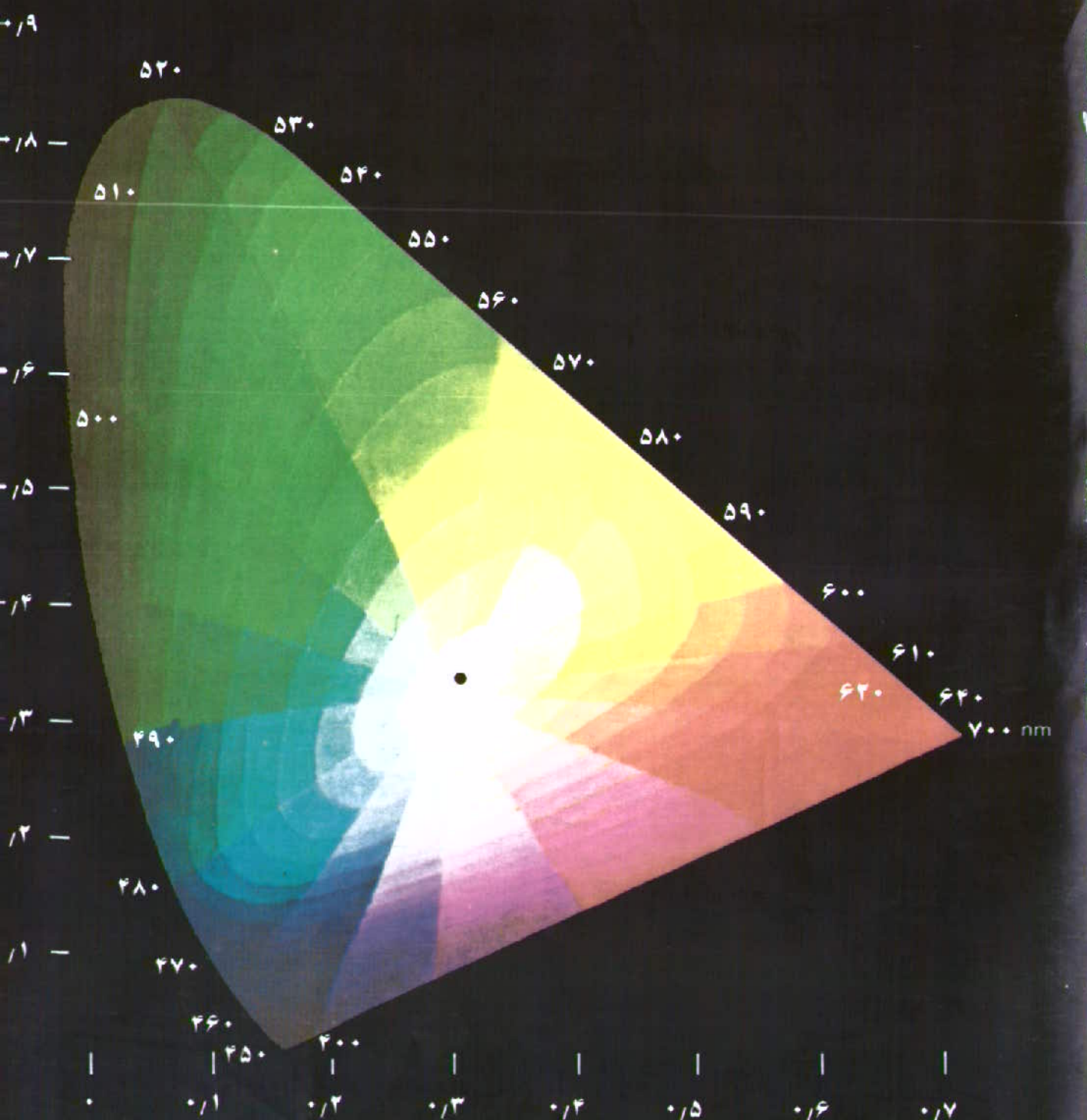
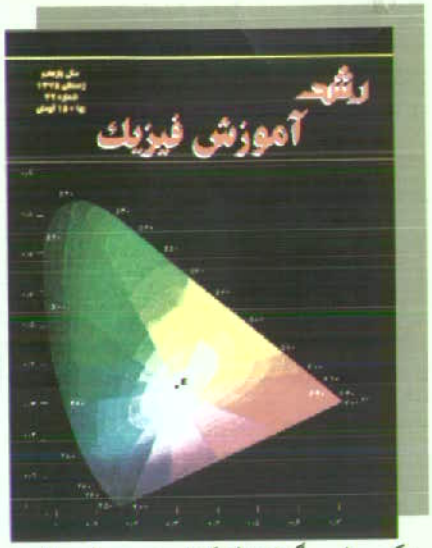
سال یازدهم
زمستان ۱۳۷۵
شماره ۴۲
بها ۱۵۰ تومان

رشد آموزش فیزیک





عکس جلد، برگرفته از کتاب زیر به انتخاب محمدرضا اجتهادی است.(به مقاله رنگ در همین شماره مراجعه فرمایید)

Light and Color , Daniel Overheim David Wagner 1982.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
تعلیم و تعلم جاودانه است

رشد آموزش فیزیک

سال یازدهم ــ زمستان ۱۳۷۵ ــ شمارهٔ مسلسل ۴۲

نشریهٔ گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی

عضوهای هیأت تحریریه رشد فیزیک : منیژه رهبر ، محمدرضا اجتهادی ، حسن عزیزی، سیدجعفرمهرداد.

مدیر مسؤول : حسن ملکی
سردبیر : منیژه رهبر
مدیر داخلی : محمدعلی سعادت‌بخت

تولید : ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتابهای درسی
مدیر تولید : سید احمد حسینی
صفحه‌آرا : زهره بهشتی‌شیرازی
طراح جلد : فرید فرخنده‌کیش
ناظر چاپ : محمد کشمیری
چاپ : شرکت افست

نشانی مجله : تهران ـ ایرانشهر شمالی ـ صندوق پستی ۳۶۳ ـ ۱۵۸۵۵ (تلفن ۹ ـ ۸۸۳۱۱۶۱ داخلی ۳۰۰)
نشانی مرکز توزیع : تهران ـ جادهٔ آبعلی، خیابان سازمان آب (تلفن ۷۳۳۵۱۱۰)

