسد استفاده کرد و مطابق شکل (۴) یکی از دو میلهٔ زغالی را بتوان در سوراخ تخته، بالا و پایین برد. (توجّه کنید که در آزمایشهای بعدی که از این رئوستاهای آبی استفاده می کنید دست به میله های زغالی و آب تماس پیدا نکند).

شکل ـ ۳



شکل ـ ۴

آزمایش ۵: قوس الکتریکی اولین منبع قوی نور است که در سال ۱۸۰۱ توسط دانشمند فیزیک انگلیسی به نام همفری داوی اختراع شد. شما می توانید با یک آزمایش آن را تکرار کنید. برای این منظور، دو میلهٔ زغالی (از پیلهای خشک دور ریختنی) را به وسیلهٔ گیره های نارسانای بند لباس به هم تماس دهید (شکل ۵). این میله های زغالی به وسیلهٔ سیمهای مسی روپوشدار به یک رئوستای آبی (آزمایش ۴) و دو شاخهٔ برق وصل است، دو شاخه را وارد پریز برق کنید. نور شدیدی تولید می شود و بعد میله های زغالی را کمی از یکدیگر دور کنید، قوس الکتریکی نور خیره کننده ای تولید می کند. (اگر جریان برق ضعیف بود با تنظیم رئوستا یا اضافه کردن نمک آنرا تقویت کنید و باز تکرار می کنیم از دست زدن به آب رئوستا یا قسمتهای باز



شکل ـ ۵

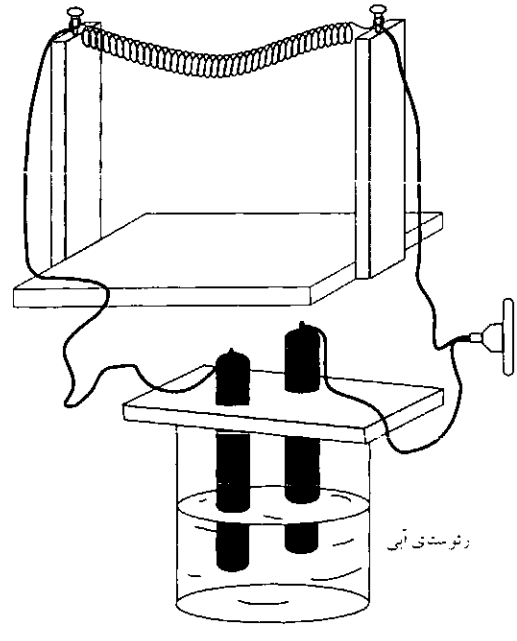
مدار جداً خودداری کنید و با عینک دودی کار کنید تا نور شدید به چشمهایتان صدمه نزند).

آزمایش ۶: براساس آزمایش قبلی می توانیم یک کورهٔ قوس الکتریکی بسازیم که در حدود ۳۷۶۰ درجهٔ سانتیگراد دما ایجاد کند درصورتیکه آهن در ۱۵۳۵ درجهٔ سانتیگراد ذوب می شود.

در دیوارهٔ یک گلدان بدون لعاب کوچک به وسیله مته یا نوک سوهان سه گوش دو سوراخ مقابل هم ایجاد کنید به قسمی که بتوانید از آنها دو میلهٔ زغالی (از دوباتری خشک دورریختنی) بگذارنید. این میله های زغالی در داخل دو لوله فلزی از دو پایهٔ چوبی عبورداده شده است. این پایه های چوبی به وسیلهٔ یک صفحهٔ تخته ای قایم نگاه داشته اند و با قرار دادن آجر مناسب در روی صفحهٔ تخته ای می توانید گلدان را روی آن قرار دهید و یک بشر یا ظرف فلزی که دارای کمی آب است در بالای گلدان بگذارید. بعد از وصل کردن زغالها به یک رئوستای آبی و یک دوشاخه آن را به جریان برق وصل کنید. می بینید که آب می جوشد.

[باز هم از دست زدن به قسمتهای مختلف و آب رئوستا جداً خودداری کنید و با عینک دودی کار کنید].

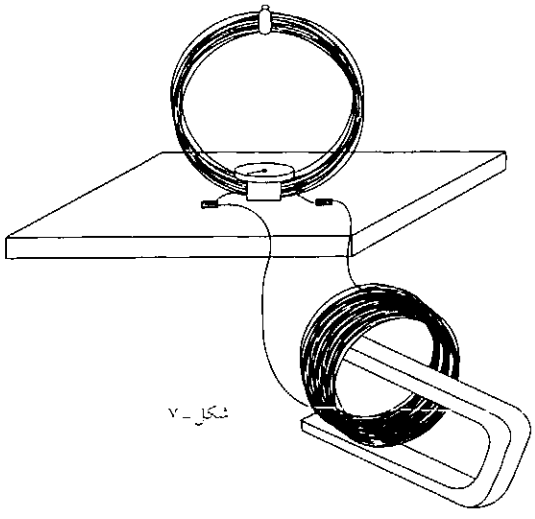
آزمایش ۷: دو قطعه چوب تقریباً به طول ۲۰ سانتیمتر را مطابق (شکل ۶) به یک صفحه تخته محکم کنید. دو پیچ



شکل ـ ۶

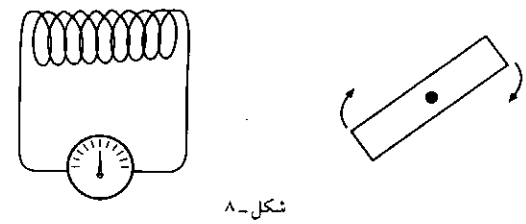
یا دو میخ بزرگ به قسمت بالایی هر یک از این چوبها بکوبید و یک رشته سیم آهنی نازک به طول تقریبی ۱۵۰ سانتیمتر را دور یک مداد به پیچید تا به صورت فنر بدست آید. دو سر آن را به دو میخ یا پیچ بالای پایه ها به پیچید و آنها را به وسیله دو رشته سیم مسی روپوشدار و یک رئوستای آبی به دو شاخه برق وصل کنید. ابتدا فاصله دو قطب رئوستا را زیاد بگیرید و احتیاط های لازم آزمایشهای قبلی را مدّنظر بگیرید و بعد دوشاخه را ببرق بزنید و با یک میلهٔ نارسانا قطبهای رئوستا را کم کم به هم نزدیک کنید تا فنر آهنی سرخ شود و گرما تولید کند. کمی کاغذ یا تراشه چوب را به آن بزنید و سوختن آن را ملاحظه کنید. به جای سیم آهنی می توانید از سیم نیکروم که در اتو برقی استفاده می کنند فنر مارپیچی بسازید و در این آزمایش بکار ببرید.

آزمایش ۸: سیم پیچی از یک رشته سیم مسی نازک روپوشدار که تقریباً ۵۰ حلقه دارد تهیّه کنید و به وسیلهٔ دو



شکل ـ ۷

رشته سیم مسی دراز به یک دستگاه نشان دهندهٔ جریان برق (گالوانومتر) که در قسمت III آزمایشهای ساده شرح دادیم، وصل کنید. البته این دو رشته سیم باید به اندازهٔ کافی دراز باشد تا آهنربا مستقیماً روی عقربه دستگاه اثر نگذارد. یکی از قطبهای آهنربا را در سیم پیچ وارد کنید و تولید جریان القایی را با انحراف عقربهٔ قطب نما ملاحظه نمایید. (شکل ۷)

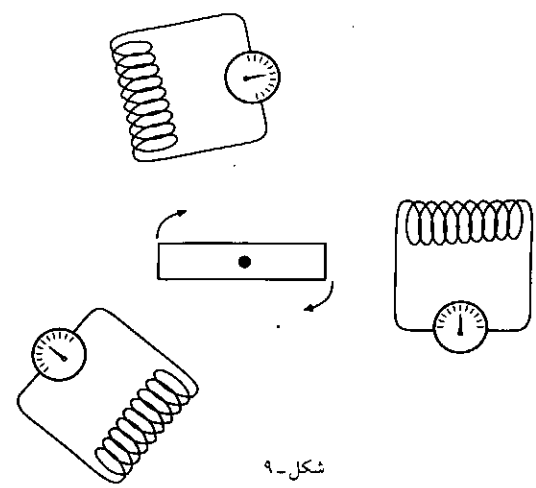


شکل ـ ۸

این آزمایش را با قطب دیگر آهنربا انجام دهید، می بینید وقتی آهنربا و سیم پیچ نسبت به هم حرکت می کنند جریان برق القایی تولید می شود.

آزمایش را در حالتهای مختلف تکرار کنید، می بینید انحراف عقربه، موقعی که یک قطب آهنربا به سیم پیچ نزدیک می شود، برعکس موقعی است که از آن دور می گردد و همچنین اثر قطب دوم آهنربا. برعکس اثر قطب اوّلی آن است. می توانید این عمل را با آزمایش زیر بهتر ببینید:

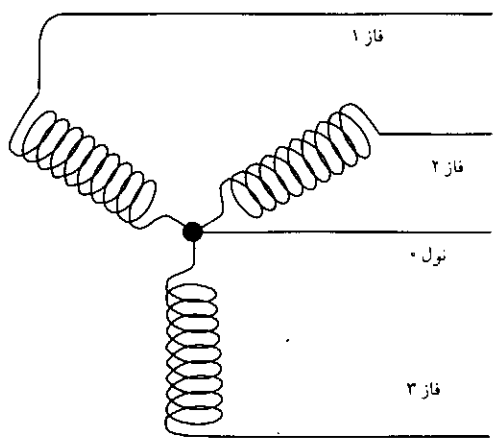
یک آهنربای میله ای شکل را مقابل سیم پیچی به طور یکنواخت بچرخانید و حرکت عقربه را ملاحظه کنید (شکل۸). این آزمایش اساس مولّد جریان برق متناوب را نشان می دهد.



شکل ـ ۹

اگر آهن ربا را در مقابل سه سیم پیچ که محورهای آنها باهم زاویهٔ ۱۲۰ درجه می سازند بچرخانید، درحقیقت سه مولّد جریان متناوب خواهید داشت که جریان هر مولد از جریان مولّد مجاور به اندازهٔ ثلث زمان دور آهنربا تأخیر دارد. این دستگاه، اساس مولّد جریان برق سه فاز است (شکل۹) معمولاً مولد جریان برق شهرهای بزرگ به همین ترتیب کار می کند.

اگر یک سر این سیم پیچها را به هم ببندیم، در نقطهٔ اتصال. جریانهای آنها یکدیگر را خنثی می کنند مشروط به اینکه سه مدار کاملاً مشابه هم باشند و به این ترتیب سیمی که به آنجا وصل می شود تقریباً برق ندارد و آنرا **سیم خنثی** (نول) می نامند و سیم دوّم هر سیم پیچ را **سیم فاز** می نامند (شکل۱۰).

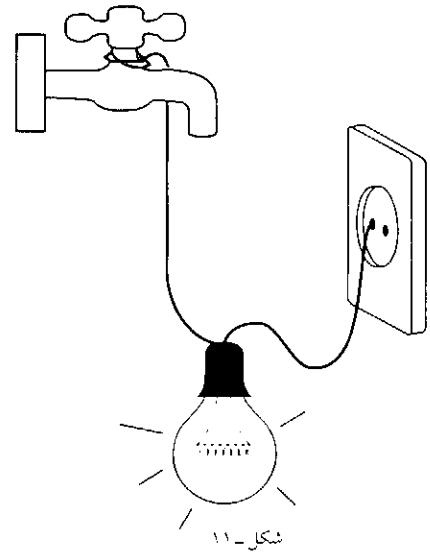


شکل ـ ۱۰

آزمایش ۹: چگونه می توانید سیم فاز و خنثی را مشخّص کنید؟

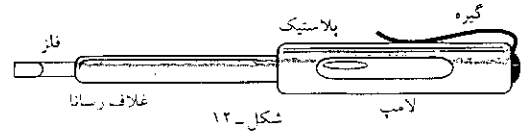
با یک آزمایش ساده می توانید این کار را انجام دهید: یک سر لامپ معمولی را با سیم مسی روپوشدار به زمین (شیر آب، لوله کشی آب یا رادیاتور) وصل کنید و سیم دیگر آن را با **احتیاط** به یکی از سوراخهای پریز برق وارد کنید. اگر لامپ روشن شد آن سیم فاز است و سیم دوم سیم خنثی است(شکل ۱۱).

این آزمایش اساس کار **فازمتر** را نشان می دهد. در عمل فازمتر از یک آچار پیچ گوشتی تشکیل شده است که در داخل دستهٔ آن یک لامپ کوچک مانند لامپ نئون قرار دارد که یک طرف آن به قسمت فلزی آچار و قسمت دیگر آن به یک قرص فلزی که در انتهای دستهٔ پلاستیکی آن است قرار دارد، متّصل است.



شکل ـ ۱۱

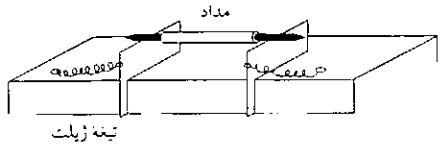
در اینجا «انگشت» کار زمین را می کند (شکل ۱۲).



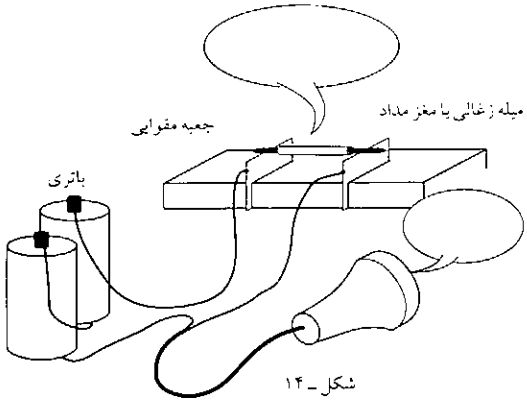
شکل ـ ۱۲

آزمایش ۱۰: در سطح بالایی یک جعبهٔ مقوایی کوچک، به وسیلهٔ چاقوی کوچکی دو شکاف موازی یکدیگر به فاصلهٔ تقریبی ۴ سانتیمتر ایجاد کنید. در هر شکاف نیمی از یک تیغ ژیلت را وارد کنید به طوری که لبهٔ تیز آنها بیرون جعبه باشد و به آن محکم چسبیده باشد و اگر لازم باشد با موم داغ این کار را انجام دهید. به هریک از نیم تیغها یک سیم نازک مسی را ببندید. حالا دو طرف یک مداد کوچک را بتراشید. مغز مداد از دو طرف تراشیده را روی لبهٔ تیز دونیم تیغ مطابق شکل(۱۳) قرار بدهید. اکنون میکروفن تلفن شما آماده است و مطابق شکل(۱۴) آن را با باتری و گوشی تلفن به طور سری ببندید. برای تنظیم آن مداد را کمی جابجا کنید و در گوشی صدای نوفه را خواهید شنید. برای اینکه دستگاه را برای صحبت تنظیم کنید، کافی است یک ساعت روی جعبهٔ مقوائی بگذارید و مداد یا میلهٔ زغالی را کمی جابجا کنید تا صدای تیک تاک ساعت را از گوشی چندین بار بلندتر از حال عادی بشنوید. وقتی وضعیّت مناسب مداد معلوم شد، ساعت را بردارید و دوست شما گوشی را به گوش خود نزدیک کند و شما مقابل جعبهٔ مقوائی حرف بزنید (شکل۱۴).

بهتر است سیم های گوشی دراز باشد تا صدا از راه هوا مزاحم نشود. وگرنه گوش دیگر را با انگشت باید مسدود کرد.



شکل ـ ۱۳



شکل ـ ۱۴

گزارشی از افتتاح مرکز علوم و فنون بنیاد علمی حریری

* مرکز علوم و فنون بنیاد علمی محمدرضا حریری در شهر بابل به دنبال چند سال زحمت و تلاش شبانه روزی و صرف هزینه های گزاف از طرف بنیانگذار دانش دوست آن آقای مهندس محمدرضا حریری در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۷/۲۲/ ۱۳۷۸ با حضور جمع کثیری از دوستداران علم در استان مازندران و مدعوین تهران و شهرستانها از جمله هیأت امناء و چند نفر از کارمندان بنیاد علمی زیرک زاده، همکار نزدیک و همفکر بنیاد علمی حریری، پس از نواختن سرود جمهوری اسلامی و قرائت آیاتی از قرآن مجید رسماً گشایش یافت و در اختیار جوانان دانش پژوه و اولیاء و مربیان آنها قرار گرفت تا در محوطه ای زیبا ابزار علمی را از نزدیک ببینند، طرز کار وسایل را یاد بگیرند و سرانجام روزی دانشمندی برجسته و مخترعی نام آور شوند.

سرعت نور در یک محیط شفاف*

پاتول جی هویت
مترجم: احمد توحیدی

سرعت نور در طبیعت ثابت است. یعنی، سرعت آن در خلاء ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است که آن را C می نامند. نور در محیط های شفاف سرعت کمتری دارد. برای مثال سرعت نور در آب ۷۵ درصدِ سرعت آن در خلاء یا ۰/۷۵C، در شیشه در حدود ۰/۶۷C است که به نوع شیشه بستگی دارد و در الماس فقط ۰/۴۱C است. هنگامی که نور از این محیط ها خارج می شود دوباره با همان سرعت اولیه یعنی C حرکت می کند. باتوجه به آنچه درباره انرژی آموخته ایم این رفتار نور شگفت انگیز به نظر می رسد. برای مثال، اگر گلوله ای را به یک تخته شلیک کنیم، سرعت گلوله هنگام گذشتن از تخته کُند می شود و با سرعتی کمتر از سرعت ورودی از تخته خارج می شود. گلوله مقداری از انرژی خود را هنگام برهم کنش با الیاف و تراشه های مادهٔ سازنده تخته از دست می دهد. اگر گلوله پس از کُند شدنِ سرعت در تخته باز هم باسرعت اولیه از تخته خارج شود مسلماً باید شگفت زده شویم. سرعت باریکه نور هنگام ورود به شیشه C، در آن کند شده و با سرعت C از شیشه خارج می شود.

برای درک این رفتار نور باید فوتونهایی که سازندهٔ باریکه نور هستند به طور انفرادی مورد ملاحظه قرار داد. هم چنین باید برهم کنش میان فوتونها و مولکولهایی که با آنها روبه رو می شوند نیز مورد بررسی قرار گیرد. فوتونهای فرودی با الکترونهای این مولکول برهم کنش می کنند. الکترونهای مداری در اتمها یا مولکولها را می توانیم به عنوان نوسانگرهای کوچکی درنظر بگیریم که به فنرهای نامرئی چسبیده اند که در بسامدهای معینی به حالت تشدید درمی آیند و به آسانی در گستره ای از بسامدها به ارتعاش واداشته می شوند. این گستره برای مولکولهای گوناگون متفاوت است. مثلاً برای شیشه شفاف گستره بسامدها همه در قسمت مرئی طیف نور سفید قرار دارند. هنگامی که یک فوتون به محیط شفافی مثلاً شیشه برخورد می کند مولکول روی سطح شیشه آن را جذب می کند. الکترونی متعلق به این مولکول با بسامدی برابر با بسامد فوتونِ فرودی شروع به ارتعاش می کند. ارتعاش باعث می شود که دومین فوتون با بسامدی مساوی بسامدِ فوتون فرودی گسیل شود. فوتونی متفاوت از فوتون اوّل امّا تمیزناپذیر از آن. دومین فوتون تا مادامی که جذب مولکول دیگری در شیشه نشود با سرعت C حرکت می کند. الکترون مولکول جدید نیز به ارتعاش درمی آید و فوتونی متفاوت امّا تمیزناپذیر از فوتون فرودی باز گسیل می کند. این فرآیند جذب ـ بازگسیلی حادثه ای آنی نیست یعنی زمانی برای این فرآیند لازم است درنتیجه سرعت متوسط نور در داخل مواد کمتر از C است. اگرچه سرعت لحظه ای یک فوتونِ منفرد C است، سرعت متوسط باریکه ای از فوتونها که در داخل مواد جذب و بازگسیلیده می شوند کمتر از C است. باید بین **سرعت لحظه ای** حرکت نور از میان تک تک مولکولها در یک ماده و **سرعت متوسط** حرکت نور از میانِ ردیفِ میلیونها مولکول در یک ماده شفاف تمایز قایل شد. هنگامی که نور از میان یک ماده شفاف می گذرد و سرعت آن کند می شود به این سرعت، سرعت متوسط اطلاق می شود. برخلافِ گلوله که از میان تخته می گذرد، فوتونها به داخل شیشه نَفب نمی زنند. فوتونی که از سطح شیشه خارج می شود همان فوتونی نیست که به شیشه وارد شده است. منظره ای که از دریچه می بینید وقتی به بیرون نگاه می کنید شامل فوتونهایی است که از سطح داخلی شیشه خارج می شوند.

منبع:
* The Velocity of Ligh in a Transparent Medium Paul G.Hewitt. Conceptual Physics. Little. Brown and Company. Boston. 1974.

تجربه های آموزشی

محمد علی پزشپور

«**روش حل مسأله در فیزیک**» حاصل تجربه آموزشی است که به وسیله یکی از دبیران علاقمند و با سابقه فیزیک به نظر همکاران محترم و دانش آموزان عزیز می رسد.

امیدواریم دبیران گرامی، خوانندگان رشد آموزش فیزیک را از ارائهٔ تجربه های خود بهره مند سازند و به کیفیت آموزش کشور غنای بیشتر ببخشند.

گامهای اساسی برای حل مسئله

گام اول: شناسائی معلوم ها. مسئله را با دقت کامل بخوانیم. یک بار دیگر مسئله را بررسی کنیم و در این بررسی به جستجوی پرسشها نباشیم و با دقت بیشتری داده های مسئله را شناسائی کنیم و اطلاعات داده شده را بطور کامل درنظر گیریم.

گام دوم: رسم شکل. در هر مسئله اگر ممکن است تصویری و یا شکلی برای مسئله ترسیم کنیم و اطلاعات داده شده را روی شکل و در جای مناسب خودش بنویسیم. اعداد را با نماد آن کمیت و همراه با واحد آن یادداشت کنیم.

گام سوم: مشخص کردن مجهول ها. پرسشهای مسئله را جستجو کنیم و مجهول های مسئله را با نماد خاص خود بنویسیم. بدینطریق معلوم ها و مجهول های مسئله مشخص می گردد.

گام چهارم: نوشتن معادله. آنگاه رابطه ای را جستجو کنیم که معلوم ها و مجهول مسئله را به هم مرتبط می سازد. حل کننده مسئله نه تنها باید رابطه ای را که نوشته است بفهمد بلکه باید توجه کند که چگونه به این رابطه می توان دست یافت. هرگاه با دقت به اطلاعات مسئله توجه شود می توان به تعداد مجهول های مسئله معادله های فیزیکی نوشته و از حل آنها کمیت های مجهول را به دست آورد روابطی را که می نویسد بررسی کند که آیا داده های مسئله در این روابط به کار می روند یا خیر؟

گام پنجم: جایگزینی اعداد. داده های مسئله را (در S.I) به جای کمیت های رابطه (معادله) انتخابی جایگزین کنید (گاهی داده های مسئله مورد نیاز واقع نمی شود. مهم آن است که کدام اطلاعات داده شده برای رسیدن و دست یافتن به مجهول ضروری است. در جایگزینی اعداد کمیت ها کوشش کنید که کمیت ها را همراه با واحد آن (در S.I) بنویسید تا در پاسخ مشکلی به وجود نیاید.

گام ششم: حل معادله. بادقت کامل عملیات ریاضی (جمع و تفریق و ضرب و تقسیم) را انجام دهید و مجهول را به دست آورید. چنانکه عملیات ریاضی به درستی انجام شود، واحد کمیت مجهول نیز به دست می آید.

گام هفتم: بررسی مسئله. یک بار تمام راه حل ها را کنترل کنید. آیا پاسخ به دست آمده با واقعیت تطبیق می کند یا خیر؟ هرگاه پاسخ به دست آمده اغراق آمیز است جایگزینی اعداد و محاسبات انجام شده را مجدداً کنترل کنید.

اغلب دانش آموزان و یادگیرندگان در حل مسئله اشتباهاتی را مرتکب می شوند که معلمین باید به هنگام آموزش حل مسئله نکاتی را یادآور شوند تا دانش آموزان برای دوری از آن اشتباه آگاهی کامل به دست آورند. اهم این خطاها عبارتند از:

۱ـ اغلب دانش آموزان بدون دقت در بررسی مسئله، فوری اقدام به حل مسئله می کنند و پرسشهای خواسته شده را جستجو می کنند.

۲ـ در کارهای گروهی بعضی از دانش آموزان نظر گروه را یادداشت می کنند و خود درباره مسئله تفکر نمی کنند.

۳ـ تعدادی از دانش آموزان به مسیر حل مسئله (گامهای اساسی) توجه نمی کنند و از یک گام به گام دیگر جهش می کنند.

۴ـ در تبدیل واحدها اشتباه می کنند و در تبدیل واحدهای کوچکتر به بزرگتر و یا بالعکس با دقت عمل نمی کنند.

۵ـ در عملیات ریاضی بی دقتی کرده و عملیات چهارگانه ریاضی انجام شده را بررسی مجدد نمی کنند این عملیات بایستی روی کاغذ چرکنویس و منظم انجام شود تا بازبینی مجدد آن میسر باشد.

مثال نمونه

گلوله ای به جرم ۲ کیلوگرم از ارتفاع ۵ متری رها می شود و در زمین نرم به اندازه 5^{cm} فرو می رود نیروی متوسط از این ضربه وارد بر زمین را به دست آورید.

گامهای اساسی برای حل مسئله		
گام	بررسی اولیه مسئله	با دقت بیشتر (بررسی مجدد)
گام اول	بررسی مسئله و جستجوی اطلاعات	مسئله دوباره خوانده شود تا داده های مسئله حذف نگردد.
گام دوم	رسم تصویر و یا شکل برای کمک به حل مسئله	در ترسیم شکل نسبت اندازه ها به یکدیگر توجه شود.
گام سوم	پیدا کردن پرسشها و تشخیص مجهول ها	نوشتن مجهول ها با نماد خاص خود.
گام چهارم	پیدا کردن رابطه ای بین مجهول و معلوم	توجه کافی که رابطه چگونه به دست آمده است.
گام پنجم	جایگزینی اطلاعات داده شده (در S.I)	همرا با هر عدد، واحد آن نوشته شود.
گام ششم	انجام عملیات ریاضی (برای اعداد و واحدها)	واحد مجهول را به دست آورید
گام هفتم	بررسی راه حل های انجام شده	پاسخ با واقعیت قابل انطباق است ؟ یا خیر ؟

$\left(g = ۹/۸ \frac{m}{s^۲}\right)$

حل مسئله: **گام اول** گلوله در سقوط آزاد به تدریج بر سرعتش اضافه می شود. شتاب حرکت همان شتاب گرانش است و به هنگام برخورد با زمین می توان سرعت آن را برابر سرعت اولیه برای حرکتی که در زمین نرم دارد درنظر گرفت و این حرکت شتابدار کند شونده باشتاب ثابت درنظر گرفته می شود و پس از طی مسافتی متوقف می گردد. در این مسیر از مقاومت هوا صرفنظر کرده ایم.

گام دوم: گلوله مسیر AB را که معادل ۵ متر است بدون اثر مقاومت هوا و مسیر BC مساوی ۵ سانتیمتر را در خاک طی می کند.

سرعت گلوله در نقطه B برابر سرعت اولیه برای مسیر BC درنظر گرفته می شود و سرعت در نقطه C صفر است چون متوقف شده است.

گام سوم: یکی از مجهول های مسئله سرعت گلوله درنقطه B و دیگری شتاب حرکت که ثابت فرضی شده است در مسیر BC می باشد. که با دانستن شتاب حرکت می توان نیروی متوسط بر گلوله را از قانون نیوتون به دست آورد.

گام چهارم: با استفاده از رابطه $v^۲ - v_۰^۲ = ۲gh$ که از ترکیب دو رابطه $h = \frac{۱}{۲}gt^۲ + v_۰t$ و $v = gt + v_۰$ که t را حذف کرده ایم، به دست آمده است استفاده می کنیم.

گام پنجم و ششم:

$$v_B^۲ - v_A^۲ = ۲gh \Rightarrow v_B^۲ - ۰ = ۲ \times ۹/۸ \frac{m}{s^۲} \times ۵m$$

$$\Rightarrow v_B = \sqrt{۹۸}\ \frac{m}{s}$$

این سرعت برای مسیر BC در حکم سرعت اولیه محسوب می شود و رابطه مستقل از شتاب را برای مسیر BC می نویسیم و a شتاب حرکت در مسیر BC که ثابت فرض شده است

$$v_C^۲ - v_B^۲ = ۲ax \Rightarrow ۰ - \left(\sqrt{۹۸ \frac{m}{s}}\right)^۲ = ۲a(۰/۰۵m)$$

$$\Rightarrow ۹۸\left(\frac{m}{s}\right)^۲ = (۰/۱m)a \Rightarrow a = ۹۸۰ \frac{m}{s^۲}$$

و نیروی متوسط وارد بر گلوله برابر است با

$$F = ma \Rightarrow F = ۲kg \times ۹۸۰ \frac{m}{s^۲} = ۱۹۶۰kg \frac{m}{s^۲}$$

$$\Rightarrow F = ۱۹۶۰N$$

و این نیروی متوسط قابل پذیرش است زیرا برای ورود گلوله (در زمین نرم) در جابه جائی ۵ سانتیمتر نیروی مقاومی (برابر ۱۹۶۰N) از طرف زمین عادی به نظر می رسد.

روشهای تجربی ایجاد انگیزه و علاقه در دانش آموزان نسبت به درس فیزیک

فاطمه اکبرزادهٔ خویی

● **روشهای ایجاد انگیزه و علاقمندی نسبت به درس فیزیک در دانش آموزان:**

۱ـ جذب دانش آموزان به معلم: دبیر باید در جلسات اول در دانش آموزان خود حس دوستی و محبت را ایجاد کند. برای این منظور پیش از درس یا پس از اتمام درس، معلم از مسائل مورد علاقهٔ دانش آموزان صحبت به میان آورد و گاهی از خاطرات نوجوانی خود و یا از مسائل اجتماعی صحبت کند و از دانش آموزان نیز بخواهد که نظرات خود را بیان کنند تا به این طریق، دانش آموزان نسبت به معلم خود اعتماد پیدا کرده و به او علاقه مند شوند. چون این حس در دانش آموزان دختر بسیار مؤثر است و اگر دختران به معلم خود علاقه پیدا کنند، در اکثریت موارد درس مربوطه را نیز باعلاقه و جدیت می خوانند و درغیراین صورت، از درس نیز بیزار می شوند و باتوجه به سختی درس فیزیک، رعایت این امر بسیار ضروری به نظر می رسد.

اینجانب نیز در پی تجربهٔ چند سالهٔ خود، خصوصاً در سال تحصیلی ۷۸ـ۷۷ این امر را به جدیت دنبال کردم و خودم را در این امر موفق می دانم. این موفقیت را در برخورد با دانش آموزان و نامه های پرمهر و محبت آنها احساس می کنم. و از اینکه توانستم نوجوانان پاک میهنمان را به سوی خود و به درس فیزیک علاقه مند کنم، در پیشگاه خداوند منان احساس آرامش وجدان دارم.

۲ـ ایجاد انگیزه برای یادگیری فیزیک: معلم باید در جلسهٔ اول مفاهیم و کاربردها و اهداف علم فیزیک را برای دانش آموزان بیان کند و آنها را با این امر آشنا کند که هر شخص دیپلمه ای نیازمند یادگیری این درس است، مثلاً کاربرد فیزیک را در چند شغل و یا زندگی روزمره عنوان کند تا اهمیت این درس به عنوان درس پایه برای علوم دیگر مشخص شود و در این میان، یک جلسهٔ مباحثه با دانش آموزان تشکیل دهد.

۳ـ شرکت دانش آموزان در کارهای فوق برنامه در ارتباط با درس فیزیک: مثلاً با ایجاد یک انجمن دانش آموزی به فعالیتهای زیر بپردازند:

الف) اجرای مسابقه های علمی ماهانه در سطح مدرسه

ب) انتشار ماهنامهٔ فیزیکی

ج) بازدیدهای علمی و تفریحی

این امر علاوه بر هدایت صحیح دانش آموزان برای مطالعه و ایجاد انگیزه، باعث می شود اوقات فراغت دانش آموزان در راههای صحیح و مفید مصرف شود و درضمن باعث ایجاد همکاری و هماهنگی بین دانش آموزان نوجوان شود. اینجانب روشهایی را که گفته شد، تجربه کرده ام که در رابطه با هر کدام توضیحات مختصری را عنوان می کنم.

دانش آموزان باتوجه به علاقه های خود در یکی از موارد بالا یا هر سه مورد تقسیم می شوند.

● **در بخش مسابقه های ماهانه،** از دانش آموزان علاقه مند خواسته می شود تا هر کدام ۵ تست مربوط به درس را جمع آوری کنند و به معلم خود تحویل دهند (این کار موجب مطالعه و حل مسأله های خارج از کتاب توسط دانش آموزان می شود). و سپس از میان سؤالهای رسیده و سؤالاتی که خود دبیر صلاح می داند، سؤالات مسابقه طراحی می شود.

برای مسابقه ها از هر دانش آموز ۱۰۰ تومان به عنوان ورودی گرفته می شود تا هم هزینهٔ ورقه تأمین شود و هم جوایز نفرات اول تا دهم از همین مبلغ تهیه شود، تا تحمیلی بر بودجهٔ مدرسه نباشد.

● **در بخش انتشار ماهنامه یا فصلنامهٔ**

فیزیک، از دانش آموزان خواسته می شود به مطالعهٔ کتابهای غیردرسی و علمی بپردازند و مطالب جالب توجه و مورد علاقهٔ خود را به طور خلاصه با ذکر منبع جمع آوری کنند و سپس این مطالب توسط معلم مربوطه بررسی و انتخاب می شود تا در مجلهٔ فیزیکی به چاپ برسد.

در ضمن، برای غنی سازی ماهنامه می توان از نمونه سؤالات پایان ترم سالهای گذشته، اطلاعیه های مربوط به سمینارهای علمی ـ تحقیق و آزمایشهای دانش آموزی ـ مطالب ادبی و طنز دانش آموزان در مورد مباحث و مفاهیم فیزیکی و غیره استفاده کرد.

● **در بخش بازدیدهای تفریحی و علمی**، برای بازدیدهای تفریحی از همهٔ دانش آموزان علاقمند دعوت شود تا هم دانش آموزان با دوستان خود ساعات خوشی را داشته باشند و هم این امر به صمیمیت و محبت بین دانش آموزان و معلمان می افزاید.

● **در مورد بازدیدهای علمی**، از دانش آموزان فعال در مجله یا دانش آموزان مستعد فیزیک دعوت شود تا در یک بازدید علمی با تعداد محدود شرکت کنند.

اینجانب نیز با همکاری دبیران دیگر، در دو ترم گذشته به این امر مبادرت کردم و به عنوان بازدید علمی، سازمان هواشناسی کرج را انتخاب کردم و برای بازدید تفریحی دیدار از شهرک سینمایی و مرکز تفریحی آبشار انتخاب شد.

شما و مجله

دانش آموز گرامی، مریم قربانی در هفتمین گردهمایی دانش آموزی انجمن فیزیک ایران سال ۱۳۷۸ موفق به ارائه بهترین گزارش کار با عنوان(اندازه گیری گرمای حاصل از یک شمع) و دریافت لوح تقدیر از طرف هیئت داوران جایزه روزبه و انجمن فیزیک ایران شده است.

آقای دکتر محمد فرهادرحیمی از بخش فیزیک دانشکده علوم مشهد، استاد راهنمای مریم قربانی از دبیرستان دخترانه فرزانگان ـ سال اول مشهد در این گزارش کار بوده است. در این گزارش کار از دو مرجع زیر نام برده شده است.

۱)

Mechanics of fluids. ... , Mc Graw-Hill

۲) کتاب فیزیولوژی پزشکی جلد دوم گایتون ترجمه دکتر فرخ شادان

توفیق بیشتر استاد محترم راهنما و دانش آموز گرامی را خواستاریم.

آقای **سیدمحمد سهرابی** سرگروه فیزیک منطقه بویین میاندشت استان اصفهان ـ مرکز پیش دانشگاهی الغدیر، کارشناس ارشد فیزیک هسته ای:

۱ ـ از توجه دقیق شما به مطالب رشد آموزش فیزیک به خصوص مقاله خواص انعکاس شبه بردارها شماره ۵۱ رشد سپاسگزاریم.

۲ ـ کوشش جنابعالی در تهیه و نگارش مقاله ای با عنوان(آیا تشخیص کمیتهای نرده ای، برداری یا شبه برداری از یکدیگر لازم است؟) و توضیح عدم بقاء زوجیت[ناپایستگی پاریته] مورد تقدیر است. برای تهیه و نگارش این گونه مقاله ها ناگزیریم متناسب با اهداف رشد آموزش فیزیک و علاقمندی مخاطبان آن از منابع علمی مستند به طور دقیق استفاده کنیم.

اندازه‌گیری سرعت بلند شدن و فشار داخل کابین هواپیما

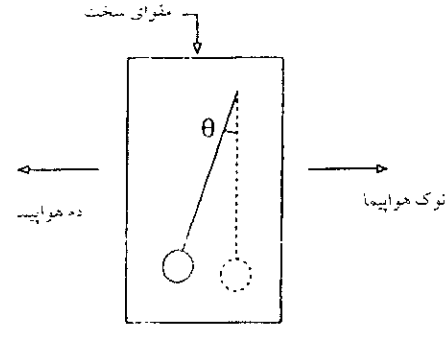
دی . ای . واردِل
مترجم : محمدجواد ترکمنی ـ تینا شریفی

مقدمه

یک هواپیما آزمایشگاه فیزیک بسیار جالبی را در اختیار ما می گذارد . من از پروازهای اخیرم با یکی از خطوط تجاری(وایسپرجت ۱۴۶ هوا ـ فضای بریتانیا) برای انجام دو آزمایش ساده و بسیار دقیق استفاده کردم . در آزمایش اول از یک آونگ برای مشخص کردن شتاب در هنگام حرکت هواپیما روی باند و هنگام برخاستن استفاده شد و در آزمایش دوم از یک فشارسنج پر از آب[۱] برای مشخص کردن افت فشار داخل کابین هنگام پرواز استفاده کردم .

حرکت قبل از بلند شدن

آونگی که برای اندازه گیری شتاب هواپیما مورد استفاده قرار گرفت در شکل ۱ نشان داده شده است . یک ورقه مقوا را اندکی نسبت به امتداد قائم کج کردم تا وزنه آونگ به آرامی با آن اصطکاک داشته باشد و میرایی لازم را به وجود آورد . قبل از برخاستن هواپیما ، زمانی که هواپیما روی زمین متوقف است ، محل وزنه روی مقوا را علامت گذاشتم تا از آن به عنوان مرجع عمودی استفاده کنم(در شکل ۱ با خط چین مشخص شده است) .



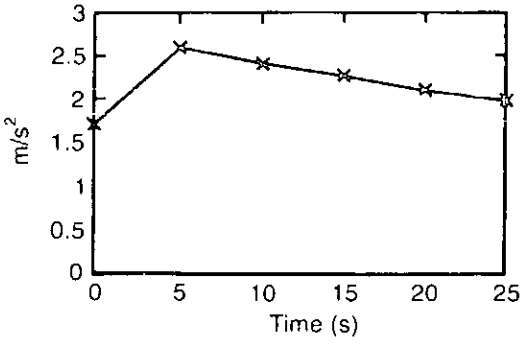
شکل ۱ ـ تصویری از آونگ مورد استفاده برای اندازه گیری شتاب . وزنه با استفاده از یک نخ به طول ۲۵ سانتی متر به مقوا متصل شده است .

سپس در طول خیز قبل از برخاستن هواپیما ، مکان وزنه بر روی مقوا را در بازه های زمانی ۵ ثانیه ای علامت گذاری کردم . با استفاده از این علامتها و مثلثات مقدماتی ، انحراف زاویه ای آونگ از خط قائم مشخص شد . نتایج به دست آمده در جدول ۱ ارائه شده است . توجه داشته باشید که لحظه $t = 0$ ، زمانی است که هواپیما هنوز ساکن بود و در این لحظه خلبان هواپیما ترمز چرخها را برای شروع بلند شدن رها کرد . چرخهای جلوی هواپیما در ثانیه $t = 25$ ، از زمین جدا و هواپیما یکی دو ثانیه بعد از زمین بلند شد .

t (ثانیه)	θ (درجه)
۰	۹/۹
۵	۱۴/۸
۱۰	۱۳/۸
۱۵	۱۳/۰
۲۰	۱۲/۰
۲۵	۱۱/۴

جدول ۱ : زمان t ، و زاویه انحراف θ در حین بلند شدن هواپیما

با فرض مسطح بودن باند پرواز و افقی ماندن هواپیما در طول حرکت قبل از برخاستن ، شتاب هواپیما با استفاده از رابطه $a = g \tan\theta$ به دست می آید(اگر $g = 9/8 \frac{m}{s^2}$ باشد) با استفاده از داده های جدول ۱ منحنی شتاب بر حسب زمان به دست می آید شکل ۲) شایان ذکر است که قله شتاب از $\frac{g}{4}$ بزرگتر است . سطح ناحیه سایه دار زیر منحنی برابر است با $2.01 \frac{km}{h}$. این کمیت بایستی با سرعت هواپیما نسبت به زمین در طول بلند شدن برابر باشد . برای خلبان سرعت هواپیما نسبت به هوای اطراف آن اهمیت بیشتری دارد . چون باندهای پرواز معمولاً موازی با جهت باد غالب ساخته می شوند و هواپیماها نیز در جهت باد بلند می شوند



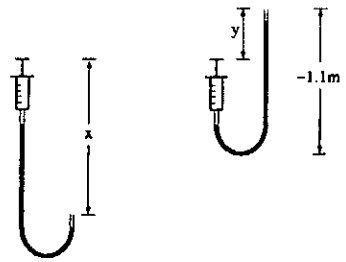
شکل ۲ ـ منحنی شتاب بر حسب زمان برای حرکت قبل از بلند شدن هواپیما

این سرعت نسبی با تقریب خوبی برابر است با سرعت روی زمین به علاوهٔ سرعت باد. در روز پرواز ما نسیمی با سرعت ۱۵ تا $۲۰ \frac{km}{h}$ در فرودگاه می وزید. بنابراین سرعت بلند شدن پیش بینی شده توسط آونگ ۲۱۵ تا $۲۲۰ \frac{km}{h}$ بود، که توافق خوبی با سرعت واقعی هوا که خلبان مساوی ۱۲۵ *knots* یا $۲۳۵ \frac{km}{h}$ بیان کرد داشت. (خلبان از جرم بار، سوخت، و جمعیت داخل هواپیما، برای محاسبهٔ سرعت بلند شدن استفاده می کند.)

فشار هوای داخل کابین

هواپیماهای خطوط هوایی تجارتی معمولاً در ارتفاعی پرواز می کنند که فشار هوا آنقدر کم است که انسان دچار خفگی می شود. بنابراین لازم است که فشار داخل کابین تنظیم شود. به هر حال فشار هوای داخل کابین معمولاً کمتر از فشار سطح زمین است. این امر باعث می شود که نیروی وارد بر دیواره های کابین کمتر شود. به این ترتیب بدنه هواپیما را می توان از مواد سبکتری ساخت که خود موجب افزایش بازده سوخت و کاهش هزینهٔ مسافرتهای هوایی می شود.

فشارسنج مورد استفاده برای اندازه گیری تغییرات فشار هوای داخل کابین در شکل ۳ نشان داده شده است. ایدهٔ اصلی در این فشارسنجی به دام انداختن نمونه ای از هوا در یک سرنگ است. اگر دما و حجم این هوای نمونه ثابت باشد فشار آن نیز ثابت خواهد ماند. پس از این نمونه می توان به عنوان یک مرجع فشار ثابت برای مشخص کردن تغییرات فشار کابین استفاده کرد.



شکل ۳ـ تصویر جانبی از فشارسنج ـ به مقیاس رسم نشده است

سرنگ دارای بیشینه ظرفیت ۲۵ *mlit* (میلی لیتر) و پیستونی نفوذناپذیر نسبت به هواست. همچنین درجه بندی حک شده روی استوانه آن، حجم هوای محبوس شده را نشان می دهد. یک لولهٔ پلاستیکی شفاف به طول ۱/۳۴ متر و قطر داخلی ۳ میلی متر را تا ۵ سانتی متر از هردو انتهایش پر از آب می کنیم. یک انتهای این لوله باز و همواره مجاور هوای داخل کابین بود. قبل از آنکه خدمهٔ هواپیما درها را ببندند سرنگ را از لوله جدا و حجم هوای داخل آن را در ۲۲/۵ میلی لیتر تنظیم کردم. سپس دوباره سرنگ را به لوله وصل کردم. با کشیدن پیستون حجم هوای آنرا تا ۲۵ میلی لیتر افزایش دادم. در خلال این کار فاصلهٔ آب از لبهٔ باز لولهٔ پلاستیکی را ۵ سانتی متر نگه داشتم(سمت چپ شکل ۳). فاصلهٔ x را با استفاده از یک نخ اندازه گرفتم. بعد از برخاستن هواپیما لازم بود که برای نگه داشتن آب داخل لوله سرباز آن را بالا ببریم. هنگامی که هواپیما به بالاترین ارتفاع مسیر خود که به گفتهٔ خلبان برابر با ۲۳۰۰۰ فوت یا (۷۰۰۰ متر) بود، رسید فشار کابین که اکنون ثابت شده است فشارسنج را به صورت نشان داده شده در سمت راست شکل ۳ درمی آورد.

افت فشار داخل کابین در هنگام پرواز در بالاترین ارتفاع مسیر هواپیما با استفاده از رابطه $\Delta p = \rho g(x+y)$ به دست می آید که در آن ρ چگالی آب $\rho = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ و $g = ۹/۸ \frac{m}{s^۲}$ می باشد.