بینگفتار		۳
همجوشی هسته‌ای	هارولد فورت	۵
رنگ (سخنرانی در چهارمین کنفرانس آموزش فیزیک در مشهد. تیر ماه ۷۴)	محمدرضا اجتهادی	۱۰
امتحان ورودی دانشگاه ملی در چین و تأثیر آن بر آموزش فیزیک دبیرستانی	زانگ جانگبین	۱۶
خاصیت جمع‌پذیری انرژی	دیمیتریس تساوسیس	۲۰
تجربه‌های آموزشی ـ چند تجربهٔ من	امیر توکلی	۲۲
پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینهٔ اپتیک	محمد رضا اجتهادی	۲۶
پاسخ به برخی از پرسشهای پراکندهٔ دبیران: فیزیک جدید/ هسته‌ای	دکتر منیژه رهبر	۳۰
نور هندسی/ مکانیک کوانتومی	ناصری‌قیداری/ شاهین روحانی	۳۳
ترمودینامیک	منصور وصالی	۳۳
هیدرو ستاتیک	حسین تولا	۳۴
فیزیک جدید/ هسته‌ای	اسماعیل حسنی	۳۷
محاسبه عمق ظاهری در حالت کلی	امیر توکلی	۳۹
دو مسئله در مکانیک	ولکر تامسن	۴۴
یک روز با فیزیک	مریم جهانبخش	۴۶
خلاقیت	گردیسنگ	۴۸
مرحله اول نهمین المپیاد فیزیک ایران	قسمت اول ــ آزمون عملی	۵۰
	قسمت دوم ــ مسأله‌های تشریحی	۵۱
پاسخهای تشریحی	محمود بهمن‌آبادی ــ محمدرضا اجتهادی	۵۳
پاسخ آزمونهای چند گزینه‌ای	محمود بهمن‌آبادی ــ محمدرضا اجتهادی	۵۷
برنامهٔ درسی نیوزیلند (قسمت سوم)	وزارت آموزش نیوزیلند	۶۲
اشتراک رشد		۶۶

• مجله رشد آموزش فیزیک سه شماره در سال تحصیلی برای دانش‌افزایی دبیران و دانشجویان مرکزهای تربیت معلم و دیگر علاقمندان منتشر می‌شود • مقاله‌های درج شده الزاماً مبین نظرهای هیأت تحریریه و یا گروه فیزیک دفتر نیست • از صاحبنظران استاد، دبیر، و دانشجو دعوت می‌شود مقاله‌های تألیف یا ترجمه شدهٔ خود را به نشانی تهیه و تولید مجله ارسال دارند. خواهشمند است : ۱ ــ مطلبهای ارسالی خوانا با قلم سیاه باشد که فاصلهٔ بین خطهای آن حداقل ۲cm باشد. ۲ ــ مشخصه‌های مؤلف یا مترجم با نشانی و تلفن تماس پیوست شود. ۳ ــ مقالهٔ اصلی همراه ترجمه ارسال شود. ۴ ــ کیفیت عکسها و شکلها و نمودارها برای چاپ مناسب باشند. ۵ ــ منابع و مراجع مقاله در پایان ذکر شوند. هیأت تحریریه در ویرایش و خلاصه‌سازی، و رد مقاله‌ها آزاد است. مقاله‌های رد شده برگردانده نمی‌شوند.

پیشگفتار

فیض روح القدس ار بـاز مدد فرمـاید دیگران هم بکنند آنچه مسیحا می کرد

«حافظ»

در پیشگفتار شماره‌های پیشین رشد آموزش فیزیک درباره مسائل مهم آموزش و پرورش و مشکلات آموزش علوم به تفصیل سخن گفتیم. خلاصه‌ای از آنها را برای جلب توجه و عنایت مشتاقان پیشرفت علمی کشور بازگو می‌کنیم.

۱ ــ فاصلهٔ علمی زیاد کشور ما با جهان پیشرفته و ناهمگامی با پیشرفت علوم جدید و استمرار در مصرف محصولات تکنولوژی خارجی، اساسی‌ترین مسألهٔ علمی و فنی میهن ماست. گریز از این مشکل تنها هنگامی میسر است که آموزش علوم پایه و سرمایه‌گذاری در راه آن را مانند تهیه نان و آب جزء ضروریات اولیه زندگی بدانیم و به موازات سازندگی و آبادانی در پرورش معلمان و استادان و مدیران لایق توحید مساعی و بذل همت کنیم.

۲ ــ افزایش سریع افراد واجب‌التعلیم، استقبال عمومی به تحصیلات دبیرستانی و دانشگاهی، نبودن فضای مناسب آموزشی در سطح مملکت، نداشتن معلمان ماهر و مدیران کارآزموده، کمبود وسایل آموزشی و کمک‌آموزشی و لوازم آزمایشگاهی و کارگاهی و رساله‌ها و مجله‌های علمی و کتابهای مناسب درسی و کمک درسی مشکل همیشگی آموزش و پرورش است. جامعه‌های روستایی به دلیل نیاز مادی و فقر فرهنگی هنوز هم به مسأله تنظیم خانواده بی‌اعتنایند. سیل مهاجرت روستاییان به شهر مشکل افزایش جمعیت را مضاعف ساخته است.

با آبادکردن روستاها و عنایت به رفع نیازهای اساسی آنها همراه با ارشاد و راهنماییهای مطلوب می‌توانیم سنگینی این بار را کاهش دهیم. برای تأمین نیازهای آموزش ابتدایی کشور و رهایی از تنگناهای آن، کمک و همیاری شهرداریها می‌تواند مؤثر و راهگشا باشد.

۳ ــ تمایل شدید عمومی به اخذ مدارک دانشگاهی از مشکلات حاد فرهنگی جامعه ماست. خانواده‌ها نگران عبور فرزندان خود از هفتخوان کنکور دانشگاهها هستند و با آشفته بازار آگهی‌های مؤسسه‌های تضمینی و خصوصی و نیمه‌خصوصی و کلاسهای تست‌زنی «فوری» و «مکاتبه‌ای» و «حدسی» دست به گریبانند.

تجربه‌های مکرر نشان داده است که با بگیروببند این‌گونه بنگاههای غیرمجاز کار به سامان نمی‌رسد. تنها راه این است که با روشهای معقول شعله آتش مدرک‌گرایی را فرونشانیم. مدیران فکری جامعه با استمداد از اهل فن و بصیرت باید با این مسأله فرهنگی به درستی برخورد کنند. این مشکل با مشکلهای اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی دیگر گره خورده و بدون بحث و تحلیل و شور به آسانی گشوده نخواهد شد. رسانه‌های عمومی می‌توانند با توجیه خانواده‌ها و داوطلبان ورود به دانشگاهها شدت این تمایل عمومی را متعادل سازند.

۴ ــ درحالی که بسیاری از خانواده‌ها با داشتن فرزندان مستعد از پرداخت هزینه‌های معمولی و متعارف عاجزند، دانش‌آموزانی از طبقه پردرآمد با صرف هزینه‌های سرسام‌آور و به‌کارگیری معلمان خصوصی متعدد به دانشگاهها راه می‌یابند. این افراد هم راه را بر فرزندان مستعد مملکت می‌بندند و هم خود تحصیلکرده‌های شایسته‌ای برای کشور نخواهند بود. تنها راه حل این مشکل این است که دبیرستانهای دولتی را بازسازی و فعال کنیم و فرصت از دست رفته دانش‌آموزان مستعد و کم‌بضاعت را به آنها بازگردانیم.

تا چندسال پیش مدارس دولتی ـ به خصوص در شهرستانها ـ از بهترین مدارس کشور و در دسترس دانش‌آموزان مستعد بودند.

پزشکان و مهندسان و استادان کنونی دانشگاهها عموماً فارغ‌التحصیل این‌گونه مدارس هستند.

تنها عنایت و توجه اولیای آموزش و پرورش و مدیران مسؤل می‌تواند زمینه تعلیم و تعلم را در مدارس دولتی آن‌چنان فراهم سازد که وجود مؤسسه‌های به اصطلاح غیرانتفاعی به عنوان مشخص‌ترین جلوه تبعیض در امر آموزش تجلی نکند.