مقدار $(x+y)$ در این آزمایش ۱/۷۶ متر به دست آمد که منجر به $\Delta p = ۱۷/۲$ کیلوپاسکال (۰/۱۷ اتمسفر) شد. فرودگاهی که پرواز را از آنجا آغاز کردیم دقیقاً همسطح دریا و بنابراین فشار کابین در بالاترین ارتفاع مسیر برابر ۰/۸۳ اتمسفر بود. این فشار با فشار هوا در ارتفاع ۵۰۷۰ فوتی(۱۵۵۰ متر) هنگام کوهنوردی برابر است. دستگاههای دقیق خلبان فشار داخل کابین را معادل قلّه کوهی به ارتفاع ۵۰۰۰ فوت نشان می دادند که سازگاری بسیار خوبی با نتایج ما داشت.

توجه داشته باشید که کاهش فشار سرنگ وقتی که هواپیما هنوز روی زمین است(سمت چپ شکل ۳) کاری بسیار زیرکانه است زیرا اندازه گیری تغییر فشاری معادل ۱/۷۶ متر ستون آب با لوله ای که فقط ۱/۱ متر طول دارد را امکان پذیر می سازد. (لوله ای بلندتر از این با فاصلهٔ بین کف تا قفسه های بالای سر کابین سازگاری نداشت). با استفاده از مایعی چگالتر مانند جیوه می توان فشارسنج بسیار جمع و جورتری ساخت. اما بردن جیوه به داخل هواپیما مطلقاً ممنوع است(زیرا مقدار کمی از آن می تواند خسارتهای زیادی به سازه های بزرگ آلومینیومی وارد سازد)

The physics teacher Vol. 37. Oct 99.

(م) فشارسنجی معمولی که در آن به جای جیوه از آب استفاده می شود.

مفهوم «تحقیق» در دبیرستان

جهانگیر ریاضی

مقدمه: تحقیقات در علوم پایه و علوم کاربردی یکی از اساسی ترین مؤلفه های تولید اندیشه های نو در علم و فن آوری هستند و در این عرصه، جوامعی موفق تر بوده اند که ضرورت و جایگاه تحقیق را در کل برنامهٔ توسعهٔ علمی جامعه درک کرده، در برنامه ریزی های اساسی، جایگاه ویژه ای به آن داده باشند. در جوامع در حال گذار از مراحل توسعهٔ علمی، ابتدا لازم است تعریف روشن و مشخصی از مفهوم تحقیقات در مقاطع مختلف ارائه شود که بر اساس آن، افراد با موقعیت و دانش هایی متفاوت بتوانند نقش فعالی در این عرصه داشته باشند. پس از آن، «سرمایه گذاری در عرصهٔ تحقیقات» به عنوان یک اولویت اساسی مطرح شود و شکل اجرائی بخود بگیرد.

کار تحقیقی در سطح دانش آموز دبیرستانی با چه هدف و منظوری باید دنبال شود؟ به بیان دیگر از یک دانش آموز دبیرستانی در عرصهٔ تحقیقات چه انتظاری می توان داشت؟ آیا امکانات و چهارچوب کار تحقیقی در این عرصه، امکان نوآوریهای بنیادی را در فن آوری ایجاد می کند؟ آیا باید انتظار اکتشافات جدید را داشت و ... و پرسشهای بسیار دیگر که ذهن دانش پژوه علاقمند و همچنین ذهن مربی را مشغول می دارند. در پاسخ به این پرسشها مفید است ابتداء اهداف کار تحقیقی را خیلی کلی بیان کنیم:

۱). در جوامعی که کار تحقیقی سابقهٔ درازمدت ندارد، اولین هدف پس از آشنایی با ضرورت و جایگاه تحقیقات در کل توسعه علمی، «آشنایی با آداب و فرهنگ کار تحقیقی» است. به بیان دیگر جامعه علمی ابتدا باید در جریان افت و خیزها، فهم درست و بدفهمی ها، تدریجاً روش صحیح کار تحقیقات را درک کند، اخلاق علمی را در این عرصه بشناسد.

۲). ارائه دستاوردهای نو در عرصهٔ فن آوری، یکی دیگر از اهداف اساسی کارهای تحقیقاتی است. این موضوع، در عرصهٔ رابطهٔ بین «دانشگاه و صنعت»، «علوم پایه و فن آوری» خود را بخوبی نشان می دهد.

هدف از تحقیق در سطح دبیرستان: به روشنی می توان گفت که موضوع کار تحقیقی در سطح دانش آموز دبیرستانی، عمدتاً می تواند با هدف «آشنایی با فرهنگ و روشهای تحقیقات» دنبال شود. چراکه این دانش پژوه جوان و علاقمند و دانشجوی آینده، اگر از امروز با این آداب آشنا شود، با فرض فراهم بودن شرایط مناسب، در آینده می توان انتظار یک محقق خوب را از او داشت.

این باور که کار تحقیقی در این محدوده بتواند منشأ نوآوریهای اساسی در عرصهٔ فن آوری باشد، ممکن است در مواردی بسیار محدود درست باشد، ولی در کل باوری واقعی و قانونمند نیست. پس باید از ترویج چنین تفکری خودداری کرد. در این عرصه برخی برداشتهای نادرست در میان دانش پژوهان جوان وجود دارد که به اختصار به موارد زیر اشاره کرده و باید سعی در رفع آنها داشت:

۱). شتابزدگی و برخورد هیجانی:

کار تحقیقی نیازمند: «امید داشتن به نتایج درازمدت» است و هرگونه شتابزدگی و برخورد صرفاً احساساتی می تواند مانع تداوم کار تحقیقی به صورت علمی باشد. هیجانات و شور و اشتیاق ممکن است به صورت یک محرک عمل کرده و فعالیت فرد را بیشتر کند ولی به عنوان منطق ناظر بر روند صحیح کار علمی و تحقیقی قابل پذیرش نیست. در این راستا باید آموخت که در برخی موارد، دوران زندگی محقق ممکن است مجال آن را ایجاد نکند که، محقق ناظر نتایج کار خود باشد.

۲). انتظار غیرواقعی و تخیلی از کار تحقیقی:

تخیّل یکی از ویژگیهای دانش پژوه جوان است که می تواند در کنار هر فعالیتی، از جمله کار تحقیقی خود را نشان دهد. این وضعیت خیلی دور از ذهن نیست که یک دانش آموز علاقمند به تحقیق، در عالم خیال خود را به صورت یک مخترع یا مکتشف ببیند که موفق به ارائه دستاوردهای نو در علم شده یا حتی تا حدی که جامعهٔ علمی را یکباره دچار حیرت کند. این روحیه اگر به صورت وجه غالب نگرش و اندیشهٔ فرد درآید، نمی تواند او را در جهت صحیح کار علمی هدایت کند. روشن کردن مرز بین خیال و واقعیت علمی برای دانش آموز جوان، می تواند او را در جهت درک و ارائه کارهای بهتر در تحقیق هدایت کند.

۳). اخلاق غیرعلمی و بی صداقتی:

در شرایطی که جامعهٔ علمی در ارزیابی کار تحقیقی افراد، نتواند معیارهای درستی را بکار بندد، روشهای غیراخلاقی و غیرعلمی می توانند جایگزین شیوه های صحیح کار علمی شوند. استفاده غیر اخلاقی از نتایج کار دیگران، دستاورد کار دیگران را بنام خود ارائه دادن و از این قبیل رفتارها. باید توجه داشت که این رفتارهای غیراخلاقی هیچکدام زمینهٔ رشد علمی فرد را فراهم نمی کنند و نهایتاً امکانات و سرمایهٔ کار تحقیقی را به هدر می دهند.

۴). عدم وجود درک صحیح از روند دستیابی به فکرهای نو در تحقیقات:

طرح این پرسش توسط دانش آموز که: برای تحقیق از کجا باید شروع کرد؟ چه موضوعی باید انتخاب شود تا هرچه سریعتر بتوان به یک دستاورد مشخص و کاملاً محسوس در حد ارائه در جشنوارهٔ علمی یا المپیاد دست یافت؟ و اینکه: «شما به من موضوعی بدهید تا روی آن کار کنم و نتایج مطلوب را بدست بیاورم» و ... بیشتر ناشی از این واقعیت است که ارائه طرح های تحقیقی به جشنواره های علمی، عمدتاً تا حد هدف اصلی تحقیقات تلقی می شود. در اینجا ضمن تأکید بر نقش مثبت و انگیزشی جشنواره های علمی و المپیادها، باید برای دانش پژوه جوان، روح و هدف تحقیقات را بیشتر توضیح داد. باید آموخت که هدف اصلی، «آشنایی با روشهای کار علمی» است. موضوعها و فکرهای تحقیق چیزهایی نیستند که مستقل از مجموع ضرورتها، عوامل و کیفیت آموزش، به یکباره به صورت جرقه وار خود را نشان دهند. یک فکر تحقیقی در جریان مطالعه، پی گیری، اندیشیدن درست به مطالب، آشنایی با کارهای انجام شده و بسیاری مؤلفه های دیگر می تواند شکل بگیرد.

۵). حرکت از نقطهٔ صفر:

متأسفانه این تفکر که هرکس در انجام هر کاری باید خود از صفر شروع کند و تلاش و نتایج کار دیگران را کم بها دهد، بخشی از فرهنگ عمومی جامعه و از جمله در عرصهٔ «نوآوری و تحقیق» است. جوان علاقمند باید بداند در هر زمینه ای ممکن است دیگران کارهایی انجام داده و نتایجی گرفته اند. باید ابتداء آنها را شناخت و به عنوان یکی از مؤلفه های حرکت بعدی از آنها بهره گرفت. داشتن برداشت «خلاق و پویا» از اصول کار علمی و تحقیقات انجام شده خود می تواند یکی از اصول اساسی در آموزش کار تحقیقی محسوب شود به خصوص در جوامع در حال گذر از مراحل «توسعه علمی» باید بهای لازم به آن داده شود.

۶). انتخاب موضوعات پیچیده و دور از دسترس به عنوان موضوع تحقیق:

اکثراً مشاهده می شود که دانش آموزان در انتخاب موضوع تحقیق قبل از هر چیز، سراغ موضوعات پیچیده و عموماً غیرقابل دسترس می روند و به جای تفکر کاربردی، بیشتر آن را از دیدگاه نظری دنبال می کنند. در مرحله اجراء و انجام کار با کمبود یا نبود امکانات و تجهیزات مواجه می شوند. اینکه در کل، امکانات موجود در کار تحقیقی ضعیف است، بحثی دیگر است. ولی اینکه با مدیریتی بهتر می توان موضوعاتی ساده و قابل دسترس تر را انتخاب کرد نیز باید مورد توجه قرار گیرد. اگر دانش آموز و مربی هر دو هدف تحقیق در این سطح را متوجه باشند، کار تحقیقی در قالب یک پروژه دانش آموزی خیلی بهتر هدایت خواهد شد. به بیان دیگر تحقیقات جنبهٔ واقعی تر و مفیدتر به خود می گیرد و دانش آموز هم بیش از حد خود را درگیر کارهای پیچیده و غیرضروری نخواهد کرد.

«آینهٔ مایعی دوّار»

ریچارد برگ

مترجم: محمدرضا خوش بین خوش نظر

یکی از مباحث جالب در هیدرودینامیک، مبحث مایع در ظرف دوّار است. خواصّ آب در ظرف دوّار، هم در حالت پایا و هم در حالت گذرا توسط «گودمن» [۱] تشریح شده است. در این مقاله، ما با یکی از خواصّ سطح مایع دوّار، یعنی قابلیت تبدیل سطح مایع به آینه ای کاو، سر و کار داریم.

«ساتُن» [۲] با قرار دادن چراغ جلوی اتومبیلی در نقطهٔ کانونی یک آینهٔ سهموی که از دوران ظرفی حاوی جیوه حاصل شده بود، باریکه ای موازی از نور تولید کرد. کمی پس از او نیز «گروب» [۳] بحثی در مورد استفاده از ظرف دوّار حاوی جیوه به عنوان آینهٔ تلسکوپی مشابه نمونهٔ اوّلیه اش در سال ۱۲۸۸ (۱۹۰۹م) پیش کشید و تکنیکهای ساخت آینه های سهموی جامد دوّار را با استفاده از مایعات مختلف که با دوران جامد می شوند، بررسی کرد.

زمان استفاده از ایدهٔ شارهٔ دوّار برای ساختن آینه های اپتیکی با کیفیت بالا فرار رسیده است. «ماران» [۴] در مقالهٔ کاوشگرانه ای، روشی نو برای ساختن آینه های تلسکوپی با کیفیت بالا که دهانه شان در حدود ۳۱۵ اینچ باشد را با استفاده از ظرفی کم عمق که حاوی شیشهٔ مذاب بود و با دوران ظرف، سرد می شد بررسی کرده است. در مقالهٔ بسیار آموزندهٔ دیگری، «فیشر» [۵] مشکلاتی را که امروزه در ساختن آینه های تلسکوپ های بزرگ با آن دست به گریبان هستیم را بررسی کرده و راه حل هایی با استفاده از تکنیکهای شکل دهیِ دورانی به شیشه و جیوه ارائه کرده است.

شکلِ سطح یک مایع دوّار را می توان با استفاده از ملاحظاتی ابتدایی تعیین کرد. مطابق شکل ۱، نیروی خالصِ وارد بر عنصری از مایعی به جرم m در سطح آن، که جمع برداریِ نیروی گرانشی F_r و نیروی گریز از مرکز (واکنش) F_r است در حالت پایا باید عمود بر سطح مایع باشد. درنتیجه، تانژانت زاویهٔ سطح نسبت به تراز افقی در آن نقطه برابر است با

$$tg\theta = \frac{dz}{dr} = \frac{Fr}{Fz} = \frac{m\omega^2 r}{mg} = (\frac{\omega^2}{g})r \qquad (۱)$$

که در آن ω، سرعت زاویه ای و g شتاب گرانشی است. با انتگرالگیری مستقیم از معادلهٔ (۱) می توان معادلهٔ سطح را به دست آورد.

$$z = \int_0^r (\frac{\omega^2}{g})rdr \qquad (۲)$$

و یا

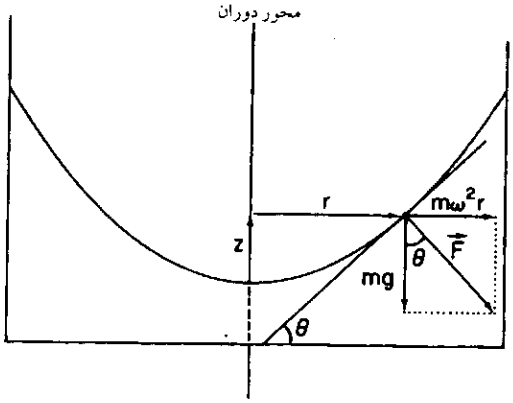
$$z = (\omega^2 / 2g)r^2 \qquad (۳)$$

را که $z=0$ تراز سطح بر روی محور دوران است. این، معادلهٔ یک سهمی است:

$$z=r^2/4f \qquad (۴)$$

که در آن فاصلهٔ کانونیِ f سهمی برابر است با

$$f=g/2\omega^2 \qquad (۵)$$



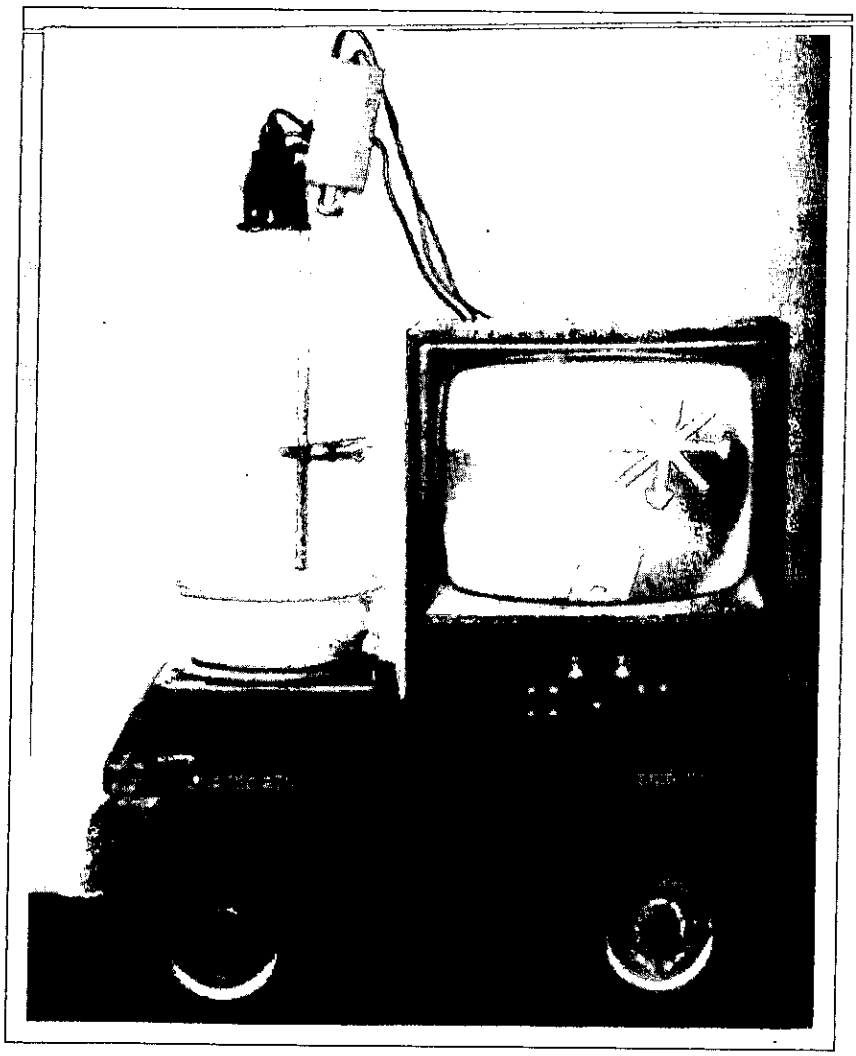
شکل ـ ۱ . نمایش هندسی سطح مایع در حال دوران

رؤیت باشد.

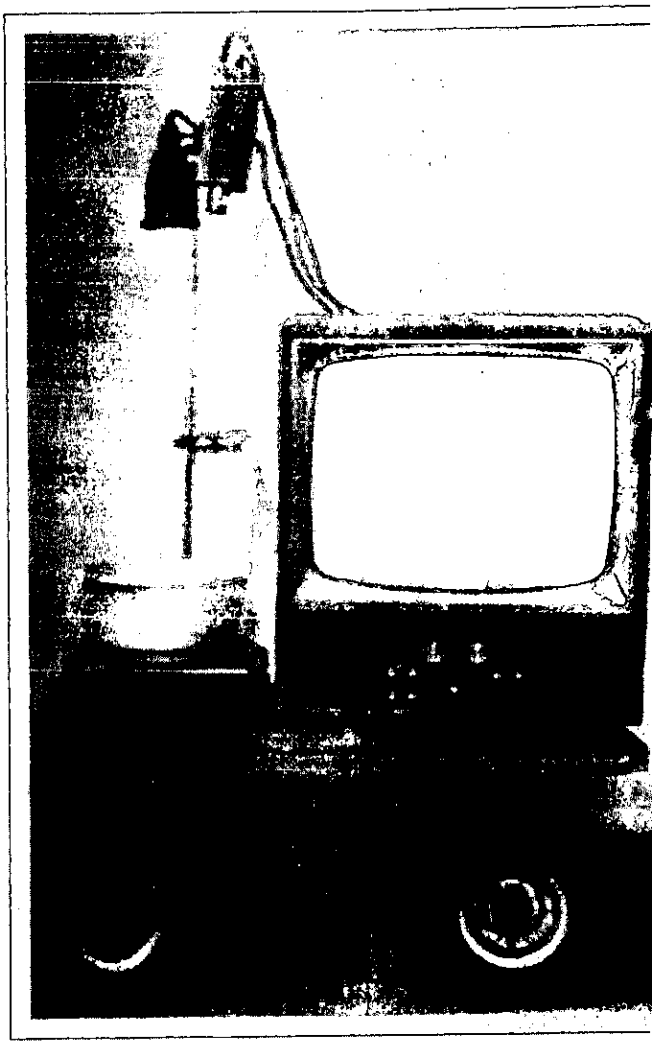
ما از صفحه گردان گرامافونی با سرعت دورانی ۴۵ rpm که قادر به گرداندن ظرف گلیسیرین بود استفاده کردیم. سرعت زاویه‌ای برابر $4/7\ s^{-1}$ و بنابراین فاصلهٔ کانونی برابر ۲۲ cm است. بدین ترتیب برای جسمی که در فاصلهٔ تقریبی ۷۰ cm بالای صفحهٔ گلیسیرینی دوّار قرار دارد، تصویری حقیقی و وارون در فاصلهٔ ۳۲ سانتی متری بالای سطح تشکیل می شود. چونکه این تصویر، تصویری حقیقی است، بنابراین توسّط یک صفحهٔ شیشه ای زمینه که در محلّ ایجاد تصویر واقع شده، قابل رؤیت است. (تمام نور چشمه را سد نکنید) شکل ۲، بطور جایگزینی، دوربین

چونکه امروزه جیوه مادّه‌ای پر خطر تلقّی می شود و دیگر نمی تواند در چنین نمایشهایی به کار برده شود، ما از گلیسیرین به جای آن استفاده کردیم. البته آب هم جواب می دهد، ولی به دلیل وشکسانی (ویسکوزیته) پایینش، گلیسیرین ترجیح داده می شود. با مخلوط کردن یک رنگ تیره در داخل گلیسیرین، نور بازتابیده از جاهایی به غیر از سطح سهموی کاسته شد و بنابراین مشاهده واضح تر می شود.

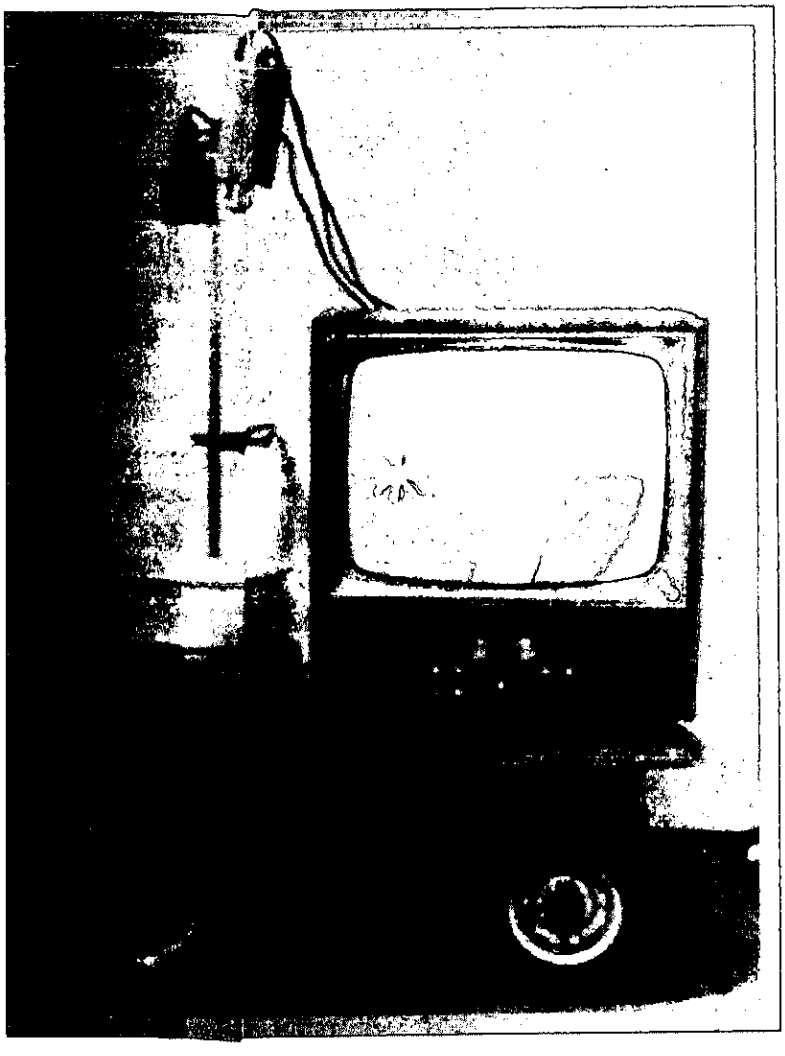
یک روش برای بررسی خواص کانونی چنین آینهٔ سهمی ای دوّاری، قرار دادن جسمی نورانی بر روی محور دوران و مشاهدهٔ خواص تصویر تشکیل یافته است. انتخاب مناسب، نشانده از شیء ای با نوک پیکان دار (/ arrow pinhe) نامتقارن است تا وارون شدن تصویر قابل



شکل ـ ۲



شکل ـ ۳



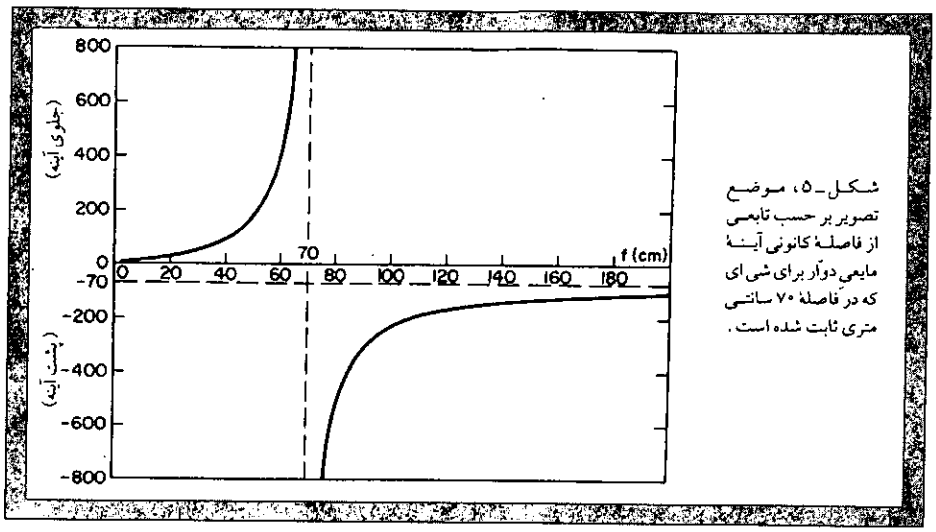
شکل ـ ۴

تلویزیونی ای را نشان می دهد که بر روی صفحهٔ تصویر ناشی از آینهٔ مایعی دوّار، متمرکز شده است. یک خط کش در صفحهٔ تصویر، مرجعی را که با آن اندازهٔ تصویر قابل سنجیدن است تدارک می بیند.

وقتی که صفحهٔ گردان ساکن است، سطح مایع به مانند آینهٔ تختی است که تصویری مستقیم و مجازی در فاصلهٔ ۷۰ سانتی متری زیر سطح آن تشکیل می شود. شکل ۳، این وضعیت را با دوربینی که کماکان بر روی صفحهٔ تصویر آینهٔ کاو متمرکز شده است، نشان می دهد.

در شکل ۴ هم، سطح گلیسیرین صاف است، ولی دوربین تلویزیون بر روی تصویر آینهٔ تخت در فاصلهٔ ۷۰ cm زیر سطح گلیسیرین قرار دارد متمرکز شده است. بنابراین خط کش از تنظیم خارج شده است

با رجوع به شکل ۵، اطّلاعات جنبی در مورد چگونگی تبدیل دو نوع تصویر، قابل استنباط است. وقتی که ظرف گلیسیرین از حالت سکون شروع به دوران می کند، فاصلهٔ کانونی سطح آینه از بینهایت به ۲۰ سانتی متر کاسته می شود. وقتی که فاصلهٔ کانونی ۷۰ cm است تصویر از فاصلهٔ ۷۰ cm پشت صفحهٔ آینه به فاصلهٔ بینهایت از خارج سطح حرکت می کند. سپس تصویر در فاصله‌های بیشتر



شکل ـ ۵، موضع تصویر بر حسب تابعی از فاصلهٔ کانونی آینهٔ مایعی دوّار برای شی ای که در فاصلهٔ ۷۰ سانتی متری ثابت شده است.

جلوی آینه (پشت دوربین تلویزیونی) دوباره ظاهر شده، به آرامی به سمت آینه حرکت کرده و در نهایت در فاصلهٔ نهایی ۳۲ cm بالای سطح متوقّف می شود. به طور معکوس، وقتی که دوران متوقّف می شود، تصویر به سمت بینهایت حرکت کرده، در فاصلهٔ بینهایت پشت آینه دوباره ظاهر می شود و آنگاه به آرامی به سمت سطح کرده و در فاصلهٔ ۷۰ cm پشت صفحهٔ آینه متوقّف می شود. بافاصله گرفتن تصویر از آینه، اندازهٔ تصویرِ مشاهده شده افزایش و با کم شدن این فاصله، اندازهٔ تصویر کاسته می شود، که این در توافق با تصویر نظری مسئله است. بعلاوه، درحالیکه تصویر برای آینه های تخت با فاصلهٔ کانونی بسیار بلند، مستقیم است (رُبع زیرین سمت راست شکل۵)، برای آینه های خمیده ای که شیء بیرون از نقطهٔ کانونیِ شان واقع است، وارون شده می باشد. (رُبع بالایی سمت چپ شکل۵).

ما این آزمایش را در کلاسهای درس و آزمایشگاههای دانشگاه مریلند انجام داده ایم. در کلاسهای بزرگتر، برخلاف کلاسهای کوچکتر و آزمایشگاهها که دانش آموزان قادر به مشاهدهٔ مستقیم تصویر هستند، استفاده از دوربین تلویزیونی آنچنانکه در بالا شرح داده شد، ضروری است. ما دوربین را به هر دو روشی که توضیح داده شد، سوار کردیم؛ زیرا این کار غالباً برای مباحثه های نظری سودمند و برای خودمان جالب توجّه است.

با اینکه این آزمایش، آزمایشی ساده است اما حتّی مشاهده گران حرفه ای و نخبه را نیز از ابراز حیرت و شگفتی خود بازنمی دارد.

American Journal of Physics, Mar 1990, P. 280-281

مراجع:

[1] John M. Goodman, "Paraboloids and vortices in hydrodynamics, "Am. J. Phys. 37. 864-868 (1969).

[2] Richard Manliffe Sutton. Demonstration Experiments in Physics (McGraw-Hill, New York, 1938), Experiment M-143, Parabolic Mer-cury Mirror, p. 63, out of print but reprinted with permission by Kinko's Copies, 114 W. Franklin Street, Chapel Hill, NC 27516.

[3] Jack Grube, "Centripetal force and parabolic surfaces,"Phys. Teach. 11, 109-111 (1973).

[4] Stephen P. Maran, "A new generation of giant eyes gets ready to probe the Universe," Smithsonian Magazine 18, 41-53 (1987).

[5] Arthur Fisher, "Spinning scopes," Pop. Sci. 231(4), 76-79, 101-102 (1987).

اصول پایستگی: الگویی از جامع نگری به طبیعت

جهانگیر ریاضی

چکیده: باوجود تنوع بسیار زیاد و گسترده در پدیده های طبیعت و وجود قالب هایی متفاوت در آنها، توجه به وجود تشابه در رفتار طبیعت نشان میدهد که بسیاری از رویدادها از قوانین فیزیکی واحدی تبعیت می نمایند. شناخت این قوانین، ابزار مفیدی در درک رفتار به ظاهر پیچیدهٔ طبیعت است.

مقدمه: داشتن «نگرش جامع» به پدیده های موجود در طبیعت، یکی از اصولی است که در آموزش به طور کلی و در آموزش فیزیک بخصوص باید به آن توجه کرد.

در بسیاری از موارد مشاهده می شود که دانش آموزان و حتی مربیان، به جای تلاش برای رسیدن به این «جامع نگری» و درک تشابه رفتاری طبیعت، هر پدیده و موضوعی را مستقل از دیگر پدیده ها بررسی می کنند و درواقع برای درک هر مسئله، الگو و کلیشهٔ معینی را حفظ می کنند. این امر در سطح گسترده تر باعث می شود که آموزش و فراگیری مفاهیم فیزیک امری مشکل و در بعضی موارد «غیرممکن» و «دست نایافتنی» شود. باید به دانش آموز بیاموزیم که در فیزیک اصولی وجود دارد که در بسیاری از پدیده های طبیعت با نگرشی دقیق، می توان اثری از آنها یافت. ازجمله این اصول ناظر بر بسیاری پدیده های طبیعت «اصول پایستگی» است. پایستگی انرژی، پایستگی بار الکتریکی، پایستگی تکانه (اندازه حرکت) و پایستگی تکانه زاویه ای از آن جمله اند. طوری که می توان به جرأت گفت: کمتر پدیده ای در طبیعت وجود دارد که حداقل یکی از اصول پایستگی ناظر بر آن نباشد ـ تا آنجا که گفته می شود: اصول پایستگی اصول ممنوعیت هستند. به آن معنی که هرجا اصول پایستگی نقض شوند، درواقع امکان وقوع یک رویداد معین، ازبین می رود. باید آموخت که وجوه مشترک و تشابه بین پدیده ها را درک نموده و با چنین دیدی جهان را نگریست. یعنی باید آموخت که چگونه چنین قوانینی را براساس تشابه پدیده ها، به دست آورد. به بیان دیگر، رویدادها را از دیدی وسیع تر نگاه کرده، تا بتوان این تشابهات را درک کرد. هرگاه از یک زاویه محدود به یک رویداد نگاه کنیم و صرفاً به ویژگی های خاص آن دقیق شویم، نمی توانیم آن تشابه رفتاری بین این رویداد و سایر جلوه های آن را در طبیعت بیابیم. باید در مطالعهٔ هر موضوع معین به فهرستی از موضوعاتی که از قوانین مشابه آن تبعیت می کنند در ذهن مرور کرد، سعی کرد کاربردهای دیگر این قانون را تجسم کرد و ... و تنها در چنین شرایطی است که آن نگرش جامع در دست یابی به تشابه رفتاری طبیعت قابل حصول خواهد شد.

بحث: برای درک گستردگی کاربرد قوانین پایستگی در پدیدهای متنوع، چند مورد را به عنوان مثال بررسی می کنیم. در این مثال ها خواهیم دید که هر رویداد حاصل کنش متقابلی است که حداقل یکی از اصول پایستگی بر آن ناظرند.

****

۱) **پایستگی بار الکتریکی:** در هر برهم کنش الکتریکی بین دو جسم، مجموع بار الکتریکی اجسام، قبل و پس از برهم کنش ثابت می ماند. (بار پایسته می ماند). به این معنی که: $q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$

مثال الف). خازنهای C_1 و C_2 را با ولتاژهای V_1 و V_2 شارژ، از مولدها جدا و صفحات همنام آنها را بهم وصل می کنیم. ولتاژ مشترک دو خازن پس از اتصال چقدر است؟

اصل پایستگی بار الکتریکی ناظر بر توزیع مجدد بار بین دو خازن است پس :

$$q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$$

$$C_1V_1 + C_2V_2 = C_1V + C_2V \Rightarrow V = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}$$

مثال ب) . دو کره رسانا ($r_2 > r_1$) دارای بار الکتریکی q_1 و q_2 هستند و بین آنها اختلاف پتانسیل الکتریکی موجود است . به وسیله سیمی رسانا بهم وصل می شوند . بار هر کره پس از اتصال چقدر است؟

پس از برقراری تعادل الکترواستاتیکی بین دو کره ، پتانسیل الکتریکی آنها یکی می شود :

$$V_1' = V_2'$$

$$\frac{kq_1'}{r_1} = \frac{kq_2'}{r_2} \Rightarrow$$

اصل پایستگی بار $\begin{cases} \frac{q_1'}{r_1} = \frac{q_2'}{r_2} \\ q_1' + q_2' = q_1 + q_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{q_1'}{r_1} = \frac{q_2'}{r_2} = \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2}$

۲) . اصل پایستگی تکانه : در نبرد نیروهای خارجی ، تکانهٔ یک دستگاه متشکل از ذرات پایسته می ماند ـ یعنی :

مقدار ثابت $= \cdots + \vec{P}_2 + \vec{P}_1$

مثال : برای مثال پس زنی تفنگ هنگام شلیک گلوله را می توان نام برد . برهم کنش بین گلوله و تفنگ روی می دهد و در این عمل مجموع تکانهٔ گلوله و تفنگ پایسته می ماند ـ با معلوم بودن جرم گلوله و تفنگ و سرعت خروج گلوله ، می توان سرعت پس زنی تفنگ را محاسبه کرد :

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_1' + \vec{P}_2'$$

$$0 + 0 = m_1\vec{V}_1' + m_2\vec{V}_2' \Rightarrow V_2' = (\frac{m_1}{m_2})V_1'$$

m_1 جرم گلوله و m_2 جرم تفنگ

V_1' سرعت خروج گلوله است

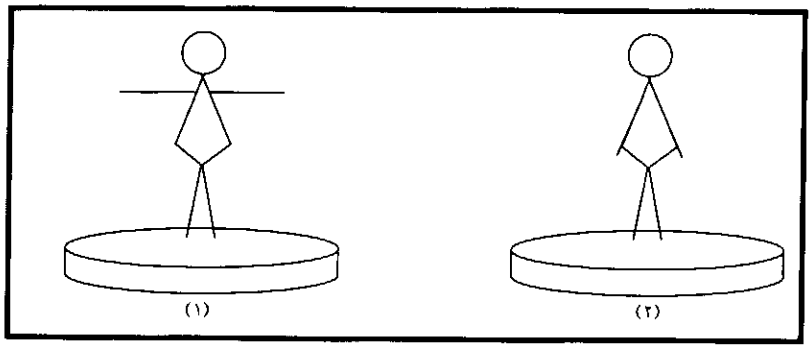
به طور کلی در تمام برهم کنش های کوتاه مدت (برخوردها) می توان از اصل پایستگی تکانه به عنوان یکی از اصول پایستگی استفاده کرد و با داشتن اطلاعات قبل از برخورد ، اطلاعاتی راجع به کمیت های پس از برخورد به دست آورد .

۳) . اصل پایستگی تکانه زاویه ای : نبود هرگونه گشتاور نیروی خارجی (یا در حالتی که برآیند گشتاورهای اعمال شده بر جسم حول یک محور صفر باشد) تکانهٔ زاویه ای پایسته می ماند .

$$\Sigma\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} : \Sigma\tau = 0 \Rightarrow \frac{dL}{dt} = 0 \rightarrow L = \text{مقدار ثابت} \rightarrow I_1\omega_1 = I_2\omega_2$$

در روابط بالا $\vec{\tau}$ گشتاور نیرو ، $\vec{L}$ تکانه زاویه ای ، I لختی دورانی جسم ، و ω بسامد زاویه ای است .

مثال : الگوی کاربرد این بحث در مثالی است که فردی بر روی یک قرص دوار ایستاده است . باتوجه به اینکه نحوهٔ توزیع جرم بر لختی دوران جسم مؤثر است به سهولت مشخص می شود که $I_1 > I_2$ (یعنی لختی دورانی درحالتی که دستان شخص باز است ، بیشتر است) و به استناد اصل پایستگی تکانه زاویه ای : $\omega_1 I_1 = \omega_2 I_2$ می توان نتیجه گرفت که $\omega_1 < \omega_2$. یعنی وقتی شخص دستانش را به بدنش می چسباند ، بسامد زاویه ای آن بیشتر خواهد بود .



۴) . اصل پایستگی انرژی مکانیکی : در رویدادهایی که صرفاً درگیر نیروهای پایستار مانند : گرانش ، الکتریکی ، کشسانی هستند ، انرژی مکانیکی طی فرایند ثابت می ماند .

مثال : جسمی به جرم m از سطح خمیده بدون اصطکاک به پایین می لغزد . در چه موقعیتی از سطح جدا می شود؟

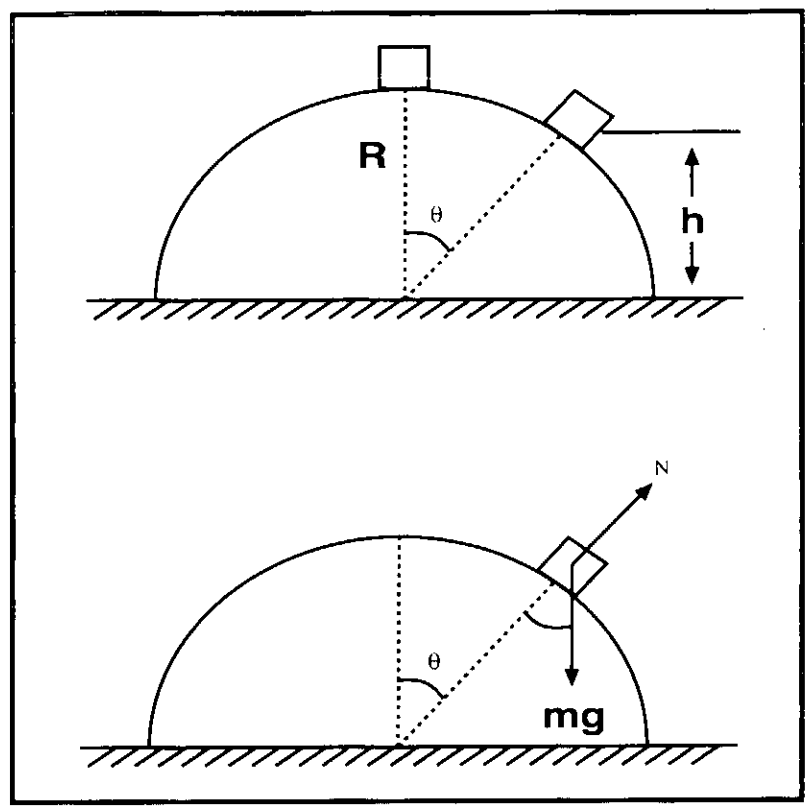
: طبق اصل پایستگی انرژی مکانیکی

$$E_1 = E_2 \rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \rightarrow$$

$$mgR + 0 = mgh + \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

از دیدگاه دینامیک :

$$\Sigma F = ma_R \rightarrow mg\cos\theta - N = \frac{mv^2}{R}$$



دوران در شرایط مرزی جدا شدن جسم از سطح، نیروی عکس‌العمل تکیه گاه بر جسم صفر می‌شود.

$$N = 0 \Rightarrow mgCos\theta - 0 = \frac{mV^2}{R} \Rightarrow V^2 = gRCos\theta \quad (2)$$

$$\left.\begin{array}{l} 2,1 \Rightarrow mgR = mgh + \frac{1}{2}mgRCos\theta \\ h = RCos\theta \end{array}\right\} \Rightarrow \theta = ArcCos\frac{2}{3}$$

به عنوان مثالی دیگر از پایستگی انرژی می‌توان محاسبه فشار یک مخلوط از دو گاز را در دمای ثابت بررسی کرد. می‌دانیم انرژی داخلی گاز کامل تابع دمای مطلق گاز است. $(\frac{3}{2}NKT)$، در فرایندی که دما ثابت می‌ماند انرژی داخلی گاز پایسته می‌ماند. از طرف دیگر معادله حالت گاز کامل $PV = NKT$ است پس طبق اصل پایستگی انرژی می‌توان نوشت:

انرژی گاز دوم + انرژی گاز اول = انرژی مخلوط گازها

$$P(V_1 + V_2) = P_1V_1 + P_2V_2 \Rightarrow P = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V_1 + V_2}$$

نتیجه گیری: داشتن نگرش علمی به طبیعت یعنی پدیده‌ها را قانونمند، مرتبط با یکدیگر دانستن و اینکه تشابه رفتار طبیعت باعث می‌شود، از قوانین واحدی پیروی کنند، اساس جامع نگری به پدیده‌هاست. در چنین نگرشی، با فراگرفتن هر قانون مشخص در طبیعت، باید به دنبال پدیده‌هایی مشابه بود که از چنین قانونی پیروی می‌کنند. به این ترتیب، طبیعت بسیار متنوع، در قالب قوانین جامع، به وسیله روابط و معادله‌های ساده و بسیار زیبا قابل توصیف خواهد بود.

مراجع:

1). FUNDAMENTALS OF PHYSICS. DAVID HALLIDAY. FOURTH EDITION.
JOHN WILEY. 1993.
2). FUNDAMENTAL UNIVERSITY PHYSICS. VOL 11.
"FIELDS AND WAVES"
MARCELO ALONSO
ADDISON - WESLEY. 1974.

محاسبهٔ آسان شار مغناطیسی

کارپنا و کورونادو

مترجم: سعیده شعاری نژاد

خلاصه: در این مقاله، یک روش هندسی ساده برای محاسبهٔ آسان شار مغناطیسی ارائه می شود. این روش در مواردی به کار می رود که چگالی شار مغناطیسی بوسیلهٔ یک سیم بی نهایت بلند حامل جریان پایا ایجاد می شود. این روش برای میدانهای برداری با همان تقارن نیز معتبر است.

۱ ـ مقدمه:

یکی از محاسبات متعارفی که حتی در دوره های مقدماتی نظریهٔ الکترومغناطیس انجام می گیرد، تعیین شار مغناطیسی گذرنده از یک سطح معین است. این نظریه در اساس به پدیده های القاء مغناطیسی مربوط می شود. بسیاری از مثالهایی که معمولاً در کتب درسی[۱] طرح می شود، در ارتباط با سیم مستقیم بلندی است که حامل جریان پایای I است. با این فرض که رسانا روی محور z واقع است، اندازهٔ چگالی شار مغناطیسی B که توسط این رسانا تولید می شود عبارت است از:

$$B(x,y)=\frac{\mu.I.}{2\pi\sqrt{x^2+y^2}} \qquad (1)$$

یعنی به دلیل تقارن استوانه ای فقط به فاصله از محور z بستگی دارد. خطهای میدان دایره های بسته هستند و بنابراین راستای B توسط بردار واحد متناظر مختصهٔ استوانه ای φ، $\vec{u}_\varphi$ تعیین می شود، که در مختصات دکارتی برابر است با

$$\vec{u}_\varphi=\left(\frac{-y}{\sqrt{x^2+y^2}},\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}},0\right) \qquad (2)$$

داده می شود. در این صورت چگالی شار مغناطیسی به شکل برداری آن برابر است با $\vec{B}=B\vec{u}_\varphi$ و از این رو داریم:

$$\vec{B}=\left(\frac{-\mu.I.y}{2\pi(x^2+y^2)},\frac{\mu.I.x}{2\pi(x^2+y^2)},0\right) \qquad (3)$$

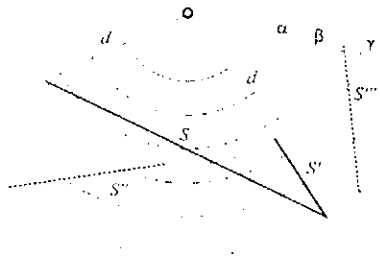
در این مقاله می خواهیم روش آسان و مفیدی برای ساده سازی محاسبهٔ شار مغناطیسی، Φ، گذرنده از سطح های تخت ارائه کنیم، در زمانی که Φ توسط یک میدان برداری در عبارت(۳) ایجاد شود، (یا برای میدانهای برداری با همان تقارن که در اغلب مسائل مطرح می شوند[۲,۳]). همانطور که در بالا اشاره شد، مثالهایی که شامل یک رسانای خطی با طول نامتناهی و حامل جریان ثابت باشند، بسیارند، و حتی اثرات نسبیتی نیز درنظر گرفته شده اند[۴].