۵ ــ جاذبه شغلهای پردرآمد، هماهنگ نبودن شرایط مناسب کار و اوضاع معیشت و رفاه معلمان و استادان در مقایسه با گروههای اجتماعی دیگر و عدم رعایت حریم آنان به وسیله افراد ناصالح همواره از عوامل منفی برای جذب نخبگان در آموزش کشور است. با تدوین قانونهایی مانند «قانون استقلال دانشگاهها» و «قانون دانشسرای‌عالی» و پایبندی به شرافت مقام تعلیم و تعلم می‌توانیم دانش آموختگان متعهد و لایق را به اشتغال کار معلمی و استادی تشویق کنیم.

۶ ــ نامتناسب بودن شغل تحصیلکرده‌ها با رشته‌های تحصیلی آنان یکی دیگر از مشکلات ماست. نبودن آمار و اطلاعات دقیق، اشتغال تحصیلکردگان و فن آموختگان دانشگاهی را در جای مناسب خود، با اشکال روبرو کرده است.

فرار مغزها از کشورگرهی است که تنها باید با سرانگشت تدبیر باز شود و جان گدازتر از آن این است که نتوانیم از توان تحصیلکرده‌های کشور به قدر لازم بهره بگیریم، در حالی که در بسیاری از رشته‌های فنی کشور ناگزیر از استخدام متخصصان خارجی هستیم. در بعضی از رشته‌ها کثرت داوطلبان دست و پاگیر شده است.

اشتغال متخصصان و صاحبان فن به شغلهای غیرمتناسب با رشته تخصصی و فنی آنان و سرگرم شدن آنان به کارهای اداری و خدماتی اگر همراه با فساد نباشد قطعاً تالی فاسد دربی خواهد داشت. نخستین گام در راه حل این مسأله این است که با تنظیم آمار و اطلاعات دقیق و مطابق با نیازهای کشور، اساس سازمانهای اداری و فنی منظم و هماهنگ را پی‌ریزی کنیم.

۷ ــ فدا کردن کیفیت آموزشی با افزایش تعداد دانشگاهها و دانشجو و عدم ارتباط آموزشها و پژوهشهای دانشگاهی با صنعت و نیازمندیهای کشور موجب می‌شود که حاصل هزینه‌های گران و کوششهای فراوان بی‌ثمر و یا کم‌ثمر باشد.

تعدد مؤسسه‌های آموزش عالی، دانشگاههای دولتی و آزاد ــ مؤسسه‌های عالی غیرانتفاعی و گوناگونی دبیرستانها ــ دولتی، نمونه مردمی، غیرانتفاعی، تیزهوشان و مانند آنها ــ ایجاب می‌کند تا سیاستگذاری علمی کشور به نحوی تنظیم شود که در یک مقطع تحصیلی معین اختلاف سطح در آموزش و آزمون مؤسسه‌های متعدد چشمگیر نباشد و علاوه بر آن کاریابی و اشتغال فارغ‌التحصیلان آنها سربار مشکلات دیگر نشود.

۸ ــ معلمان و استادان از بی‌دقتی و آسان طلبی و کم‌توانی دانش‌آموزان و دانشجویان در ادراک مفاهیم علمی شکایت دارند. در بعضی از رسانه‌ها از دانش‌آموزان و افرادی نام برده می‌شود که مدعی کشف قوانین جدید علمی هستند و با جعل مدارک خود را برنده مدال در مسابقه بین‌المللی معرفی می‌کنند. گاهی دیده می‌شود که پدران و مادران با صرف هزینه و به‌کارگرفتن معلم اصرار دارند فرزند خود را با هر ترتیبی داخل مراکز تیزهوشان کنند. گاهی هم براثر بی‌توجهی مربیان، دانش‌آموزانی با استعداد متوسط که کسوت تیزهوشی به تن کرده‌اند در نخستین گام در تحصیل دانشگاهی از حرکت بازمی‌مانند.

بی‌گفتگو باید به حل «مسأله جوانان» بهای بیشتری بدهیم و به مشکلات و نیازهای آنها بی‌اعتنا نباشیم. راهنمایان و مشاوران آگاه این ناهنجاریهای روحی را به خوبی می‌شناسند و می‌توانند در پیشگیری و درمان آنها یار و مددکار مؤثری باشند.

* * *

با وجود همه این مشکلات مایه امیدواری برای پیشرفت علمی کشور ما فراوان است. توفیق دانش‌آموزان ایرانی در المپیاد علمی طلیعه درخشانی است که دیدگان معلمان و استادان آموزش علوم را روشن کرده است.

در سالهای اخیر به کمک وزارت آموزش و پرورش و انجمن فیزیک ایران چندین کنفرانس و کلاس بازآموزی و نمایشگاه علمی تشکیل شده است. لازمه پیشرفت و توسعه آموزش علوم توسل به این‌گونه گردهمآییهاست.

هزینه این کنفرانسها در مقایسه با کنفرانسهای مشابه اداری ناچیز و حاصل آنها باهم قابل قیاس نیست.

تذکر این نکته بدان جهت ضرورت دارد که در جراید کشور می‌خوانیم: «... فقط در عرض یکسال حدود ۶۰۰ سمینار با صرف بیست و چهار میلیارد تومان برگزار گردیده است...»

گفت‌وشنود علمی، ارائه مفاهیم و مطالب کتب درسی، ارتباط و تبادل‌نظر میان معلمان، تشکیل نمایشگاههای کتاب و لوازم آزمایشگاهی اهداف اولیه کنفرانسهای آموزشی است. هزینه‌های مصرف شده در این راه نوعی سرمایه‌گذاری پرحاصل ملّی است.

می‌توان با تنظیم دقیق برنامه‌های کنفرانس، دعوت از معلمان علاقه‌مند و مشتاق، طرح مطالب علمی مورد نیاز و جلوگیری از دخالت افراد ناآگاه و ناآشنا با امور آموزشی در اداره کنفرانس، بازده کار کنفرانسها را بیشتر و نتیجه را پربارتر ساخت.