حال میدان برداری B را که با معادلهٔ (۳) داده شده است، برای سهولت یک سطح تخت مستطیلی را درنظر بگیرید. به عنوان یک مورد کلی فرض کنیم سطح S و رسانای خطی که میدان مغناطیسی تولید می کند(و در این حالت روی محور z واقع شده است) در یک صفحه قرار نداشته باشند. می خواهیم شار مغناطیسی، Φ توسط میدان برداری B را که از سطح S می گذرد، محاسبه کنیم. بنا به تعریف داریم:

$$\Phi=\int_S \vec{B}.\vec{ds} \qquad (4)$$

مسئله این است که محاسبهٔ انتگرال در معادلهٔ (۴) در اساس به دلیل تغییر زاویهٔ بین $\vec{B}$ و $\vec{ds}$ (بردار سطح بی نهایت کوچک)، همچنین مربوط به انتخاب $\vec{ds}$ و حدود انتگرال گیری می تواند مشکل باشد.

لازم است یادآور شویم که اگر رسانای خطی و سطح تخت هردو در یک سطح واقع باشند و زاویهٔ بین B و ds صفر (یا π) است، با توجه به اینکه خطهای میدان در این حالت دایره های هم مرکزی هستند که مرکز آنها بر رسانا (محور Z) واقع است، این خطها بر سطح عمود هستند. در این مورد محاسبهٔ انتگرال معادلهٔ(۴) ساده تر است. در بخش ۲ نشان خواهیم داد که برای هر سطح تخت معین S می توان یک سطح تخت هم ارز S'، در همان صفحهٔ سیم بدست آورد، به طوری که شار مغناطیسی برای آن همانند شار مغناطیسی روی سطح S باشد. بنابراین اگر شار مغناطیسی را با استفاده از سطح S' محاسبه کنیم، مسئله را به طور قابل ملاحظه ای ساده نموده ایم.



شکل ۱ ـ نمای روش هندسی مورد استفاده برای به دست آوردن S' از S . دایرهٔ بسیار کوچک توپر متناظر با سیم(محور z) است .

۲ ـ چگونه مسئله را ساده کنیم؟

در این بخش روشی را شرح می دهیم که در آن از یک سطح تخت معین S ، یک سطح تخت هم ارز S' بدست می آوریم که در همان صفحهٔ رسانا واقع است و همان شار مغناطیسی مربوط به سطح S از آن می گذرد . طرح اصلی مسئله بسیار ساده است و می توان آن را به سادگی بر اساس رابطهٔ بین شار مغناطیسی خطهای میدانی که یک سطح را قطع می کنند ، توضیح داد . نمایش هندسی تعیین سطح S' از S در شکل ۱ که نمایی از صفحه xy را نشان می دهد ، آورده شده است ، (توجه شود که نمایش مؤلفهٔ Z به علت تقارن استوانه ای لازم نیست) .

یک سطح تخت مستطیلی S و یک رسانای خطی حامل جریان ثابت I_0 (دایره بسیار کوچک توپر در شکل ۱) را درنظر بگیرید . خطهای میدان چگالی شار مغناطیسی B که با رابطهٔ (۳) داده شده است ، دایره های هم مرکزی هستند که مرکز آنها بر رسانا (محور Z) واقع است . همچنین موردی را درنظر بگیرید که در آن دو ضلع S با رسانا موازی باشند و فاصلهٔ بین سیم و نزدیکترین ضلع موازی S ، d باشد (شکل ۱) . بدیهی است که خطهای میدان با شعاعهای کوچکتر از d نمی توانند باعث تولید هیچ شار خالصی شوند ، زیرا این خطها سطح را قطع نمی کنند(مانند خط میدان α در شکل ۱) ، یا دو بار آن را قطع می کنند(مانند خط میدان β در شکل ۱) . شار خالص فقط توسط خطهایی که سطح S را یک بار قطع می کنند ، ایجاد می شود(مانند خط میدان γ در شکل ۱) ، اما واضح است که این خطها ، آنهایی هستند . که بین دو دایرهٔ نقطه چین در شکل ۱ واقع می شوند . شعاعهای این دو دایره به ترتیب فاصله های دو ضلع سطح S که موازی سیم هستند تا سیم است . بنابراین هر سطح تخت(سطح های S' . S'' . S''' در شکل ۱) بین این دو دایره (و البته با همان طول در راستای Z) از نقطه نظر شار مغناطیسی با همان سطح اولیهٔ S معادل است . اما روشن است که ساده ترین انتخاب ، سطح S' که در همان صفحهٔ سیم واقع است ، خواهد بود . زیرا محاسبهٔ انتگرال(۴) بسیار ساده می شود . در این صورت حدود انتگرال گیری دقیقاً برابر فاصله ها از سیم تا دو ضلع سطح اولیهٔ S است که با سیم موازی هستند و زاویهٔ بین $\vec{B}$ و $\vec{ds}$ صفر (یا π) است .

۳ ـ نمونه ای از محاسبات

برای نشان دادن ساده سازی ناشی از ساختار هندسی پیشنهادی فوق ، یک مثال خاص را حل می کنیم . مانند قبل بار دیگر حالتی را درنظر می گیریم که رسانای خطی به طول نامتناهی حامل جریان I_0 روی محور z واقع باشد . به این ترتیب در طرح ارائه شده در شکل ۲ ، که نمایی از صفحهٔ xy را نشان می دهد ، سیم به صورت یک دایرهٔ توپر که در مبداء مختصات قرار گرفته است ، دیده می شود . بعلاوه فرض کنیم سطح تخت S یک پیچهٔ مربعی با اضلاعی برابر L و موازی با رسانا باشد . حال برای مثال وضعیتی را درنظر بگیریم که پیچهٔ S به صورت نشان داده شده در شکل ۲ ، قرار گرفته است . به منظور تأکید بر مزیّت های استفاده از این روش ساده سازی ، می خواهیم شار مغناطیسی گذرنده از پیچهٔ مربعی را ابتدا با استفاده از سطح S' ، که با این روش بدست آمده ، و سپس مستقیماً با بکار بردن تعریف کلی شار مغناطیسی(۴) برای سطح S ، محاسبه می کنیم .

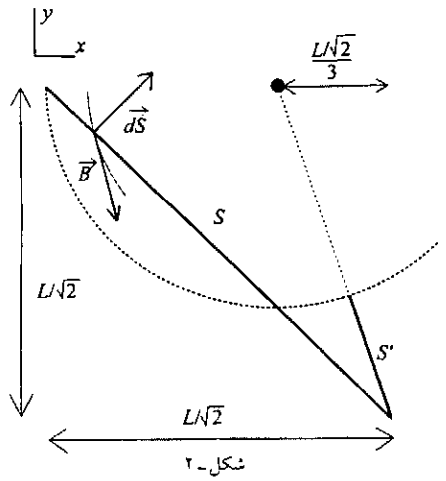
قدم اول این روش بدست آوردن سطح S' از سطح S است ، (شکل ۲) . توجه کنید که برای این سطح S' بنا به تقارن مسئله می توان مختصهٔ استوانه ای r را به طور مستقیم به کار برد ، زیرا سیم و سطح S' در یک صفحه قرار دارند .

بنابراین $\vec{ds} = L dr \vec{u}_\varphi$) $\vec{ds}$ ، $\vec{B}$ موازی هستند و شار مغناطیسی Φ به طور مستقیم برابر است با :

$$\Phi = \int_{\frac{1}{2}\sqrt{2}L}^{\frac{1}{2}\sqrt{5}L} \frac{\mu_0 I_0 L}{2\pi r} dr = \frac{1}{4\pi}\mu_0 I_0 L \, Ln\left(\frac{5}{2}\right) \qquad (۵)$$

که در آن حدود تغییرات r را می توان به آسانی از شکل ۲ نتیجه گرفت .

حال شار مغناطیسی را با حل مستقیم معادلهٔ عمومی(۴) محاسبه می کنیم . در این مورد استفاده از مختصات استوانه ای مناسب نیست ، زیرا وقتی سطح S را درنظر می گیریم مختصات استوانه ای نمی توانند مفید باشند و در نتیجه از مختصات دکارتی استفاده می کنیم . برای مثال خاص درنظر گرفته شده در شکل ۲ ، ما دو مشکل اساسی داریم : مشکل اول یافتن یک عبارت مناسب برای $\vec{ds}$ و



شکل ۲ـ

مشکل دوم محاسبهٔ زاویهٔ بین $\vec{B}$ و $\vec{ds}$ که مقدار ثابتی نیست خواهد بود (شکل ۲). هنگامی که سیم در امتداد Z دارای طول نامتناهی باشد، مسئله می تواند به صفحه xy محدود شود. برای پیچهٔ مربعی که ما انتخاب کرده ایم، تصویر S در صفحه xy یک خط مستقیم به طول L خواهد بود. از شکل ۲ می توانیم رابطهٔ

$$y = -x - \frac{1}{3}\sqrt{2}L \qquad (۶)$$

را برای نقاط (x,y) از l بدست آوریم. به آسانی می توان دید که $ds = Ldl$. مطابق با (۶) داریم:

$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{dx^2 + (-dx)^2} = \sqrt{2}\,dx \qquad (۷)$$

و بنابراین

$$ds = \sqrt{2}\,Ldx \qquad (۸)$$

قدم بعدی بدست آوردن زاویهٔ α میان $\vec{B}$ و $\vec{ds}$ است. با تحلیل دقیق شکل (۲) می توانیم رابطهٔ زیر را بدست آوریم.

$$Cos\alpha = \frac{2x + \frac{1}{3}\sqrt{2}L}{\sqrt{(4x^2 + \frac{4}{3}x\sqrt{2}L + \frac{4}{9}L^2)}} \qquad (۹)$$

با منظور کردن $d\Phi = \vec{B}.\vec{ds} = BdsCos\alpha$ و با درنظر گرفتن مقدار B که در(۱) داده شده است و مقدار y که از (۶) بدست می آید و عباراتی برای ds و $Cos\alpha$ در (۸) و (۹)، dΦ را می توان فقط به صورت تابعی از x نوشت. لذا شار مغناطیسی عبارت است از

$$\Phi = \int_{-\sqrt{2}\frac{L}{3}}^{\frac{L}{(3\sqrt{2})}} \frac{3}{4\pi}\mu_0 I_0 L \frac{6x + \sqrt{2}L}{(9x^2 + 3x\sqrt{2}L + L^2)}\,dx \qquad (۱۰)$$

که در آن حدود تغییرات x را می توان مستقیماً از شکل ۲

شکل ۲ـ مثالی برای محاسبهٔ شار مغناطیسی Φ به طور تحلیلی با استفاده از روش ساده شدهٔ ما (سطح S')، و روش متعارف (سطح S، متناظر با یک پیچهٔ مربعی). چون ما صفحهٔ xy را نشان می دهیم، سیم به صورت یک دایرهٔ بسیارکوچک توپر در مبدأ مختصات به نظر می رسد.

نتیجه گرفت. با حل انتگرال در (۱۰) در نهایت رابطهٔ زیر را بدست می آوریم:

$$\Phi = \frac{1}{4\pi}\mu_0 I_0 L\, Ln(\frac{5}{2}) \qquad (۱۱)$$

که البته همان نتیجه ای است که در رابطهٔ (۵) با استفاده از روش ساده سازی بدست آمده است. روشن است که در صورت استفاده از روش ساده سازی از محاسبات پیچیده پرهیز خواهد شد.

۴ـ نتیجه گیری

در این مقاله ما روش بسیار ساده ای را که در ساده سازی محاسبهٔ شار مغناطیسی گذرنده از سطوح تخت مفید است، پیشنهاد کرده ایم. با وجود این برخی ملاحظات را که در این مورد به کار رفته است یادآور می شویم. اول اینکه ما در ارائهٔ این روش همواره یک سیم راست بلند حامل جریان پایای I را به کار برده ایم. البته این روش همچنین می تواند زمانی که یک رسانای استوانه ای حامل چگالی جریان ثابت $\vec{J}$ درنظر گرفته می شود نیز به کار رود، زیرا دراین مورد نیز خطهای میدان چگالی شار مغناطیسی دایره های هم مرکز بسته ای هستند، (برای مثال به [۵] رجوع کنید). لذا یک بسط طبیعی این روش، محاسبهٔ شار گذرنده از سطوح تخت، به میدانهای برداری با همان نوع خطهای میدانی که در اینجا درنظر گرفته شدند، مربوط است.

به علاوه خاطرنشان می شویم که در تمام موارد ما از یک سطح تخت مربعی یا مستطیلی، با دو ضلع موازی با رسانای خطی (محور z) استفاده کرده ایم. دلیل این انتخاب فقط سادگی آن بوده است. زیرا در این صورت نیازی به حل انتگرال عمومی(۴) در امتداد Z وجود ندارد، و انتگرال سطحی را می توان به صورت تابعی از فقط یک متغیر نوشت(به طور مثال معادلات (۵) و (۱۰)).

اگر این فرض منظور نشود وقتی از این ساده سازی استفاده می کنیم به جای $ds = Ldr$ خواهیم داشت $ds = dzdr$، و انتگرال شار نیز باید روی متغیر z انجام گیرد. اما حتی در این مورد، زاویهٔ میان $\vec{B}$ و $\vec{ds}$ صفر (یا π) است.

مرجع:

Eur. J. Phys. 19(1998) 325-329. Printed in the UK.

آزمایش اثر میدان مغناطیسی بر بار الکتریکی متحرک

الف ـ قنایی

در فصل ۱۴ جلد دوم دوره درسی فیزیک(مؤلف گ ـ س ـ لندبرگ، ترجمه دکتر کاشیکر، ناصر مقبلی و مهر انگیز طالب زاده) آزمایشی مطابق شکل طرح شده است این شکل ظرف پر از محلول الکترولیتی را نشان می دهد. دو الکترود، یعنی حلقه ۱ و میله ۲ به قطبهای باتری [منبع تغذیه] وصلند. در الکترولیت جریان از الکترود ۱ به سوی ۲ عبور می کند. یعنی یونها در امتداد شعاعهای ظرف حرکت می کنند. ظرف را بالای یکی از قطبهای آهنربا قرار می دهیم به گونه ای که میدان مغناطیسی در راستای قائم و رو به سوی بالا باشد و با راستای حرکت یونها زاویه قائمه بسازد. نیروهای وارد بر یونهای متحرک می خواهند یونها را در صفحه افقی در دایره هایی عمود بر شعاعهای ظرف جابه جا کنند. می توان دید که مایع یکپارچه در آن جهت حرکت می کند.

بر این اساس طرح تفصیلی آزمایشی به شرح زیر تنظیم و ابتدا در مرکز استعدادهای درخشان قم (شهید قدوسی) و سپس در دبیرستان شاهد صاحب الزمان (عج) قم به مرحله اجرا گذاشته شده است.

وسایل لازم، دستور کار، موارد بررسی آزمایش

الف ـ وسایل لازم:

۱ـ منبع تغذیه: صفر تا ۲۴ ولتی DC و سیم های رابط.

۲ـ سیم پیچ: حداقل ۸۰۰ الی ۱۲۰۰ دور همراه با هسته آهنی مناسب.

۳ـ یک ظرف شیشه ای استوانه ای شکل به ارتفاع تقریبی ۵cm و قطرهای ۱۰cm.

۴ـ ۲ میله فلزی رسانا که به انتهای یکی از آن دو یک حلقه رسانا به قطر تقریبی ۸cm لحیم شده باشد.

۵ـ پایه، گیره، میله رابط

۶ـ کات کبود یا سولفات مس (CUSO4) محلول در آب با غلظت مناسب

ب ـ دستور کار:

۱ـ ابتداء محلول CUSO4 (کات کبود) با غلظت مناسب تهیه و در ظرف شیشه ای می ریزیم (لبریز نباشد).

۲ـ هسته آهنی را درون سیم پیچ قرار می دهیم و سیم پیچ را به منبع تغذیه DC متصل می کنیم (با تماس یک قطعه فلزی به هسته آهنی بزرگی میدان مغناطیسی ایجاد شده هسته را آزمایش می کنیم و تا حد لزوم آنرا تقویت می کنیم).

۳ـ ظرف شیشه ای محتوی محلول را (مطابق شکل) روی سطح هسته آهنی و سیم پیچ قرار داده و ۲ میله فلزی را با گیره های لازم درون ظرف قرار داده و آنرا به ۲ قطب مثبت و منفی منبع تغذیه DC وصل می کنیم (کاتد و آند)

۴ـ پس از اطمینان از کامل شدن طرح و صحت مدار منبع تغذیه را به برق شهر متصل و آزمایش را شروع می کنیم (اتصال ۲ میله فلزی درون محلول بایستی بطور موازی با اتصال ۲ سر سیم پیچ به منبع تغذیه متصل و در صورت لزوم در مسیر هر کدام یک مقاومت متغیر (رئوستا) قرار گیرد تا جریان ورودی برای هر قسمت کنترل و قابل تغییر باشد).

ج. موارد بررسی:

۱ـ مشاهده چرخش محلول الکترولیت درون ظرف شیشه ای و توجیه علت چرخش.

مطابق شکل به دلیل حلقوی بودن کاتد یا آند حرکت بارها در راستای شعاع این حلقه خواهد بود و چون جهت میدان عمود بر سطح دایره این حلقه است جهت اعمال نیرو بصورت مماس بر دایره بوده و مجموعه این نیروها چرخش ایجاد خواهد کرد.

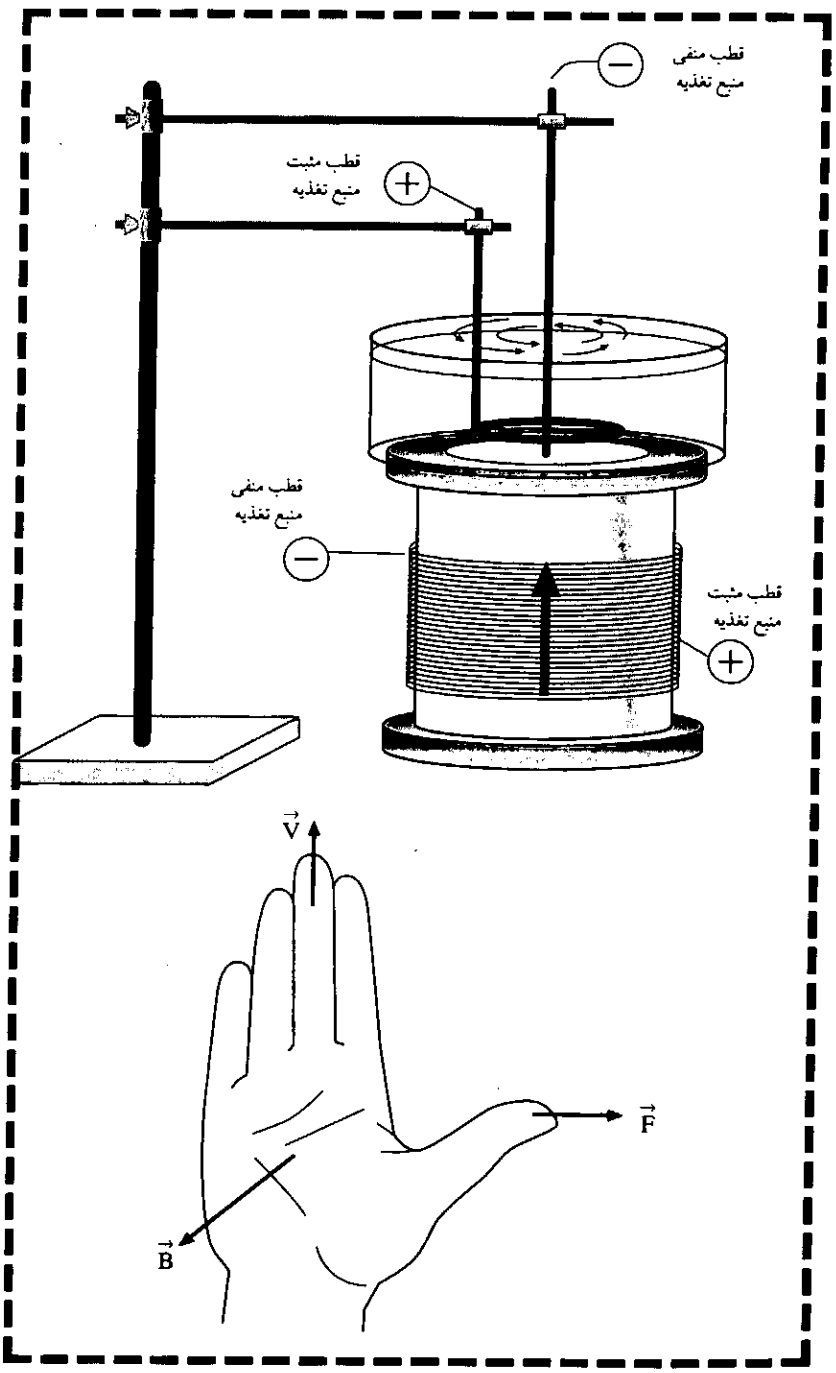
(برای مشاهده بهتر چرخش تعدادی قایق کاغذی کوچک بر سطح محلول شناور کنید)

۲ـ با تغییر ورودی (مثبت و منفی) به میله ها (تغییر جهت $\vec{V}$) و با تغییر ورودی (مثبت و منفی به سیملوله (تغییر جهت $\vec{B}$) تغییرات جهت چرخش را مشاهده و در هر مورد قانون دست راست و رابطه $F = qvB\sin\theta$ را بررسی کنید.

۳ـ با تغییرات در شدت جریان ورودی به سیملوله (تغییر بزرگی B) و با تغییر در شدت جریان ورودی به میله ها (تغییر سرعت واکنش V) تغییرات سرعت چرخش را مشاهده و تغییر در بزرگی F را بررسی کنید (در این قسمت در صورتیکه از ۲ منبع مستقل برای هر یک از جریانهای ورودی استفاده شود مناسب تر است).

۴ـ با استفاده از حلقه های ورودی جریان، با شعاع های مختلف می توان فاصله های کاتد و آند را کم و زیاد کنیم و در نتیجه سرعت واکنش (V) را تغییر دهیم. و نقش آنرا در بزرگی F بررسی کنیم.

۵ـ می توان به جای CUSO4 از محلولهای الکترولیت دیگری نیز استفاده کرد که بزرگی یونها q با CU^{++} و $SO4^{--}$ تفاوت داشته و نقش بزرگی بار، در بزرگی F را بررسی نمود.