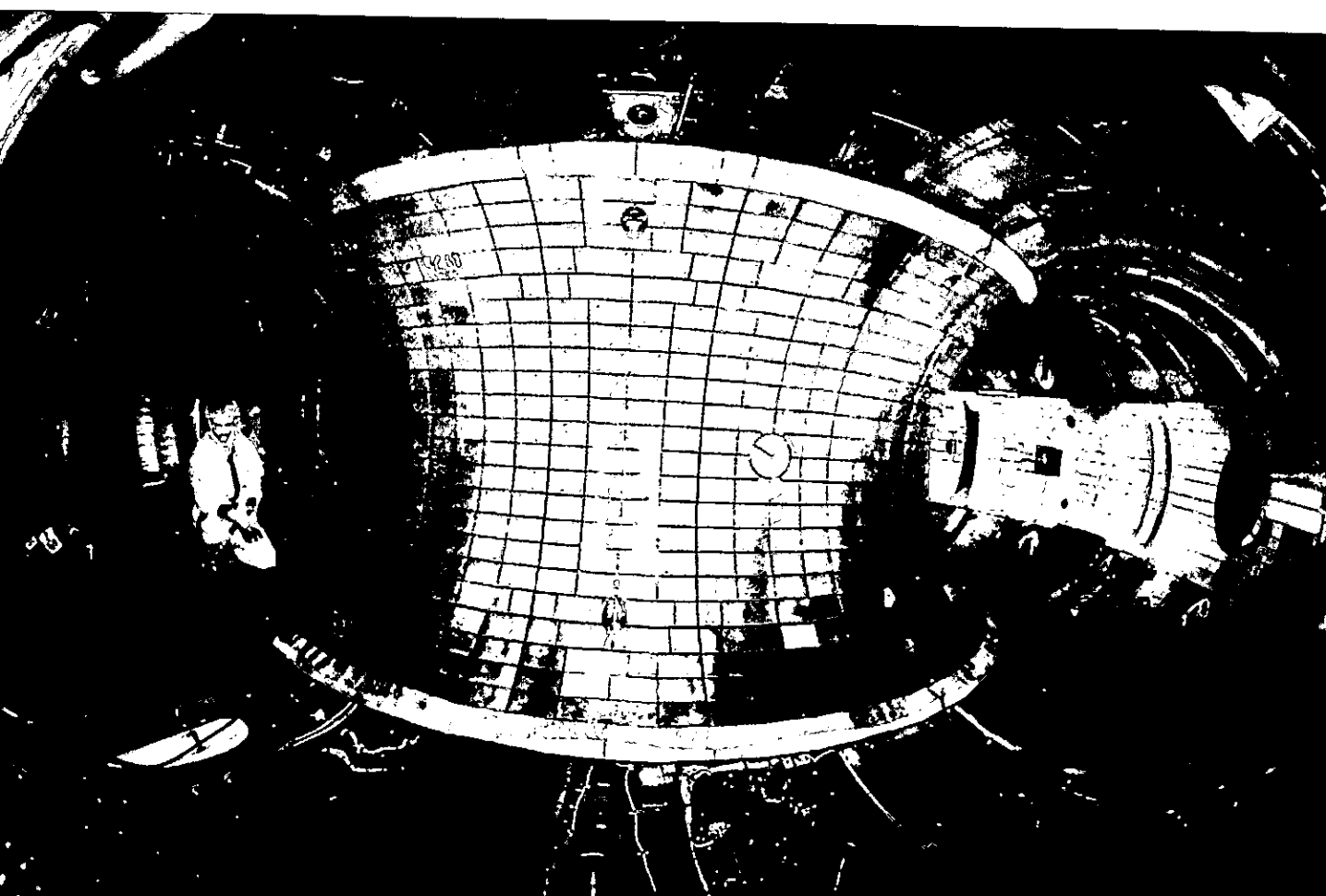
همجوشی هسته ای

انرژی حاصل از همجوشی هسته‌ها ممکن است در اواسط قرن آینده استفاده‌ای گسترده داشته باشد.
هارولد پی. فورت (Harold p. Furth)

درسالهای ۱۹۳۰ ، وقتی دانشمندان متوجه شدند که همجوشی هسته‌ای مسئول تولید انرژی در خورشید وستارگان است، فکر آنها متوجه بازتولید این فرآیند، ابتدا در آزمایشگاه و سرانجام درمقیاس تجارتی،شد. چون در همجوشی می‌توان از اتمهای موجود درآب معمولی به عنوان سوخت استفاده کرد، استفاده از این فرآیند می‌تواند تولید برق کافی در آینده را، تا اواسط قرن آینده، تضمین کند، و نوادگان ما ممکن است از ثمرهٔ این بصیرت ما بهره‌مند شوند.

خورشید از گرانی شدید خود برای متراکم کردن هسته‌ها تا چگالیهای بسیار زیاد استفاده می‌کند. به‌علاوه، دما در خورشید بسیار زیاد است. به‌طوری که هسته‌های با بار مثبت انرژی کافی را دارند تا بر دافعه الکتریکی متقابل فائق آیند و برای همجوشی به قدر کافی به‌هم نزدیک شوند. این امکانات در روی زمین موجود نیست. ذراتی که به آسانی به هم جوش می‌خورند هسته‌های دوتریم (D، یک ایزوتوپ هیدروژن است که یک نوترون اضافی دارد) و تریتیم(T، ایزوتوپی از هیدروژن است که دونوترون اضافی دارد) هستند. حال برای همجوشی دوتریم و تریتیم دانشمندان باید گازهای هیدروژن را بسیار گرم کنند و آن را برای مدت به‌اندازه کافی طولانی محصور دارند تا حاصلضرب چگالی ذرات در زمان **درداشت** (confinement) از $۱۰^{۱۴}$ ثانیه بر سانتیمتر مکعب تجاوز کند. هدف تحقیقات همجوشی ازسالهای ۱۹۵۰ رسیدن به این عدد از دو راه بوده است : درداشت **لخت** و درداشت مغناطیسی.

دراولین شگرد، یعنی درداشت لخت، آرایه متقارنی از باریکه‌های



لیزر توانمند را به یک کپسول کروی حاوی مخلوط D-T می‌تابانند. تابش، پوشش سطحی ساچمه را تبخیر می‌کند و این پوشش منفجر می‌شود. برای **پایستگی تکانه**، کره داخلی سوخت به طرف داخل فرو می‌ریزد. اگر چه سوخت فقط برای مدتی کوتاه متراکم می‌شود ـ کمتر از 10^{-10} ثانیه ـ اما چگالیهایی بسیار زیاد حدود 10^{25} ذره در سانتیمتر مکعب با لیزر **نووا** (Nova) در آزمایشگاه ملی **لاورنس لیورمور** (Lawrence Livermore) به‌دست آمده است.

برای لیزرهای با توان بیشتر، تراکمهای بالاتری حاصل می‌شود، و سوخت بیشتری مصرف می‌شود. برای ماشینی به نام وسیلهٔ احتراق ملی که در آینده ساخته خواهد شد و طرح و بودجهٔ آن برای تأیید نهایی در سال جاری مسیحی به کنگره امریکا داده خواهد شد، از ۱۹۲ باریکهٔ لیزر با انرژی ۱۸۰۰ کیلوژول درچند بیلیونیم ثانیه استفاده می‌شود. اگر همه چیز به خوبی پیش برود، همجوشی با این وسیله انرژیی بیش ازآنچه برای شروع اشتعال در کپسول لازم است آزاد خواهد کرد. فرانسه نیز قصد دارد لیزری با همین قابلیت در نزدیکی **بوردو** (Bordeaux) بسازد.