دربارهٔ گلوئونها

فرانک ویلنرک
مترجم: منیژه رهبر

این باور گستردهٔ نیمه واقعی وجود دارد که پروتونها و نوترونها از کوارک ساخته شده‌اند. در واقع، فیزیکدانان به طور روزافزونی متوجه می شوند که این موضوع چیزی کمتر از نیمی از واقعیت است. نظریهٔ جدید نیروی قوی که بنا به آن کوارکها در داخل پروتون و نوترون به هم می پیوندند و سپس هسته های اتم را تشکیل می دهند، کرومودینامیک کوانتومی (QCD) است. دیگر اجزاء QCD، گلوئونهای رنگی هستند، که زمانی تصور می شد صرفاً چسب هستند و اجزاء مهمتر را به هم می پیوندند (نام آنها بازتاب این واقعیت است). این موضوع دیگر صحت ندارد. در بررسی دقیق معلوم شده که کوارکها تماشایی ترند، اما گلوئونها اجزاء سنگین تر و پرتحرک تر ماده‌اند. تصاویر قاطع از یک میکروسکوپ که می تواند به داخل پروتونها بنگرد، یعنی شتابدهنده HERA در هامبورگ آلمان، نشان داده است که گلوئونها مهمتر از آن هستند که به چشم می آیند.

برای درک این دیدگاههای تکاملی، باید ببینیم چگونه می توان به درون پروتون نگریست و دید. از چه ساخته شده است. یک میکروسکوپ معمولی، که از نور مریی استفاده می کند، به طور اسفناکی نامناسب است، زیرا طول موج نور در حدود یک بیلیون برابر اندازهٔ پروتون است. حتی میکروسکوپهای پیشرفته ای چون میکروسکوپهای تونل زنی روبشی به سختی می توانند تک اتمها را تفکیک کنند، و نمی توانند هستهٔ داخل اتمها را ببینند. ابزار مناسب برای این کار یک شتابدهندهٔ پرانرژی است. این شتابدهندهها فوتونهای مجازی با طول موج (و طول عمر) بسیار کوتاه تولید می کنند و می توان به کمک آنها عکسهایی از داخل پروتون گرفت.

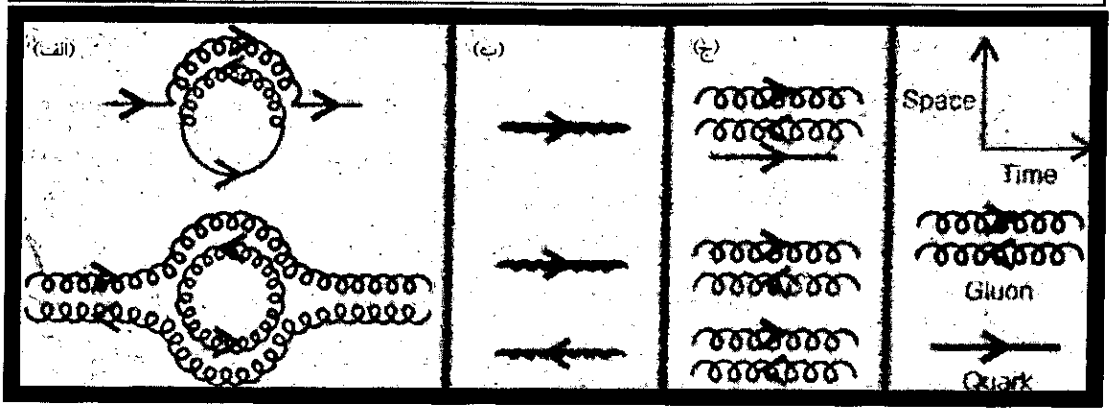
اما در این روال ظاهراً سرراست گیری وجود دارد. شما مجبورید فقط چیزی را مشاهده کنید که فوتون مجازی اجازه می دهد. و چون فوتونها فقط با ذرات دارای بار الکتریکی جفت می شوند، قسمتهایی از پروتون که به لحاظ الکتریکی خنثی هستند در این عکسها نمایان نیستند. (زیست شناسان با مسئله مشابهی مواجه‌اند، زیرا اغلب به موادی علاقه مندند که اساساً شفاف هستند. اما شگردهای مختلفی، مانند رنگ کردن یا مولکولهای فلوئورسان وجود دارند که بر این مشکل غلبه می کنند.) آنچه شما در شتابدهنده می بینید کوارکها هستند. اگرچه این ذرات غیر عادی به واسطهٔ کاملاً محصور بودن، شهرت جهانی دارند. یعنی غیر ممکن است بتوان آنها را منزوی کرد، اما با وجود این به صورت واضح در این عکسها ظاهر می شوند. شما حتی می توانید بارهای الکتریکی کسری، اسپین، انرژی و تکانه آنها را اندازه گیری می کنید.

وقتی این کار انجام و نتیجه تحلیل شد، فیزیکدانان متوجه شدند که با مسئله جرم گمشده مواجه‌اند، تقریباً مانند مسئله ای که منجمان با آن روبه رو هستند. کل انرژی همهٔ کوارکها برابر انرژی پروتون نیست. بلکه کمتر از نصف آن است. در روزهای اولیهٔ این موضوع، ریچارد فاینمن (که برای اولین بار این نوع تحلیل را انجام داد) همکارش مورای گلمان (قهرمان کوارکها) را با پارتون، خواندن اجزاء پروتون و خودداری از شناسایی پارتون به عنوان کوارک، به شدت دلخور کرد. چنانکه معلوم شده است، هر کدام از آنها به بخشی از حقیقت پی برده بودند. بعضی از پارتونها کوارک هستند، اما بسیاری از آنها گلوئون‌اند. کوارکها همه بار الکتریکی را حمل می کنند، اما بیشتر انرژی در

شکل ۱ـ از آنچه که کوارکها یا گلوئونهای شولیده به نظر می رسید، تصاویر روشنی در نوردهی سریعتر به دست آمده است که گلوئونهای اضافی را نشان می دهد. (الف) جریان بار رنگی در اطراف یک کوارک (بالا) یا گلوئون (پایین) در زمان. کوارکها حامل یک واحد بار رنگی هستند که قرمز، آبی، یا سبز است. گلوئونها حامل واحدهای بار رنگی هم مثبت و هم منفی هستند.

(ب) نمای میانگینی از همان کوارک و گلوئون با تفکیک زمانی کمتر.

(ج) در هر مورد، تفکیک بهتر از نمای بازهٔ زمانی مرکزی وجود گلوئونهای اضافی را نشان می دهد.

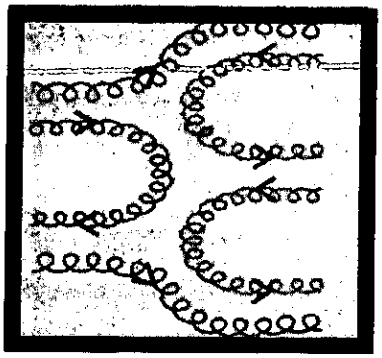


گلوئونهای رنگی است.

خب نکته جدید کدام است؟ آخرین و بزرگترین شتابدهندهها به ما این امکان را داده اند که عکسهایی با زمان نوردهی کوتاهتری بگیریم. بنابراین می توانیم جزییات فرآیندهای دینامیکی داخل پروتون را بهتر تفکیک کنیم. پس از انجام این کار نتیجه جالب توجهی به دست آمده است. در تصاویر با نوردهی کوتاهتر، در می یابیم که تعادل انرژی بیش از پیش به طرف گلوئونها متمایل می شود. آنچه قبلاً به صورت یک کوارک مه آلود به نظر می رسید در بررسی دقیق معلوم شده که بخشی کوارک و بخشی گلوئون است (شکل ۱). هرچه نزدیکتر بنگریم، پروتون (یا نوترون) بیشتر بسته ای از چسب نرم به نظر می رسد.

این پدیدهٔ جالب توجه ـ گلوئونیده شدن پروتون ـ به صورت نظری پیش بینی شده بود. در واقع، این پدیده بازتاب یکی از جنبه های مهم نظریهٔ بنیادی کوارکها و گلوئونهاست. بنابه نظریهٔ QCD، نیروهای توانمند و پیچیده ای که کوارک را محصور می سازند و مانع از آن می شوند که برای مدت زمان طولانی دور از یکدیگر باقی بمانند، ناشی از انباشته شدن ابر گلوئونهای مجازی کوتاه عمر است که آنها را در بر گرفته اند، و هر یک از آنها با یکدیگر به طور ضعیف و ساده بر هم کنش می کنند.

فرایند معکوس، یعنی چگالیدن گلوئونها و ترکیب مجدد آنها اگرچه ممکن در نظر گرفته شده ولی تاکنون مشاهده نشده است. این فرایند وقتی رخ می دهد که دو گلوئون شولیدهٔ نزدیک به هم، در بررسی دقیق تر، به سه (به جای چهارگلوئون مورد انتظار ـ دو گلوئون به ازای هر کدام) گلوئون بارز تفکیک شدند (شکل ۲). حتی شاید تصاویر غلط را بتوان تفکیک کرد: آنچه در ابتدا سه گلوئون شولیده به نظر می رسد می تواند تصویر دو گلوئون کمتر شولیده باشد که بر هم نهاده شده اند. سرانجام، ممکن است تعادل جالب توجهی بین شکافته شدن و باز ترکیب به وجود آید. محاسبهٔ دقیق این تعادل یک چالش مهم نظری است ـ که یک پروتون با نگریست نزدیکتر و نزدیکتر به آن سرانجام چگونه به نظر می رسد.



در یک شتابدهنده، هسته هایی که به سرعت به هم نزدیک می شوند به واسطهٔ انقباض نسبیتی مانند پنکیک به نظر می رسند و در نتیجه دریایی از چگالترین گلوئونها را به وجود می آورند. استفاده از آنها که اکنون زمینهٔ فعالی از فیزیک تجربی است دریچهٔ جدیدی را در پژوهشهای تجربی خواهد گشود. انباشت چسب در داخل پروتون فقط به خاطر خود آن جالب توجه نیست، بلکه برای تفسیر آزمایشهای آتی با استفاده از پروتونهای فوق العاده پرانرژی به عنوان ابزار کاوش، به ویژه جستجوی ذره هیگز و ذراتی که نظریهٔ ابر تقارن در برخوردکننده بزرگ CERN پیش بینی کرده است، اهمیت دارد. چون بسیاری از این ذرات در درجه اول بر اثر همجوشی گلوئونها در پروتونهای برخورد کننده تولید می شوند، آهنگ تولید آنها را چگالیهای گلوئونها کنترل می کند.

شکل ۲ـ باز ترکیب گلوئونها. در شکل ۱ـالف یک گلوئون مه آلود به دو گلوئون بارز تفکیک شده است. اگر دریاهای گلوئون همواره رقیق باشد، دو گلوئون باید بتوانند به چهار گلوئون بارز تفکیک شوند. اما وقتی دو گلوئون پیوند محکمتری با هم داشته باشند (مطابق شکل ۱)، می توانند به سه گلوئون تفکیک شوند که نشان می دهد باز ترکیب صورت گرفته است.

در هر مشاجره این گفته قدیمی که «من لاستیک ام و تو چسب، بنابراین هرچه به من بگویی بر می گردد و به خودت می چسبد.» ملجاء نهایی طرف ناتوان است. خُب در این مورد هم می توان از آن استفاده کرد.

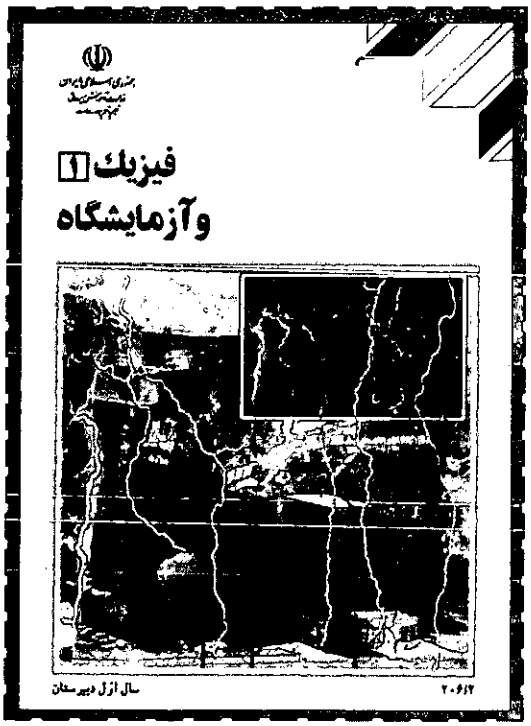
Nature/ vol 400/ 1 July 99, pp 21-23

گروه فیزیک دفتر برنامه ریزی و تألیف کتب درسی

کلامی چند با دبیران محترم فیزیک در باب معرفی کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه

چکیده

در این نوشتار سعی می شود تا حد امکان شیوهٔ خاصی که در تدوین کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه به کار گرفته شده است، همراه با ذکر دلایل مربوطه معرفی شود. تأثیر این شیوه بر انتخاب محتوای کتاب و نحوهٔ تنظیم و ارائهٔ محتوا نیز توضیح داده شده است. علاوه بر آن مطالبی نیز دربارهٔ روش تدریس پیشنهادی این کتاب و نحوهٔ ارزش یابی از دانش آموزان به همراه تعدادی سؤال نمونه، تقدیم شده است.



مقدمه

هماهنگی با تحولات دنیای در حال تغییر و دگرگونی، یکی از نگرانی های انسان روزگار ماست. *در سراسر دنیا، اندیشمندان، سیاستمداران، برنامه ریزان آموزشی و حتی پدران و مادران تلاش می کنند شیوه هایی بیابند که با استفاده از آن ها بتوان دانش آموزان امروز را برای زیستن در دنیای غیرقابل پیش بینی فردا آماده کرد.*

در سال های اخیر، در عرصه های گوناگون آموزش و پرورش در سطح جهانی، تغییرات و تحولات فراوانی

به وقوع پیوسته است. در این میان شاید هیچ موضوع درسی به اندازهٔ درس های حوزهٔ علوم تجربی دچار تغییر نشده باشد. این تغییر تنها جنبهٔ محتوایی آموزش علوم را در برنمی گیرد، بلکه اهداف آموزش علوم، نحوهٔ گزینش محتوا، روش های یاددهی ـ یادگیری و روش های ارزش یابی را نیز شامل می شود.

آن چه در این سال ها توجه صاحب نظران را به خود معطوف داشته، این است که چگونه می توان دانش آموزان را به گونه ای آموزش داد که توانایی روبه رویی با مشکلات جدیدی را که در آینده بروز خواهند کرد، داشته باشند و بتوانند به حل مسایل و مشکلات آتی بپردازند.

همگان بر این نکته واقف اند که دانش آموزان امروز، در آینده در شرایطی متفاوت با شرایط زندگی کنونی ما، زندگی خواهند کرد. بعضی از مسایلی که آنان در آینده با آن روبه رو خواهند شد، هم اکنون یا اصلاً وجود ندارند تا راه حل آن ها به دانش آموزان آموخته شود، و یا آنقدرها به نظر ما مهم نمی آیند که در حال حاضر مطرح شوند. ***از این رو منطقی است که به دانش آموزان راه و روش حل مسائل را یاد بدهیم، نه فقط پاسخ تعدادی مسئلهٔ مشکل مشخص را.***

اشاره به این نکته ضروری است که در تعاریف جدیدی که از سواد و سوادآموزی می شود، دیگر از کلمهٔ «سواد» فقط توانایی «خواندن و نوشتن» برداشت نمی شود، بلکه با سواد کسی است که دارای حداقل **سواد علمی ـ فن آورانه**[1] باشد به طوری که توانایی بهره برداری صحیح از مواهب زندگی را داشته باشد.

سواد علمی ـ فن آورانه عبارت است از مجموعه ای از دانستنی ها و مهارت ها که هر انسانی برای گذراندن زندگی خود به آن ها نیاز دارد. درس های حوزهٔ علوم تجربی بیشترین سهم را در انتقال این دانش و سواد برعهده دارند. علاوه بر آن آموزش های غیررسمی از طریق رسانه ها و رفتارهای اجتماعی مردم نیز در این امر نقش مهمی دارند.

چه بسا دیده ایم که کمبود سواد علمی ـ فن آورانه موجب می شود که حتی افراد تحصیل کرده نتوانند از وسایل، ابزارها و امکاناتی که فن آوری جدید فراهم کرده است به نحو مطلوب استفاده کنند. در نتیجه از هر وسیلهٔ جدید که ممکن است امکانات فراوانی در اختیار قرار دهد، تنها به استفاده های خیلی ساده ای که از قبل با آن ها آشنا هستند، اکتفا می کنند.

این افراد در دوران آموزش عمومی خود این نکته را نیاموخته اند که به هنگام روبه رو شدن با یک پدیدهٔ جدید، چگونه و به چه راههایی می توانند برای شناسایی و به کار گرفتن آن پدیده اقدام کنند. به عبارت ساده تر «راه های جمع آوری اطلاعات» را نیاموخته اند.

در این جا باید به یک نکتهٔ بسیار مهم دیگر هم اشاره کرد که در آموزش علوم تجربی، وقتی از آموزش فن آوری صحبت به میان می آید، منظور از فن آوری به عنوان یک فرایند است و نه یک فرآورده. ***آنچه مهم است، آموزش مراحلی است که یک اصل یا قانون علمی طی می کند تا به یک فرآوردهٔ فن آوری تبدیل شود، نه معرفی وسایل تازه ای که ساخته شده اند و نشان دادن طرز کار آن ها.***

برنامه ریزی هر موضوع درسی سه هدف زیر را دنبال می کند:

۱ـ کسب دانستنی های ضروری

۲ـ کسب مهارت های ضروری

۳ـ کسب نگرش های ضروری

دربارهٔ کسب دانستنی های ضروری باید به این نکته توجه کرد که گرچه در ضروری بودن آموزش بعضی دانستنی ها، مانند موضوع هایی که به بهداشت و سلامت انسان ها مربوط است، شکی نیست، ولی در بسیاری موارد، تشخیص این که آموختن چه چیزی به دانش آموزان ضروری است و آموختن چه چیزی ضروری نیست، بسیار مشکل است. برای مثال در زندگی روزمرهٔ کنونی، شاید لازم باشد که دانش آموزان دربارهٔ باتری های معمولی چیزهایی بدانند. زیرا دایماً با آن ها سروکار دارند و از آن ها استفاده می کنند. اما ممکن است در بیست سال آینده، چنان تحولی در این زمینه به وجود آید که دیگر اصلاً نیازی به طرح این مسأله احساس نشود. یا در زمینهٔ صنایع مخابرات و کاربرد رایانه در ارتباطات و استفاده از تارهای نوری به جای کابل های مسی نیز نمی دانیم که در آینده چه رخ خواهد داد. بنابراین ممکن است بعضی از موضوع هایی که امروز دانستن آن ها ضروری به نظر می رسد، در زندگی آیندهٔ فرزندان ما هیچ نقش و جایگاهی

نداشته باشد و از طرف دیگر، شاید دانستن بعضی از موضوع هایی که امروزه هنوز در زندگی ما نقش اساسی ندارد، یا چیزهایی که هنوز کشف یا اختراع نشده است، در آینده بسیار مهم و اساسی باشد.

دربارهٔ **کسب مهارت های ضروری** به جرأت می توان گفت که امروزه مهم ترین وظیفه و نقش آموزش در مدرسه ها، یاد دادن شیوه های یادگیری و پرورش مهارت هایی است که خود فرد بتواند به کمک آن ها، راه های حل مسأله و کشف مجهولات را بیابد. مهم ترین هدف آموزش علوم به ویژه فیزیک، پرورش مهارت هایی چون ***مشاهده***، ***جمع آوری اطلاعات***، ***تشخیص متغیرها***، ***فرضیه سازی بر اساس اطلاعات به دست آمده***، ***پیش بینی کردن (اظهارنظر با توجه به اطلاعات و نشانی های موجود)***، ***طراحی تحقیق (یافتن راهی که درستی یا نادرستی فرضیه را اثبات کند)***، ***کاربرد صحیح ابزارها و وسایل اندازه گیری و سرانجام برقراری ارتباط است***.

دربارهٔ کسب نگرش های ضروری باید گفت که پرداختن به آموزش دانستنی ها و مهارت های ضروری نباید موجب غفلت دربارهٔ پرورش نگرش های ضروری، یعنی اعتقادات و ارزش هایی شود که کیفیت زندگی فردی و اجتماعی ما به آن ها بستگی دارد.

آموزش صحیح علوم در تمام کشورهای در حال توسعه، یکی از مهم ترین سنگ بناهای توسعه محسوب می شود و به آن توجه خاصی مبذول می گردد. نتایج پژوهش های فراوان و گسترده، رابطهٔ مستقیم میان میزان سرمایه گذاری هر کشور در زمینهٔ آموزش علوم و رشد توسعهٔ اقتصادی آن را نشان داده است.[۲]

دفتر برنامه ریزی و تألیف کتب درسی وزارت آموزش و پرورش با توجه به تغییرات و تحولاتی که بنابر شرح بالا در هدف ها و رویکردهای آموزشی در سطح جهان رخ داده و می دهد، تغییر بنیادی در آموزش علوم را در برنامهٔ کار خود قرار داده، با این هدف که دانش آموزان امروز ما که پیکرهٔ اصلی جامعهٔ فردا را تشکیل می دهند، از چرخهٔ آموزش و پیشرفت و هماهنگی و همگامی با توسعهٔ علمی ـ صنعتی بر کنار نمانند و توانایی آن را بیابند که پابه پای توسعهٔ جهانی، معلومات خود را توسعه داده و به روز کنند (یادگیرنده مادام العمر) و در نهایت شهروندانی سازگار با «جامعهٔ در حال تغییر» باقی بمانند. این مطلب **اساس نظریهٔ آموزش برای تغییر را تشکیل می دهد**.

در این میان، مهم ترین تغییری که باید در وضعیت کلی روش آموزش علوم تجربی از جمله فیزیک صورت بگیرد، **تغییر در رویکردهای آموزشی**، از شیوه های سنتی و انفعالی (شیوهٔ سخنرانی و حفظ مطالب) به شیوه های فعال یاددهی ـ یادگیری است.

در روال سنتی آموزش، تکیهٔ محض بر کتاب درسی و معلم است. در این روال، معلم به روش سخنرانی دانش آموزان را در جریان حقایق و اصول علمی قرار می دهد و گاه صحت پاره ای از مطالب را با آزمایش نشان می دهد. دانش آموزان هم می بینند و سعی می کنند به خاطر بسپارند. در این شیوه، «به خاطر سپردن مطالب»، مترادف با «یاد گرفتن» تلقی می شود. به عبارت دیگر، در روش های سنتی، دانش آموزان علوم را **می خوانند**، در حالی که خواندن علوم لزوماً به معنای ***آموختن*** علوم نیست.

کارشناسان گروه فیزیک دفتر برنامه ریزی و تألیف، بر اساس سیاست بهینه سازی آموزش علوم، درصدد برآمدند که با تشخیص نیازها و شرایط آموزشی کشورمان و با توجه به برنامهٔ آموزش فیزیک در سایر کشورها طرح جدیدی برای آموزش فیزیک بریزند.