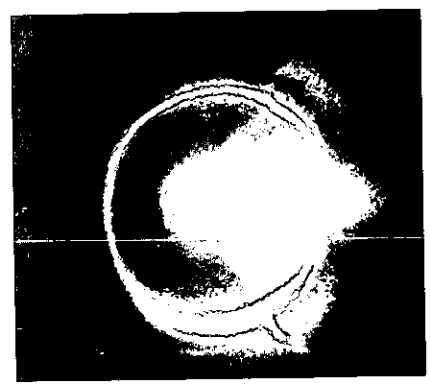
میدانهای مغناطیسی

دستگاههای همجوشی مغناطیسی که کشف شده‌اند ـ از جمله استلاتورها، وسایل تنگش و توکامکها ـ گاز یونیدهٔ داغ، یا پلاسما را، نه با دیواره‌های مادی که با میدانهای مغناطیسی محصور می‌کنند. موفقترین و پیشرفته‌ترین این وسایل توکامک است که آن را ایگورتم Igor) (Tamm و **آندره ساخاروف** از دانشگاه مسکو در اوایل سالهای ۱۹۵۰ پیشنهاد کردند. جریان الکتریکی در پیچه‌هایی که دراطراف اتاقکی به شکل **دونات** قرار دارند، به‌وجود می‌آید. این جریان همراه با جریان دیگری که در پلاسما وجود دارد، میدانی مغناطیسی به‌وجود می‌آورند که به صورت مارپیچ چنبره را فرا می‌گیرد. هسته‌های باردار و الکترونهای مربوط به آنها خطهای میدان مغناطیسی را دنبال می‌کنند. این وسیله می‌تواند پلاسمایی با چگالی حدود 10^{14} ذرهٔ سوخت درسانتیمتر مکعب را برای مدت یک ثانیه محصور سازد.

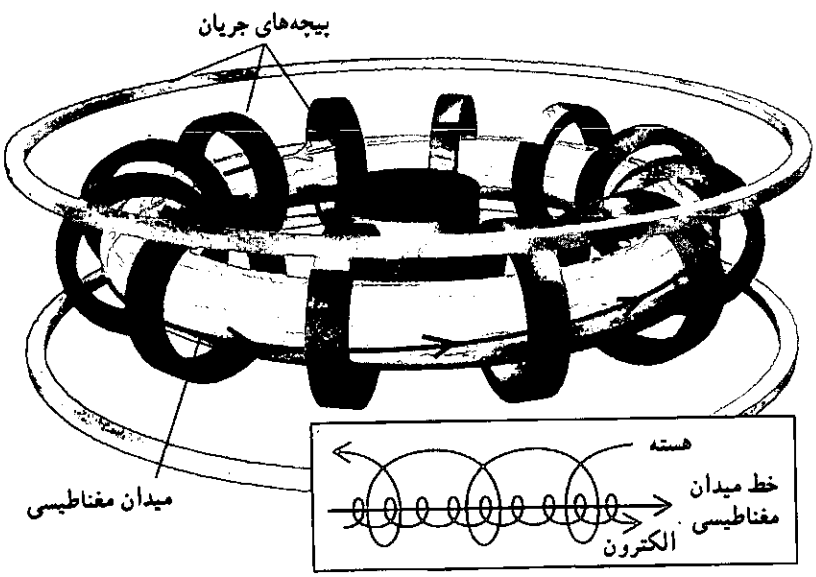
اما برای انجام همجوشی، ابتدا باید گاز را گرم کنیم. قسمتی از گرما را مقاومت الکتریکی دربرابر عبور جریان درپلاسما تأمین می‌کند. اما گرم کردن بیشتری لازم است. یکی از طرحهایی که در توکامکهای مختلف سراسر جهان بررسی می‌شود استفاده از سیستمهای بسامد رادیویی، مشابه چیزی است که در **فرهای میکروموج** مورد استفاده قرار می‌گیرد. رهیافت متداول دیگر تزریق باریکه‌های متشکل ازهسته‌های دوتریم و تریتیم پرانرژی به داخل پلاسماست. این باریکه‌ها کمک می‌کنند که هسته‌ها داغتر از الکترونها بمانند. چون هسته‌ها به هم‌جوش می‌خورند، پس از گرمای موجود استفاده مؤثرتری می‌شود. (این شگرد معرف انحراف ازآزمایشهای قبلی است که در آنها سعی می‌شد با تقلید از خورشید دمای هسته‌ها و الکترونها تقریباً برابر نگهداشته شود.)

از این روش «یون داغ» درسال ۱۹۹۴ در رآکتور همجوشی آزمایشی توکامک دانشگاه پرینستون (TFTR) برای تولید توان همجوشی ۱۰ میلیون وات استفاده شد. اگرچه این کارفقط در مدت نیم ثانیه انجام شد، اما دما، فشار و چگالیهای انرژی حاصل با مقدارلازم برای نیروگاههای برق تجارتی قابل مقایسه هستند. درسال ۱۹۹۶ (این مقاله در سپتامبر سال ۱۹۹۵ چاپ شده است)، در خلال دوره کاری بعدی چنبرهٔ مشترک اروپایی (JET) در **کالهام** (Culham)، انگلستان، آزمایشگران ممکن است به شرایط **سربه‌سر** (break even) نزدیک شوند، و همان قدر انرژی تولید کنند که به پلاسما داده‌اند. دردستگاه IT-bov در ناکای ژاپن، دانشمندان مشغول ساختن تزریق کننده‌های پرانرژی‌تر هستند.

بجزگرم نگهداشتن پلاسما، چالش دیگر تمیز کردن مداوم اتمهای



رآکتور همجوشی آزمایشی توکامک، که یک ماشین همجوشی مغناطیسی در پرینستون است، تاکنون به بالاترین انرژیها رسیده است. سوخت داغ، متشکل ازهسته‌های دوتریم و تریتیم را خطهای میدان مغناطیسی محصور می‌کنند. این خطهارا جریانهای الکتریکی تولید می‌کنند که دریک محفظه به شکل دونات جریان دارند. گاز داغ سبب می‌شود که دیواره‌های داخلی، از جنس کربن، تابان شوند. رگه سفید را دوتریمهایی تولید می‌کنند که به داخل اتاقک تزریق می‌شوند.



همجوشی با لیزر، در این دستگاه اومگا (Omega) در دانشگاه راچستر (Rochester) نشان داده شده است، همجوشی با متراکم کردن یک ساچمهٔ سوخت به کمک لیزرهای متقارن صورت می‌گیرد. این تکنولوژی کاربردهای دفاعی نیزدارد.

آلاینده‌ای است که براثر برخورد یونها از دیواره‌ها جدا می‌شوند. چند توکامک دارای پیچه‌های مغناطیسی اضافی هستند که سبب می‌شوند لبه‌های خارجی پلاسما به داخل اتاقکی رانده شوند که در آنجا بخشی از گرما و ناخالصیها گرفته می‌شود. این دستگاه برای آزمایشهای فعلی، که در آنها پلاسما فقط حداکثر چند میلی‌ثانیه محصور است، به خوبی کار می‌کند. اما برای نیروگاههای برق تجارتی که بیلیونها وات را در خلال تپهایی تولید می‌کنند که ساعتها و روزها تداوم دارند، کافی نخواهد بود. پژوهشگران JET و توکامک D-III-D در سان‌دیه‌گو (san Diego) به این مسئله پرداخته‌اند.