در این طرح جدید هدف آن است که دانش آموزان ضمن کسب تجربهٔ مستقیم و درگیر شدن در فعالیت های یاددهی ـ یادگیری، علاوه بر دست یافتن به دانش پایه در زمینهٔ فیزیک، با روش یادگیری علوم و به کارگیری آن و به عبارت علمی تر، با مهارت های فرایندی نیز آشنا شوند و نگرش های ضروری از قبیل توجه به عظمت خلقت و تعظیم خالق، کنجکاوی و میل به یادگیری مادام العمر، احترام به حقوق خود و دیگران، احساس مسئولیت و جدیت در کار، روحیهٔ اتکا به نفس، هویت دینی و ملی، احساس مسئولیت در قبال محیط زیست و منابع ماده و انرژی نیز در آنان پرورش یابد.

کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه اولین کتابی است که به منظور برآورده کردن اهداف ذکر شده، تدوین شده است.

در ادامه به طور خاص به ویژگی های این کتاب و روش تدریس آن و نحوهٔ ارزش یابی آموخته های دانش آموزانی

که این کتاب را می خوانند می پردازیم.

محتوای کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه

محتوای هر کتاب درسی با توجه به عامل های زیر انتخاب می شود:

۱ـ هدف های تعیین شده برای کتاب

۲ـ روش ارائه محتوا

۳ـ مخاطبان کتاب (دوره و سال تحصیلی)

هر یک از این عامل ها، به گونه ای مؤثر محدودیت هایی در امر انتخاب محتوا ایجاد می کنند.

۱ـ هدف های کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه

درس فیزیک ۱ و آزمایشگاه یک درس ۲/۵ واحدی است، که ۰/۵ واحد آن مربوط به آزمایشگاه است. هدف کلی از ارائهٔ این درس، آموزش بخشی از فیزیک است که با زندگی روزانهٔ هر فرد به عنوان یک شهروند، بیشتر ارتباط پیدا می کند.

۲ـ روش ارائهٔ محتوا

در این کتاب، آزمایشگاه و درس، به طور همزمان و در هم تنیده ارائه شده است. به این معنا که دو درس مجزا با نمره های خاص خود، یکی به عنوان فیزیک و دیگری به عنوان آزمایشگاه وجود ندارد. در این درس، دانش آموز با انجام آزمایش ها و فعالیت های هدف داری که در کتاب آورده شده است و یا توسط معلّم طراحی می شود[۳]، در فرآیند یاددهی ـ یادگیری به طور فعال شرکت می کند.

روش ارایهٔ محتوای این کتاب به گونه ای است که دیگر معلم محور کلاس نمی باشد؛ زیرا در روش معلم محوری، یا آزمایشگاه به کلی کنار گذاشته می شود و یا انجام هر آزمایش، توسط معلم **به نمایش** گذاشته می شود، و تنها در بهترین شرایط، وسایل آزمایش، شرح آزمایش، دستور کار و ... از قبل تهیه شده و آزمایش با نظارت معلم توسط دانش آموز اجرا می شود. در این شیوه، دانش آموز با دیدن نتیجهٔ آزمایش و تطبیق آن با مفهوم های ارائه شده در کلاس درس، از درستی مفهوم ها مطمئن می شود. در این شیوه دانش آموز ***در تولید آنچه که قرار است بیاموزد، نقشی ندارد.*** مهم ترین و شاید تنها نقش دانش آموز، حفظ کردن مطالب ارائه شده است.

و امّا در شیوهٔ آموزش فعّال که اساس روش ارائه محتوای کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه مطابق آن است، دانش آموز در تولید آنچه که باید یاد بگیرد فعالانه شرکت می کند. در بیشتر موارد به دانش آموز حتی مطلب از پیش تعیین شده ای ارائه نمی شود. بلکه او به انجام فعالیت ها و آزمایش های هدف داری رهنمون می شود که با انجام آن ها به مفهوم های درسی مورد نظر، دست می یابد. آنچه که به دست می آورد، حاصل فعالیت های خود اوست. از این رو نسبت به آن احساس تملک می کند و در نتیجه فراگیری، تداوم و پایداری بیشتری خواهد داشت. در این روش، آموزش به صورت فرایند «یاددهی ـ یادگیری» انجام می شود؛ به طوری که آزمایش جزء لاینفک درس است و نمی تواند جداگانه و در یک کلاس مجزا ارائه شود.

۳ـ مخاطبان کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه

عمومی بودن درس فیزیک ۱ و آزمایشگاه، به معنای آن است که این واحد درسی را باید همهٔ دانش آموزان سال اول دورهٔ متوسطه بگذرانند[۴]. در نتیجه برای تعداد بسیار زیادی از مخاطبان کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه که شاید از ۵۰٪ کل آنان نیز بیشتر باشد، این تنها درس فیزیک است که در دورهٔ تحصیلات متوسطهٔ خود می گذرانند.

سازمان دهی محتوای کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه

اساسی ترین بخش برنامه ریزی کتاب فیزیک ۱، انتخاب محتوای کتاب بود. با توجه به کم بودن تعداد واحد مربوط به این درس و پایین بودن سن مخاطبان و سطح دانش ریاضی آنان باید مفهوم هایی از بین مباحث گستردهٔ فیزیک انتخاب می شد که هم از عمومیت بیشتری برخوردار باشند و در زندگی روزانهٔ یک شهروند بیشتر مورد احتیاج باشند و هم پیش نیاز کمتری داشته باشند. این انتخاب بسیار حساس و لازم بود و می بایست با در نظر گرفتن تمام جوانب انجام می شد.

موضوع دیگری که در انتخاب محتوا می باید در نظر گرفته می شد، ارتباط این درس با درس علوم در دورهٔ راهنمایی است. به این مسألهٔ بسیار مهم قبلاً کمتر توجه

می شد و این امر باعث ناپیوستگی آموزش علوم بین دو مقطع راهنمایی و دبیرستان می شد. ولی در شیوهٔ فرایند محوری ارائهٔ محتوا که تا حدود زیادی دانش آموز را محور یادگیری قرار می دهد، لازم است آموخته های قبلی وی نیز در نظر گرفته شود.

شورای فیزیک دفتر برنامه ریزی و تألیف پس از بحث های طولانی و نظرخواهی از صاحب نظران و با توجه به نکات بالا مفهوم *عام* انرژی را به عنوان مفهوم اصلی و محوری کتاب فیزیک ۱ برگزیده و مقرر داشت که ***علاوه بر آن مباحث گرما، الکتریستهٔ ساکن و نور هندسی به عنوان مباحث اصلی کتاب منظور گردند.***

ریز مطالب هر فصل در کتاب آمده است که در این جا از تکرار آن خودداری شده است.

دانش آموز با برخی از رابطه ها و مفهوم های ارائه شده در این کتاب، مانند سرعت، انرژی و یکاهای آن ها تا حدّی که در این کتاب لازم است، از قبل (در دورهٔ راهنمایی) آشنایی دارد. تدریس این مفهوم ها، در این کتاب ضروری نبوده است. در آموزش فیزیک دبیرستانی که از فیزیک ۲ به طور اختصاصی برای دانش آموزان رشته های ریاضی فیزیک و علوم تجربی شروع می شود، این مفهوم ها در جای مناسب به طور دقیق تر معرفی و بررسی خواهند شد.

نحوهٔ سازمان دهی محتوای کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه بر اساس نکاتی که در باب روش نوین آموزش علوم گفته شد، به گونه ای است که دانش آموز به عنوان محور فعالیت های یاددهی ـ یادگیری در آن درنظر گرفته می شود. در نتیجه در کتاب، فعالیت هایی با عناوینی از قبیل «آزمایش کنید»، «طراحی کنید»، «ترسیم کنید» و ... فراوان به چشم می خورد. **بسیاری از فعالیت های کتاب به صورت «کار گروهی» پیش بینی شده است.** در این کتاب، دانش آموزان با پرسش های زیادی مواجه می شوند که پاسخ تعدادی از آن ها را مستقیماً در متن کتاب نمی بینند. این امر خود به توجیه و آموزش همه جانبهٔ دبیران و اولیای دانش آموزان نیاز دارد که نحوه ی برخورد صحیح با این گونه پرسش ها را بیابند. هم چنین در کتاب برخی پرسش های واگرا مطرح شده است. این پرسش ها که می تواند پاسخ های بسیار گوناگون و متفاوتی داشته باشد در پرورش تفکر نقاددر دانش آموزان نقش اساسی دارد.

روش تدریس کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه

محتوای کتاب فیزیک ۱ به گونه ای سازمان یافته است که برای تدریس به شیوهٔ مبتنی بر فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال مناسب است. در فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال، یادگیرنده خود از طریق تجربیات دست اول، آزمایش های مستقیم و درگیر شدن در تحقیق و حل مسئله به علم آموزی می پردازد. اساس روش یاددهی ـ یادگیری فعال کمک به دانش آموز برای فرضیه سازی، پیش بینی، کاوش، برقراری ارتباط، استنباط و کسب تجربه های گوناگون علمی و ... است. این شیوه موجب پرورش مهارت های مختلفی چون اندیشیدن، نقد کردن، به کارگیری آموخته ها در موقعیت های مختلف برای یافتن پاسخ پرسش های موجود و یا ابداع روش های نوین و ... می شود.

براساس نظریه های جدید تعلیم و تربیت، یادگیرنده زمانی بهتر یاد می گیرد که انگیزهٔ یادگیری در او به وجود آید و به گونه ای فعال، به یادگیری بپردازد.

۱ـ اساس روش تدریس مبتنی بر فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال

در این جا جنبه های اساسی فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال را فهرست بندی می کنیم:

۱ـ فعالیت های آموزشی دانش آموزان گروهی است و تأکید عمده بر هم یاری است.

۲ـ مسئول یادگیری دانش آموز، خود اوست.

۳ـ معلم نقش تسهیل کنندهٔ یادگیری و راهنمای دانش آموز را دارد.

۴ـ به مهارت های تفکر و مطالعه بهای بیشتری داده می شود.

۵ـ فرصت های یادگیری برابر برای همهٔ دانش آموزان فراهم می شود.

۶ـ اعتماد به نفس در دانش آموزان تقویت می شود.

۷ـ رقابت فردی تضعیف می شود و در مقابل احساس موفقیت گروه تقویت می شود.

۲ـ مراحل اجرایی تدریس به شیوه ی یاددهی ـ یادگیری

فعال

در فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال، دبیر و دانش‌آموز هریک نقش فعالی دارند. در ادامه مجموعهٔ کارهایی که هریک باید انجام دهند به طور خلاصه فهرست بندی می‌شود.

الف ـ آنچه که دبیر باید انجام دهد:

۱ـ تبیین اهمیت و نقش فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال برای دانش‌آموزان

۲ـ واقف کردن دانش‌آموزان به قبول مسئولیت یادگیری

۳ـ وادار کردن دانش‌آموزان به تفکر به وسیلهٔ مسئله سازی و با شیوه‌های مختلف

۴ـ قرار دادن فرصت‌های یادگیری گوناگون در اختیار دانش‌آموزان

۵ـ ارائه هرگونه فعالیت یا فعالیت‌هایی که دانش‌آموزان را به سوی یادگیری فعال سوق می‌دهد.

۶ـ تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به انجام آزمایش‌های کتاب و اخذ گزارش از آنان.

۷ـ تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به انجام آزمایش‌هایی که خود و یا همکلاسی‌هایشان طراحی و ابداع کرده‌اند.

۸ ـ تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به کنجکاوی در محیط اطراف برای یافتن مصداق آن چه که در کتاب خوانده‌اند.

۹ـ تشویق و ترغیب دانش‌آموزان به بررسی کارهای یک دیگر و نقد این کارها

۱۰ـ ارزش‌یابی دانش‌آموزان به صورت یک فرایند

۱۱ـ ایجاد انگیزه به صورت یک فرایند

ب ـ آنچه که باید دانش‌آموز انجام دهد:

۱ـ شرکت در فعالیت‌های یادگیری از روی علاقه

۲ـ انجام آزمایش‌ها و فعالیت‌هایی که در کتاب توصیه شده است.

۳ـ ابداع آزمایش‌ها، طرح‌ها و روش‌های جدید و انجام آن‌ها.

۴ـ تبیین نظریه‌ها و روش‌هایی که فرا می‌گیرد و مربوط ساختن آن‌ها با آموخته‌های قبلی خود.

۵ـ ارزیابی دائم خود در حین یادگیری و پس از آن

۶ـ تجربه و آزمایش نظریه‌های خود و در صورت لزوم اصلاح آن‌ها.

۷ـ ارائه‌ی نتایج فعالیت‌های خود در گروه (و در صورت لزوم به کلاس).

۸ ـ ارائه‌ی نتایج فعالیت‌های گروه به کلاس.

۹ـ حل مشکلات خود و گروه.

۱۰ـ بحث و گفت و گو و تبادل نظر در گروه.

۱۱ـ نقد کارهای خود و دیگران.

شیوه‌ی ارزش‌یابی مناسب برای کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه

ارزش‌یابی عبارت است **از جمع‌آوری اطلاعات از آموخته‌های دانش‌آموزان و قضاوت در مورد حدود آن آموخته‌ها**. معلم در فرایند ارزش‌یابی اطلاعاتی جمع‌آوری می‌کند تا با تفسیر آن‌ها تعیین کند که دانش‌آموز چه دانشی فرا گرفته و چه توانایی‌هایی کسب کرده است. ارزش‌یابی باید در جهت هدف‌های آموزشی درس باشد و اطلاعاتی که در ارزش‌یابی جمع‌آوری می‌شود باید به گونه‌ای باشد که معلم با تفسیر آن‌ها بتواند به درستی در مورد میزان دست‌یابی دانش‌آموزان به هدف‌های برنامهٔ قصد شده قضاوت کند.

بسیاری تصور می‌کنند که در کلاس درس باید آن چیزی را آموزش دهند که قرار است ارزش‌یابی شود (کاری شبیه کلاس‌های کنکور)، نه این که آنچه را که آموزش داده‌اند، ارزش‌یابی کنند. معلم باید دانش‌ها و مهارت‌هایی را که تلاش در آموزش آن‌ها داشته است مورد ارزش‌یابی قرار دهد. برای مثال اگر هدف یک درس آموزش «تعیین متغیرها» باشد، باید توانایی دانش‌آموز در «تعیین متغیرها» ارزش‌یابی شود، نه تکرار تعیین متغیرهایی که دیگران انجام داده‌اند. به عبارت دیگر به خاطر سپردن روش کار دیگران در «تعیین متغیرها» یک ارزش‌یابی حافظه‌ای است، نه ارزش‌یابی توانایی «تعیین متغیرها».

ارزش‌یابی قبل از هر چیز ابزاری است برای معلم که به وسیلهٔ آن میزان موفقیت و شکست خود در مراحل مختلف آموزش را شناسایی کند و متوجه شود که دانش‌آموز نیازمند چه کمکی است.

اگر از دانش آموزان انتظار داشته باشیم که به جای درک مسئله و یافتن راه حل به حفظ کردن راه حل ها بپردازند و به جای پروراندن ذهن خود، به تراکم معلومات آماده اکتفا کنند و به جای انتخاب تفکر واگرا، به تفکر همگرا روی آورند. ارزش یابی پایانی را نیز بر پایه همین انتظارات انجام خواهیم داد. به این معنا که پاسخ ها و راه حل های درست، از قبل کاملاً تعیین شده اند. دانش آموز برای موفقیت در ارزش یابی نیازی به درک کامل مفهوم ها ندارد و تنها به حافظه اتکا می کند. **روشن است که این نوع یادگیری حاصلی جز فلج کردن ذهن و از میان بردن کنجکاوی و سرکوب شدن خلاقیت ندارد.**

در شیوه ی سنتی تدریس و ارزش یابی اعتقاد بر آن است که دانش ها و مهارت ها و نگرش های آموزش داده شده را می توان به اجزای مستقل از هم تفکیک کرد و هریک را به طور مستقل مورد ارزش یابی قرار داد. این روش سنتی ارزش یابی معمولاً در مورد آن چه که دانش آموز از باب محتوا فرا گرفته، تا حدودی موفق است. اما در فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال، آموزش محتوا، هدف اصلی آموزش نیست.

امروزه همراه با شیوه های سنتی تدریس، شیوه های سنتی ارزش یابی نیز در بسیاری از کشورها منسوخ شده است. **ارزش یابی بیشتر بر اساس عملکرد دانش آموز و به صورت مستمر (و نه مقطعی) انجام می شود.** در ارزش یابی مستمر برای هر دانش آموز پرونده ای تنظیم می شود که اطلاعات مربوط به وی به صورت مستمر در آن نگه داری و مقایسه می شود.

۱ـ مزایا و ویژگی های ارزش یابی مستمر

ارزش یابی مستمر همواره پیام روشن و تعیین کننده ای برای دانش آموز و معلّم دارد. این پیام آن است که:

الف) دانش آموز در چه سطحی از یادگیری قرار دارد.

ب) مرحله ی بعدی آموزش در کلاس چگونه برنامه ریزی شود تا ضعف ها و کاستی ها در جریان یادگیری برطرف شود.

با توجه به توضیحات بالا می توان دریافت که فرمول خاصی برای ارزش یابی مستمر وجود ندارد؛ بلکه معلّم متناسب با پیشرفت دانش آموز در فرایند یاددهی ـ یادگیری فعّال، نوع و زمان ارزش یابی را تعیین می کند. ارزش یابی مستمر دارای ویژگی های زیر است:

۱ـ ارزش یابی جزئی از فرایند یاددهی ـ یادگیری فعال است.

۲ـ هدف ارزش یابی مستمر علاوه بر جمع آوری اطلاعات از آموخته ها و مهارت های دانش آموزان، برانگیختن ذهن دانش آموزان و ایجاد کنجکاوی و بررسی سؤال های عمیق تر است.

۳ـ یکی از معیارهای ارزش یابی هر دانش آموز، تعداد سؤال هایی است که دانش آموز در ذهن خود می پروراند. به عبارت دیگر هر دانش آموزی که بیشتر و عمیق تر سؤال می کند، نمرهٔ بالاتری می گیرد.

۴ـ عملکرد هر دانش آموز در مقایسه با وضعیت قبلی خود وی ارزش یابی می شود.

دیدیم که آموزش فرایندی در هم تنیده متشکل از سه حوزه مهارتی، نگرشی و دانشی است. این سه حوزه تفکیک پذیر نیستند. در حین ارزش یابی نیز نمی توان آن ها را به طور کامل مجزا از هم در نظر گرفت. در واقع می توان گفت که بهترین شکل ارزش یابی آن است که معلّم، در حین انجام فعالیت ها توسط دانش آموزان، بر اساس عملکرد آن ها درباره هر سه حوزه به طور همزمان قضاوت کند. در ضمن این قضاوت کلی، معلّم باید جزئیات یا زیر مجموعهٔ توانایی های مربوط به هر حوزه را نیز در نظر داشته باشد. برخی از این جزئیات در جدول (۱) ارائه شده اند.

(به صفحه ۶۲ رجوع شود)

۲ـ ارزش یابی مهارت ها و دانستنی ها

در هنگام انجام هر فعالیت یادگیری، پرورش مهارت ها و کسب دانش، به طور همزمان انجام می پذیرد. از این رو در فهرست ارزش یابی مربوط به هر فعالیت، هم مهارت های موردنظر در آن فعالیت، و هم مفاهیم **مرتبط با آن، مورد قضاوت قرار می گیرند. روش های عملی ارزش یابی از مهارت ها و دانستنی ها به صورت زیر است:**

الف ـ برای هر جلسهٔ درس معلم باید با توجه به عملکرد مورد انتظار در فعالیت های یادگیری مربوط به آن

جلسه یک فهرست ارزش یابی مشابه جدول (۲) از مهارت ها و دانستنی ها تنظیم کند. وی در این فهرست عملکرد مورد انتظار خود را به صورت چند جمله مشخص درج و نمرهٔ مربوط به هر عملکرد را بر حسب اهمیت آن و با توجه به جدول مشخص کند.

ب ـ سعی شود در هر نیم سال چهار بار فهرست ارزش یابی از مهارت ها و دانستنی ها علامت گذاری شود و چنانچه روند نمرات کسب شده توسط دانش آموز در زمینهٔ مهارت ها و دانستنی ها حاکی از پیشرفت دانش آموز باشد آخرین نمرهٔ کسب شده و در غیر این صورت میانگین نمره های کسب شده، نمرهٔ وی در این قسمت به حساب می آید.

(به صفحه ۶۳ رجوع شود)

۳ـ ارزش یابی نگرش ها

دبیران محترم در هنگام تدریس و در طول هر نیم سال، با زیر نظر داشتن فعالیت ها، رفتارها و عملکرد دانش آموزان از میزان و نوع نگرش های مورد نظر در آموزش فیزیک شناخت پیدا می کنند و بر اساس آن فهرست ارزش یابی از نگرش ها (مشابه جدول ۳) را برای هر دانش آموز علامت گذاری کنند (همانند بخش مهارت ها و دانستنی ها)

(به صفحه ۶۴ رجوع شود)

۴ـ فعالیت های خارج از کلاس

در طول هر نیم سال، دبیران محترم تعدادی فعالیت خارج از کلاس برای دانش آموزان به صورت انفرادی یا گروهی تعیین می کنند. تعداد این فعالیت ها بستگی به نوع هر فعالیت و میزان وقت گیری آن دارد. دانش آموزان پس از انجام هر فعالیت باید حاصل آن را به شکل یک گزارش کتبی ارائه کنند. در مواردی که ساخت یک وسیله یا جمع آوری یک مجموعه توسط دانش آموز انجام می پذیرد، ارائه ی همان وسیله یا مجموعه تهیه شده، گزارش کار محسوب می شود.

زمینه های اصلی انجام فعالیت های خارج از کلاس عمدتاً عبارتند از:

۱ـ ساخت ابزار: ساختن ابزارها و وسایل مرتبط با موضوعات درسی.

۲ـ طراحی و انجام یک آزمایش مرتبط با موضوعهای درسی.

۳ـ مشاهدهٔ یک پدیده: مشاهدهٔ دقیق با جمع آوری اطلاعات و تهیهٔ گزارش دربارهٔ موضوع های گوناگون مرتبط با درس.

۴ـ مصاحبه با افراد مطلع: جمع آوری اطلاعات و تهیهٔ گزارش از طریق گفت وگو با افراد متخصص و مطلع درباره موضوع های گوناگون مرتبط با درس.

۵ ـ ارزش یابی پایانی

در ارزش یابی پایانی (نیم سال اول و آخر سال تحصیلی)، نیز علاوه بر ارزش یابی دانستنی های اکتسابی دانش آموزان، مهارت های «فکر کردن»، «مقایسه کردن»، «تفسیر کردن»، «طراحی تحقیق»، «نتیجه گیری»، «آزمایش» و ... را باید ارزش یابی کرد. حداقل نمره ای که به این مهارت ها اختصاص داده می شود نبایستی از ۲۵٪ نمرهٔ کل آزمون کمتر باشد.