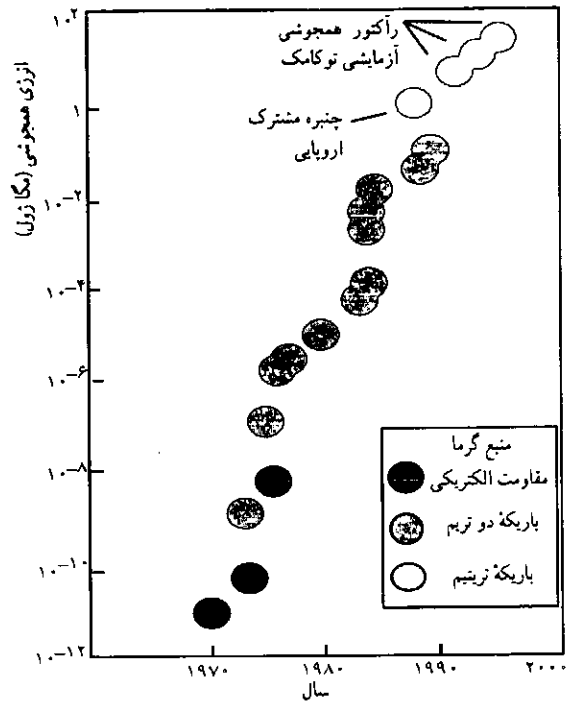
در حال حاضر ساخت و به‌راه انداختن توکامکی که پلاسمای پایدار درحال همجوشی را نه فقط برای کسری از ثانیه، بلکه برای هزاران ثانیه نگهدارد، درمحدودهٔ توانایی ماست. طرح رآکتور آزمایشی گرماهسته‌ای بین‌المللی (ITER)، با همکاری اتحادیه اروپا، ژاپن، فدراسیون روسیه و ایالات متحده می‌خواهد به این هدف برسد. انتظار می‌رود که ITER یک ماشین بزرگ با پلاسمایی به قطر بزرگ ۱۶ متر باشد که درآن از پیچه‌های ابررسانا، وسایل تولید تریتیم و نگهداری ازراه دور استفاده شود. برنامه‌ریزی فعلی ایجاب می‌کند که نقشهٔ آن تا سال ۱۹۹۸ تکمیل شود، و پس از آن دولتهای شرکت کننده در طرح تصمیم خواهند گرفت که آن را بسازند یا نه.

آینده نگری

درحالی که ITER فرصت گرانبهایی را برای همکاری بین‌المللی نشان می‌دهد، اما احتمال دارد که ساختمان آن به تأخیر بیفتد. در این فاصله آزمایشگران در ITER و سایر توکامکهای بزرگ در جهان ایده‌های تازه‌ای را برای رآکتورهای بسیار کوچکتر و ارزانتر بررسی خواهند کرد که به احتمال زیاد درطرح ITER مؤثر خواهند بود. در یکی از این طرحها از پیچ و تاب پیچیده‌ای در پلاسما استفاده می‌شود که اتلاف گرما را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کم می‌کند. معمولاً میدان مغناطیسی که اطراف چنبره می‌پیچد در نزدیکی مرکز پیچ‌و تاب بیشتری دارد. اگر این پیچ‌وتاب به جای زیاد شدن درنواحی نزدیک به مرکز کم شود، پلاسما تلاطم کمتری خواهد داشت، و بنابراین می‌توان فشارهای بیشتری را حفظ کرد. انجام آزمایش، همراه با تحلیل نظری و شبیه‌سازی کامپیوتری، توانایی ما را در کنترل چنین فرآیندهایی به شدت افزایش خواهد داد.

یک نکته دیگر درچگونگی تکامل همجوشی در۲۵ سال آینده، استفاده ازمحصولات جنبی آن است. دریک واکنش خود نگهدار انرژی تولید شده درهمجوشی انرژی تلف شده را جبران می‌کند. هشتاد درصد توان همجوشی را نوترونها حمل می‌کنند، که به واسطهٔ خنثی بودن ازمیدانهای مغناطیسی محصور کننده می‌گریزند. این نوترونها در دیواره‌های خارجی به دام می‌افتند و انرژی آنهابه صورت گرما درمی‌آید،که برای تولید بخار به‌کار می‌رود. بخار به نوبهٔ خود موتوری رابه‌حرکت درمی‌آورد و تولید برق می‌کند. بیست درصد توان باقیمانده نصیب دیگر محصول واکنش همجوشی، یعنی ذرهٔ آلفا می‌شود که از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است. ذرهٔ آلفا به واسطهٔ داشتن بار مثبت درمیدانهای مغناطیسی به دام می‌افتد.

ذرات آلفا دربلاسما حرکت و الکترونها را گرم می‌کنند. هسته‌های سوخت براثر برخورد با الکترونها به طور غیرمستقیم گرم می‌شوند. ناتانیل



آزاد شدن انرژی از همجوشی در توکامکهای درنقطه‌های مختلف در دههٔ گذشته افزایش مداوم داشته است. بخش اعظم این افزایش ناشی از تزریق ذرات پرانرژی برای گرم‌کردن سوخت است.

فیش از **دانشگاه پرنیستون** و **ژان ـ مارسل راکس** از **دانشگاه پاریس** درسال ۱۹۹۲ پیشنهاد کردند که به جای تلف کردن انرژی گرانبها برای الکترونها، ذرات آلفا می‌توانند به تقویت امواج ویژه‌ای کمک کنند که مستقیماً به پلاسما تزریق می‌شوند و انرژی را به‌طور مستقیم به هسته‌ها منتقل می‌کنند. بنابراین، تمرکز انرژی درسوخت می‌تواند چگالی توان حاصل از همجوشی را دوبرابر کند.

از ذرات تولید شده به عنوان محصول فرعی همجوشی می‌توان استفاده‌ای کاملاً متفاوت کرد. ازاین نظر، درس گرفتن از تاریخ ممکن است برای آینده نزدیک همجوشی مفید باشد: دو قرن پیش انقلاب صنعتی درانگلستان از این رو صورت گرفت که اسبها از ورود به معادن زغال‌سنگ خودداری کردند. بدین ترتیب اولین موتورها برای خارج کردن ذغال‌سنگ ابداع شدند و نه برای به حرکت درآوردن خودروها و هواپیماها. **جان داوسون** (Jahn Dawson) از **دانشگاه کالیفرنیا** درلوس‌آنجلس پیشنهاد کرده است در خلال گسترش طرحهای همجوشی در ۲۰ تا ۳۰ سال آینده برای تولید انرژی دربزرگ مقیاس، می‌توان ازآن بهره‌های دیگرگرفت. به‌عنوان مثال، می‌توان پروتونهایی را که محصول همجوشی هستند به پوزیترون تبدیل کرد، ذراتی که در **روبشهای** ترموگرافی با گسیل پوزیترون به‌کار می‌روند که درپزشکی بسیار ارزشمند است.

دراین مرحله ازکاربردهای ویژه، فکرهای جدید بسیاری درفیزیک پلاسما مطرح می‌شوند، که به دیدگاه روشنی از طرح راکتورهای آینده می‌انجامد. تا پنجاه سال دیگر مهندسان باید بتوانند اولین نیروگاههای صنعتی رابرای تولید انرژی درآینده بسازند. این برنامه اگر چه ازواقعیتهای سیاسی کوتاه‌مدت فاصله بسیاردارد اما با مقیاس زمانی بحرانی ۵۰ تا ۱۰۰ ساله‌ای که در آن منابع سوختهای فسیلی باید جایگزین شوند به خوبی سازگار است.