پرسش های این آزمون باید عمدتاً فکری و فهمیدنی باشند و از پرسش هایی که متکی بر حافظه اند کمتر استفاده شود، یعنی بهتر است پرسش تفکربرانگیز باشد و دانش آموزان را با یک مسألهٔ جدید درگیر کند. گاهی از طریق مطرح ساختن بعضی شرایط فرضی می توان از دانش آموزان خواست که به نتیجه گیری، تفسیر یافته ها، طراحی تحقیق، آزمایش و ... بپردازند. چنین پرسش هایی در واقع مهارت های دانش آموزان را مورد سنجش قرار می دهند.

نمونه ی پرسش هایی که برای ارزش یابی از این مهارت ها طرح می شوند، در کتاب درسی دانش آموز موجود است. بدیهی است اگر در آزمون سؤالاتی عیناً شبیه سؤالات کتاب درسی داده شود، از نظر ارزش یابی کم ارزش و گاهی اوقات به طور کامل فاقد ارزش است.

برای آشنایی بیشتر در ادامه، تعدادی سؤال در حیطه های مختلف ارائه شده است. البته توصیه می شود، دبیران محترم آزمون های مناسب دانش آموزان خود را،

خود طراحی کنند.

۱ـ یک قسمت شیب دار در حیاط مدرسه در نظر بگیرید و مطابق شکل هفت نقطه هم فاصله روی آن را علامت بگذارید، ماشین اسباب بازی ای را که در اختیار دارید روی نقطه ۱ نگه دارید و سپس به آرامی و بدون هیچ ضربه ای آن را رها کنید. ماشین از سطح شیب دار پائین می آید و در جایی می ایستد. فاصله نقطه توقف ماشین تا پای شیب را اندازه بگیرید. این آزمایش را برای هر هفت نقطه تکرار کنید.

الف ـ نتایج اندازه گیری های خود را در جدولی بنویسید.

و سپس این نتایج را در نمودار پیوست وارد کنید و با اتصال آن ها یک منحنی به دست آورید.

ب ـ نتایج این آزمایش را با قانون پایستگی انرژی توصیف کنید.

(همراه با صورت این فعالیت یک متر اندازه گیری مناسب، ماشین اسباب بازی و برگه های شطرنجی به دانش آموزان داده شود).

متن بالا فعالیتی است که معلم می تواند در یک جلسه درسی آن را ارائه دهد و انتظارات خود را در یک لیست مانند زیر درج کند و با توجه به آن دانش آموزان را ارزیابی کند.

۱ـ از ابزار به درستی استفاده می کند.

۲ـ اندازه گیری ها را از وسط ماشین تا پای شیب در نظر می گیرد و ممکن است برای یک نقطه، آزمایش را چند بار تکرار کند.

۳ـ جای مناسبی در حیاط انتخاب کرده و یا به طور ابتکاری یک سطح یکنواخت درست کرده است.

۴ـ جدول مناسبی انتخاب کرده و سپس با انتخاب مناسب یکای طول بر روی نمودار اطلاعات جمع آوری شده را بر روی نمودار وارد می کند.

۵ـ نمودار مناسبی رسم می کند.

۶ـ یافته ها را به طور مناسب تفسیر می کند.

۷ـ می تواند نقاط بعدی توقف ماشین را پیش بینی کند.

۸ ـ گزارش کار مناسبی تهیه کرده است.

۲ـ یک شرکت طراحی صنعتی پروژه ای در دست طراحی دارد که در آن قرار است ظرف مناسبی برای نگه داری مواد یخ زده جهت انتقال از سردخانه به محل مصرف طراحی شود. برای جلوگیری از تبادل انرژی گرمایی در ظرف مورد نظر سه پیشنهاد ارائه کنید، در هر مورد شرح دهید که برای اجرای پیشنهاد شما به چه مواد و تجهیزاتی نیاز است و این پیشنهاد از انتقال گرما در چه قسمتی جلوگیری می کند.

متن فوق یک سؤال انشایی پاسخ باز است که نقش علم را در فن آوری و زندگی روزمره نشان می دهد. در پاسخ به این پرسش این امکان برای معلم فراهم می شود تا از عقاید و نظرهای دانش آموزان آگاه شود و خلاقیت، ابتکار و ایجاد ارتباط بین چند عامل و نتیجه گیری آن را توسط دانش آموز ارزیابی کند.

دانش آموز با پاسخ دادن به سؤال هایی از این قبیل برای خود کشف می کند که بین مطالب علمی در کتاب های درسی و کاربردهای روزانه در زندگی اجتماعی رابطهٔ تنگاتنگی وجود دارد.

۳ـ دانش آموزی دمای حیاط منزل خود را در یک روز تعطیل از ساعت ۶/۵ الی ۱۸/۵ اندازه گیری می کند که نتایج آن در جدول زیر آمده است.

الف) نمودار دما را بر حسب زمان رسم کنید و توضیح دهید که آیا شکل کلی دما برحسب زمان در روزهای دیگر نیز به همین صورت است؟

ب) با استفاده از نمودار تعیین کنید در چه بازهٔ زمانی از روز دما به بیشترین مقدار خود می رسد؟

ج) به طور متوسط میانگین دما قبل از ظهر (قبل از ساعت ۱۲/۵) بیشتر است یا بعدازظهر (بعد از ساعت ۱۲/۵)؟

متن بالا قسمتی از یک فعالیت است که با انجام آن، مهارت دانش آموز در انتخاب دستگاه مختصات، مدرج کردن محورهای آن، رسم نمودار، استفاده از آن، تجربیات روزانه، مشاهدات و پیش بینی و ... ارزش یابی می شود.

۴ـ گاهی اوقات برای سرگرمی یا نمایش برای کودکان از سایه بازی استفاده می کنند، یعنی با قرار دادن انگشتان دست روی هم، شکل های مختلفی از جانوران را مجسم

می سازند. توضیح دهید از کدام خاصیت پرتوهای نور برای این کار استفاده می شود؟

برای این که شکل حاصل واضح تر دیده شود، چه چشمه نوری مناسب تر است؟ چرا؟

دانش آموز با پاسخ دادن به سؤال هایی از این قبیل متوجه ارتباط بین مطالب کتاب درسی و کاربردهای هنری در زندگی روزانه خود می شود و با دقت بیشتری این گونه نمایش ها را می نگرد و به طرز قرار گرفتن انگشت ها و عوامل مؤثر در کیفیت شکل ها (مثلاً چشمه اگر کوچک باشد یا بزرگ) پی می برد و سعی می کند آنچه را که مشاهده کرده، توصیف نماید.

۵ـ در شکل مقابل سه صفحه سوراخ دار به موازات هم در مقابل شمع روشن قرار دارند آیا از پشت صفحه ۳ می توان شمع را دید؟ چرا؟ (با رسم شکل نشان دهید)

این یک پرسش انشایی در حیطهٔ دانشی است و محدوده ای فراتر از حافظه را پوشش می دهد. دانش آموز با رسم پرتوهای نور و در نهایت با مشاهدهٔ این که پرتویی از روزنهٔ سومی نمی گذرد، به سؤال پاسخ منفی می دهد و یا به صورت توصیفی به نتیجه می رسد و فرصت مناسبی به دبیر داده می شود تا پی ببرد که آیا دانش آموز از این اصل که نور به خط مستقیم سیر می کند استفاده کرده یا نه؟

در ادامه با توجه به توانایی های دبیران محترم، سؤالات بدون توضیح و تفکیک حیطه ها می آیند.

۶ـ دانش آموزی ادعا می کند در زمستان می تواند اتاقش را توسط پنکه گرم کند. این گفته را تحلیل کنید.

۷ـ یک خودکار فنری را فشرده و رها می کنیم، خودکار به هوا پرتاب می شود، این پدیده را چگونه می توان توجیه کرد؟

۸ـ یک کتری آب جوش ۱۰۰°C که دارای ۱/۵ لیتر آب است روی شعله ی اجاق در حال جوشیدن است. در یک لحظه شعله ها را خاموش می کنیم، پس از مدتی طولانی دمای کتری با آشپزخانه یکی می شود. با انجام این عمل در منزل، این مدت را اندازه گیری کنید. اگر دماسنج الکلی دمای هوای آشپزخانه را ۲۰°C نشان دهد، آب داخل کتری چقدر گرما از دست داده است؟ آیا قبل از خاموش کردن شعله، کتری در حال تعادل گرمایی بوده است؟ بحث کنید.

۹ـ برای آن که بتوانیم به وسیله یک عدسی حروف ریز یک کتاب را بهتر بخوانیم، از چه نوع عدسی باید استفاده کرد و کتاب را در چه فاصله ای از آن باید قرار داد؟ (چگونگی را با رسم شکل نشان دهید)

۱۰ـ در شکل روبه رو اگر شخصی که چشم او در نقطهٔ O قرار دارد بخواهد به کمک یک آینه تخت نقطه A را ببیند، بهتر است آینهٔ تخت را در کجا نصب کند؟ مسیر پرتوی را که از نقطه A به آینه و به چشم می رسد رسم کنید.

۱۱ـ دانش آموزی می گوید «خوراک من خورشید است» این گفته را تحلیل کنید.

۱۲ـ مشاور تغذیه یک تیم ورزشی توصیه کرده است که یک وعده غذای اصلی هریک از ورزشکاران این تیم در روزهای تمرین حاوی ۱۰۰۰۰ کیلوژول انرژی شیمیایی باشد و حداقل ۴۰۰ گرم گوشت یا تخم مرغ در آن موجود باشد. با استفاده از جدول ۱ـ۱ کتاب که در آن معادل انرژی نان تقریباً ۱۶KJ/g است دو برنامهٔ غذایی برای هریک وعده غذا تهیه کنید و مزیت های هریک از دو برنامه را در انتهای آن توضیح دهید.

مراجع:

(1) Scientific and Technological Literacy (STL)

(۲)ـ علیرضا. کیامنش، رحمان نوری، «یافته های سومین مطالعه بین المللی TIMSS (ریاضیات دورهٔ راهنمایی)»، واحد انتشارات پژوهشکدهٔ تعلیم و تربیت، (۱۳۷۶).

علیرضا. کیامنش، رحمان نوری، «یافته های سومین مطالعه TIMSS (علوم دورهٔ راهنمایی)»، واحد انتشارات پژوهشکدهٔ بین المللی تعلیم و تربیت، (۱۳۷۶).

گفتنی است که رتبهٔ بسامد نامطلوب دانش آموزان ایرانی در طرح تیمز، در بین دیگر کشورها، هشدار دهنده و نگران کننده است.

(۳)ـ معلّم می تواند فعالیت های مناسب و هماهنگ با اهداف کتاب طراحی و در اختیار دانش آموزان قرار دهد تا دانش آموزان با راهنمایی های معلّم به درک و فهم بالاتر برسند.

(۴)ـ انتخاب رشته در نظام جدید آموزشی در سال دوم دبیرستان انجام می شود. هرچند متأسفانه در برخی از دبیرستان های کشورمان به عمومی بودن درس های سال اول دبیرستان توجهی نمی شود، و در موارد زیادی از همان سال اول دبیرستان اقدام به پذیرش دانش آموز برای رشته های درسی «ریاضی فیزیک» و یا «علوم تجربی» می کنند.

جدول (۱)

ردیف	زمان ارزش یابی	زمینه ی ارزش یابی	نمره	موضوع ها	روش ارزش یابی	نحوه ی ارزش یابی
۱	مستمر	مهارت ها و دانستنی ها		مشاهده، جمع آوری اطلاعات، طبقه بندی اطلاعات، برقراری ارتباط بین یافته ها، اندازه گیری، پیش بینی، نتیجه گیری، شناسایی و کنترل متغیرها، فرضیه سازی، تفسیر یافته ها، آزمایش کردن، مدل سازی، طراحی تحقیق و دانستنی هایی که در حین انجام فعالیت های یادگیری حاصل می شود.	تکمیل فهرست ارزش یابی از مهارت ها و دانستنی های مورد نظر در هر فعالیت بر اساس عملکرد مورد انتظار در هنگام انجام هر فعالیت	از طریق مشاهدهٔ رفتار دانش آموزان و طرح پرسش های مناسب در حین انجام فعالیت ها.
		نگرش ها		کنجکاوی، همکاری گروهی، مسئولیت پذیری، توجه به محیط زیست، اعتماد به این که داشتن سواد علمی فن آورانه برای او زندگی بهتر و با صرفه تری را فراهم می کند و ...	تکمیل لیست ارزش یابی از نگرش ها بر اساس عملکرد مورد انتظار	از طریق مشاهده ی رفتار دانش آموز (در زمان های مختلف)
		فعالیت های خارج از کلاس		ساخت وسیله و انجام آزمایش، جمع آوری اطلاعات، تهیهٔ گزارش، انجام تحقیقات و ...	دریافت حاصل کار (برون داد) هر فعالیت	از طریق بررسی گزارش کار (پروژه ای)
۲	پایانی	دانستنی ها و مهارت ها		مفاهیم، اصول، قوانین، تعاریف و مهارت هایی هم چون فرضیه سازی، تفسیر یافته ها، پیش بینی	طرح پرسش های مناسب برای سنجش دانستنی ها و مهارت ها	به صورت آزمون کتبی

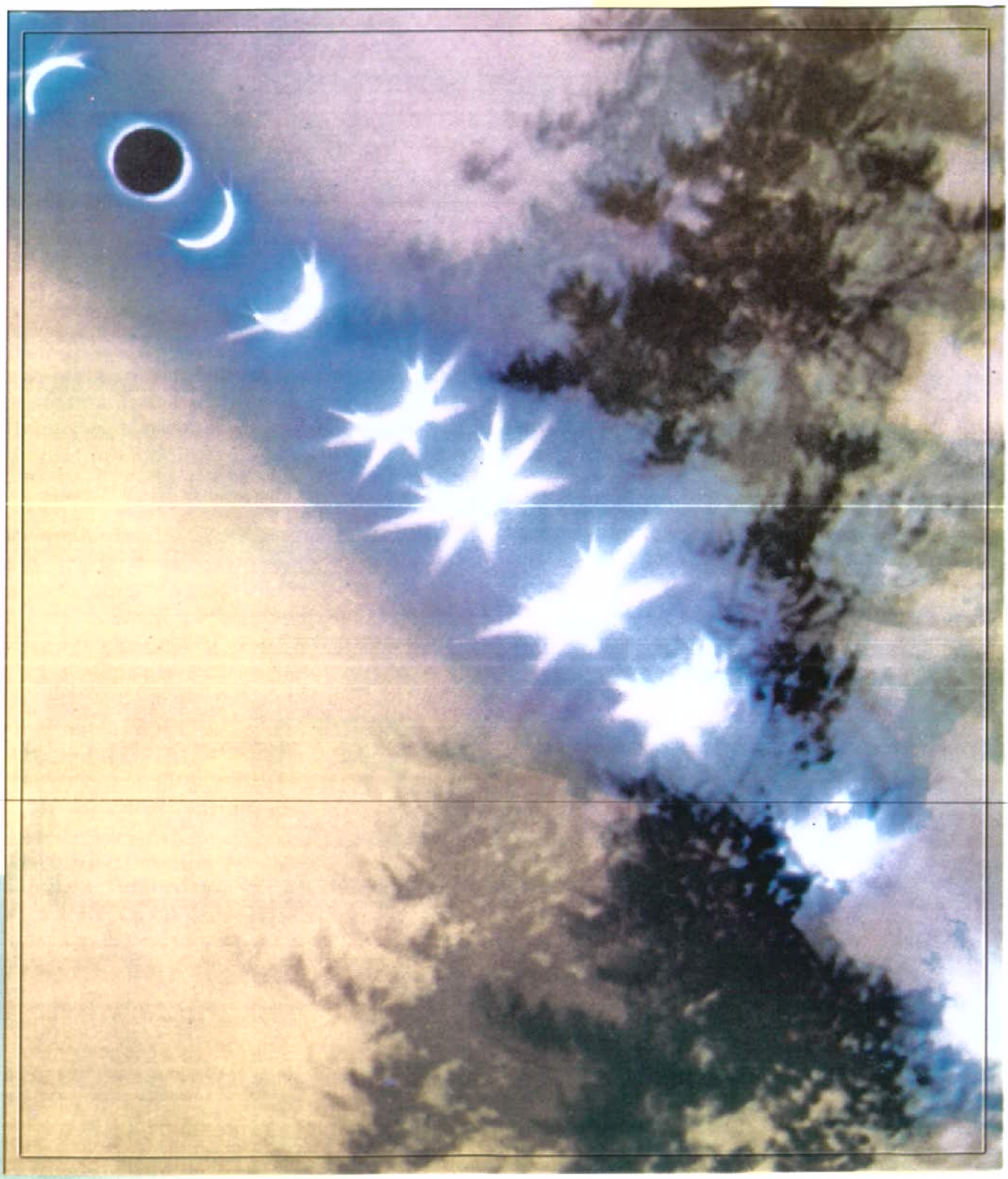
جدول (۲) نمونه ای از فهرست ارزش یابی از مهارت ها و دانستنی ها است . این فهرست ها جنبهٔ پیشنهادی دارند و دبیران محترم می توانند مواردی را حذف یا اضافه کنند .

نوع مهارت	عملکرد دانش آموز					ملاحظات خاص
	خیلی ضعیف	ضعیف	خوب	خیلی خوب	عالی	
ـ مشاهده (فرآیند به کار بردن حواس در جمع آوری اطلاعات از پدیده ها، وقایع و اجسام)						
ـ کاربرد ابزار و اندازه گیری (انتخاب مناسب ترین وسیله در فعالیت و کاهش درصد خطا و ...)						
ـ جمع آوری اطلاعات (انتخاب راه درست در جمع آوری اطلاعات)						
ـ شناسایی و کنترل متغیرها (شناسایی عواملی که بر نتایج آزمایش مؤثرند و عواملی که قابل کنترل هستند) .						
ـ تفسیر یافته ها (ارائه الگوها، روابط و نتایج بر اساس اطلاعات جمع آوری شده)						
ـ فرضیه سازی (ارائه دلایل برای حوادث و پدیده ها که با مشاهدات و تجربه ها سازگاری داشته باشد)						
ـ پیش بینی (استفاده از دانش قبلی و روابط کشف شده به منظور پیش بینی وقایع)						
ـ برقراری ارتباط (ارائه روشن، دقیق و مرتبط مطالب)						
ـ طرح پرسش های مناسب و عدم تعجیل در نتیجه گیری						
ـ ارائه نظرات انتقادی و توان تصمیم گیری						

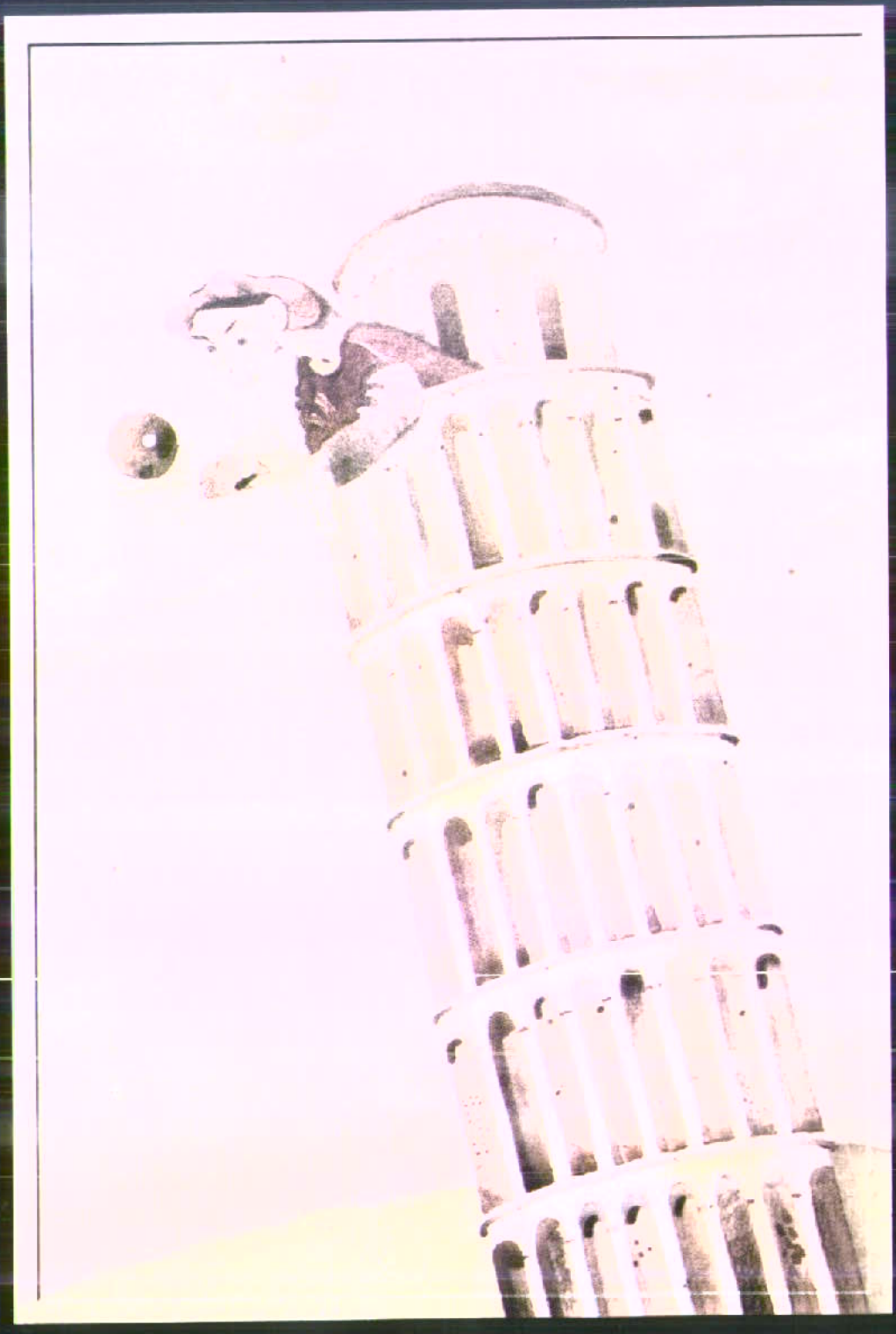
جدول (۳) نمونه ای از فهرست نگرش هاست

نوع مهارت	عملکرد دانش آموز					ملاحظات خاص
	خیلی ضعیف	ضعیف	خوب	خیلی خوب	عالی	
ـ کنجکاوی (آیا به شروع فعالیت علاقه مند است و سؤالات جالب و تازه‌ای مطرح می کند؟)						
ـ مسئولیت پذیری						
ـ همکاری گروهی						
ـ پذیرش خطای خود						
ـ شرکت در بحث ها						
ـ ارزش و اقدام برای کار و نظر دیگران						
ـ حفاظت از محیط زیست						
ـ بهداشت و ایمنی						
ـ ...						

زمان (ساعت)	۶٫۵	۷٫۵	۸٫۵	۹٫۵	۱۰٫۵	۱۱٫۵	۱۲٫۵	۱۳٫۵	۱۴٫۵	۱۵٫۵	۱۶٫۵	۱۷٫۵	۱۸٫۵
دما (سیلسیوس)	۱۱	۱۱	۱۲	۱۵	۱۶	۱۹	۲۲	۲۳	۲۵	۲۲	۲۱	۱۹	۱۸



نمایی از یک کسوف که به طریق نوردهی چندگانه گرفته شده است.



گالیله؛ اثر واسیلی ولاسف