دورریزی پسماندهای هسته‌ای

در ساعت ۳:۴۹ بعدازظهر روز دوم دسامبر ۱۹۴۲، درمحل بازی اسکواش که در زیرزمین فوتبال دانشگاه شیکاگو قرار داشت، یک فیزیکدان میله‌های کنترل را در اولین راکتور هسته‌ای لغزاند و عصر نوینی را آغاز کرد. چهار دقیقه‌ونیم پس از آن اولین پسماند هسته‌ای در جهان تولید شده از آن پس، کوهی از پسماندهای با پرتوزایی زیاد به کاه پسماند اولیهٔ شیکاگو افزوده شده است. بنابر گزارشهای آژانس بین‌المللی انرژی اتمی سالانه در حدود ۱۰۰۰۰ مترمکعب پسماند با پرتوزایی زیاد جمع می‌شود.

این تعداد زیاد مادهٔ پرتوزا مکانی همیشگی ندارد. حتی یک کشور هم نتوانسته است برنامهٔ بلند مدتی برای ذخیره‌سازی آن اجرا کند؛ و هر کشور به معیارهای موقتی متوسل شده است. برای مثال در ایالات متحده، میله‌های سوخت مصرف شده را معمولاً تا کاهش پرتوزایی آنها در استخرهایی در نزدیکی راکتور نگاه می‌دارند و پس از آن این پسماندها را به محفظه‌های فولادی در همان محل و یا جای دیگر منتقل می‌کنند.

نقش شکافت هسته‌ای در تأمین انرژی آینده چه کم باشد و چه زیاد، دورریزی ایمن محصولات فرعی با پرتوزایی زیاد آن مسئله‌ای است که از اولویت زیادی برخوردار خواهد بود زیرا هم‌اکنون مقدار زیادی از این مواد موجود است. نویدبخش‌ترین تکنولوژیهای دورریزی پسماند به قرار زیراند:

* **ذخیره‌سازی دائمی در زیر زمین:** همهٔ کشورهایی که مقدار قابل ملاحظه‌ای پسماند با پرتوزایی زیاد دارند در حال حاضر امیدوار هستند که این پسماندها را در عمق زیاد زمین در مناطقی که از نظر زمین شناختی پایدار است ذخیره کنند. در ایالات متحده در این برنامه میله‌های سوخت را در قوطیهای فولادی دربسته قرار می‌دهند و می‌گذارند تا پرتوزایی آن در خلال چند سال برروی زمین کاهش یابد. اگر پسماند با پرتوزایی زیاد به‌صورت مایع باشد. آن را خشک می‌کنند، سپس قبل از قرار دادن در قوطی، آنها را به‌صورت شیشه‌ای، در می‌آورند و یا در میله‌های شیشه‌ای قرار می‌دهند. سپس این قوطیها را در محفظه‌ای به طول ۵/۶ متر می‌گذارند که به نوبهٔ خود در سوراخهایی قرار می‌گیرند که در کف سنگی غارهای انبار مانند حفر شده‌اند و در عمق صدها متر زیر سطح زمین قرار دارند. این سوراخها با توپی‌هایی پوشانده می‌شوند که طوری طراحی شده‌اند تا فضای بالای آنها را در برابر تابش حفاظت کند. مأموران فدرال امیدوار بودند که گور پسماندهای ایالات متحده را زیر کوه یوکا در نوادا بسازند.

اما مسئولان محلی مبارزه می‌کنند تا مانع از دفن پسماندها در این ایالت شوند.

*** دفن کردن در زیر بستر دریا:** قوطیهای نوک تیز حاوی پسماند را می‌توان از کشتیهایی به ته دریا انداخت. این قوطیها سپس در زمین نفوذ کرده و در عمق چند ده‌متری مدفون شدند. امتیاز این روش، قابلیت استفاده از مکانهای موجود در کف دریاست که پایدار و از قاره‌ها به‌دورند، در شکل دیگر این روش، قوطیها را می‌توان در گودیهای کف اقیانوس انداخت که در آنجا بر اثر فرآیند کشش زمین شناختی به داخل پوستهٔ زمین رانده می‌شوند.

این روش را که متخصصان از نقطه‌نظر علمی بهترین پیشنهاد می‌دانند، مانند همهٔ طرحهایی که شامل اقیانوسها می‌شود، سیاست‌گذاران علمی به علت نگرانی از واکنش عمومی و احتمال نقض معاهده‌های بین‌المللی که دورریزی پسماند پرتوزا را در دریا منع کرده است، نپذیرفته‌اند.

*** استحالهٔ هسته‌ای:** مؤلفه‌های دردسر آفرین پسماند با پرتوزایی زیاد، تعداد اندکی از موادی هستند که برای دهها هزار سال پرتوزا باقی می‌مانند. اما اگر این مواد را با نوترون بمباران کنیم، به مواد دیگری تبدیل

میله‌های سوخت مصرف شده در استخرهای موجود در وسیلهٔ لاهه در فرانسه سرد و حفاظت می‌شوند. نور آبی رنگ بر اثر برهم کنش تابش حاصل از سوخت با آب به‌وجود آمده است.

می‌شوند که فقط به مدت چند صد و یا در مواردی فقط چند ده سال پرتوزا هستند. البته این مواد هنوز به مدفنی نیازمندند. اما این گور می‌تواند حاوی مواد بیشتری باشد، زیرا مقدار گرمایی که این پسماندها گسیل می‌کنند به میزان قابل ملاحظه‌ای کم می‌شود.

شکلی از استحاله در مقیاس کوچک به مدت دهها سال در رآکتورهای آزمایشی که بدین منظور طراحی شده‌اند انجام شده است. اخیراً، دانشمندان در آزمایشگاه لوس آل‌موس استفاده از شتابدهنده‌های پرانرژی را پیشنهاد کرده‌اند که فرآیند را سریعتر می‌سازد و کارآیی آن را بیشتر می‌کند. به گفته یکی از دانشمندان ارشد آزمایشگاه ملی سندیا، چالش اصلی تراکم مواد هسته‌ای است. « هیچکس تاکنون نکوشیده است تا آن را با درجه جداسازی لازم انجام دهد.» به گفته وی «کار با مواد به شدت پرتوزا، با این درجه از جداسازی شیمیایی آسان نیست. این کار شگرد تروتمیزی خواهد بود.»

پیشنهادهای دیگر که چندان مورد توجه قرار نگرفته‌اند عبارت‌اند از :

*** پرتاب پسماندهای هسته‌ای به فضا یا خورشید:** این فکر به‌واسطهٔ هزینهٔ سرسام‌آور آن رد شده است. به‌علاوه این احتمال وجود دارد که موشک حامل پسماند قبل از ترک جوّ زمین منفجر شود.

*** ذخیره‌سازی در زیر کلاهک قطبی:** پسماندهای با پرتوزایی زیاد گرمای کافی را نه فقط برای ذوب یخ بلکه احتمالاً برای ذوب صخره را هم فراهم می‌کنند. شاید بدین دلیل است که این فکر مورد توجه چندانی قرار نگرفته است.

*** حل پسماند در اقیانوسهای جهان:** اگر پرتوزایی به طور یکنواخت روی سطح زمین پخش شود، تعداد آن در مقایسه با تابش زمینه کوچک خواهد بود، مخالفان در برابر این فکر مقاومت کرده‌اند.

ترجمه دکتر منیژه رهبر

مرجع :

Scientific American Sep 1995,p174 -177

دربارهٔ نویسنده

هارولد فورت استاد اختر فیزیک در **دانشگاه پرینستون** است و از ۱۹۸۰ تا سال ۱۹۹۰ ریاست آزمایشگاه فیزیک پلاسمای پرینستون را به‌عهده داشت. وی پس از دریافت درجه دکتری ازدانشگاه هاروارد درسال ۱۹۶۰، به **آزمایشگاه لاورنس لیورمور** و سپس به پرینستون رفت تادرزمینهٔ همجوشی مغناطیسی کارکند. فورت عضو فرهنگستان ملی علوم و فرهنگستان علوم وهنرهای امریکاست، وی جایزهٔ یادبود لاورنس کمیسیون انرژی اتمی را دریافت داشته است.

رنگ رنگ رنگ رنگ رنگ رنگ

اشاره:

این مقاله متن سخنرانی آقای محمدرضا اجتهادی دانشجوی دورهٔ دکتری فیزیک دانشگاه صنعتی شریف است که در چهارمین کنفرانس آموزش فیزیک (مشهد ــ تیرماه ۷۴) ایراد شده است.

رشد فیزیک

۱ ـ مقدمه:

از زمانی که انسان دریافت که دیدن به واسطهٔ رسیدن نور به چشم صورت می‌گیرد قرنها می‌گذرد و بدیهی است با شناخت ماهیت نور می‌توان اطلاعات وسیعتری نسبت به حس بینایی به‌دست آورد. امروزه می‌دانیم که نور، جزء کوچکی از گسترهٔ وسیع امواج الکترومغناطیس است که احساسگرهای داخل چشم انسان نسبت به آنها حساسیت نشان می‌دهند. طیف وسیع امواج الکترومغناطیس از امواج γ با طول موجی حدود یک آنگستروم ($1A^{\circ} = 10^{-10}m$) تا امواج رادار با طول موج حدود چندصدمتر را دربر می‌گیرد. چشم انسان قادر است فقط ناحیهٔ کوچکی بین طول موجهای ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر ($1nm = 10^{-9}m$) را ببیند. امواج این ناحیهٔ کوچک را نور و یا نورمرئی می‌نامیم. مانند تمامی امواج، مهمترین کمیتها برای تمایز بین نورهای مختلف دو کمیت شدت (یا دامنه که به نحوی به شدت مربوط است) و طول موج (یا بسامد که با دانستن سرعت نور به یکدیگر مرتبط می‌شوند) است. حال این سئوال مطرح می‌شود که «رنگ چیست؟»

رنگ ناشی از احساس انسان درهنگام دیدن نور است. ضمن این‌که بین پارامتر فیزیکی بسامد و رنگ ارتباط وجود دارد ولی این دو از یکدیگر کاملاً مجزا هستند. برای روشن شدن این مطلب فرض کنید در جهان انسانی وجود نداشت و یا حالتی را درنظر بگیرید که انسان وجود دارد ولی قادر به دیدن نیست. در این جهان نور وجود دارد و انسان نابینا می‌تواند وسائلی اختراع کند که خواص موجی نور را بررسی کند و طول موج آنرا اندازه بگیرد، ولی رنگ وجود نخواهد داشت. در نتیجه برای درک ارتباط میان طول موج و رنگ بایستی به چگونگی کار چشم درعمل بینایی پی‌برد.

۲ ـ حس بینایی:

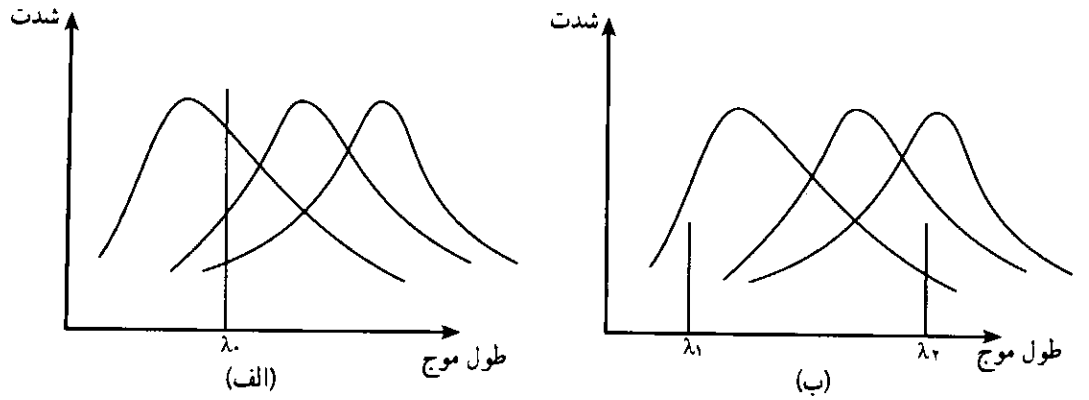
نیوتون برای اولین بار در آزمایشی که به کمک یک منشور انجام داد پی‌برد که نور سفید خورشید آمیزه‌ای از نورهایی به رنگ دیگر است. او بعد از تجزیهٔ نور سفید خورشید به کمک منشور طیف حاصله را به هفت ناحیه از نظر رنگ تقسیم کرد: قرمز، نارنجی، زرد، سبز، آبی، نیلی و بنفش هفت رنگی هستند که می‌توان به راحتی در طیف خورشید آنها را از یکدیگر تمیز داد. با این آزمایش او به این نکته پی برد که آمیزه‌ای از نورهایی به رنگهای مختلف می‌تواند احساسی در چشم ایجاد کند که انسان رنگی کاملاً متفاوت با هریک از رنگهای تشکیل دهنده پرتوی نورانی ببیند. او با ترکیب طیف نور به کمک منشوری دیگر این نظر را اثبات کرد. بعد از این آزمایش مهم او به آزمایشهای دیگری در جهت ترکیب رنگهای مختلف و به‌دست آوردن رنگهای ترکیبی پرداخت. نیوتون دریافت که برای ایجاد نور سفید به تمامی رنگهای طیف خورشید نیازی ندارد و می‌تواند با تعداد کمتری از این رنگها نور سفید را بسازد. همچنین دریافت که بعضی از رنگهای موجود در طیف از تلفیق رنگهای دیگربه‌دست

می‌آیند و این نکتهٔ عجیبی بود زیرا که رنگهای ایجاد شده بعد از عبور از منشور دوباره تجزیه می‌شدند در صورتی که رنگ متناظر موجود درنور خورشید تجزیه نمی‌شد. یکی از نتایج جالبی که نیوتون به آن پی‌برد عدم امکان ایجاد سه نور قرمز، سبز و آبی به کمک نورهای دیگر بود. بدین دلیل او این سه رنگ را رنگهای اصلی نامید. امروز ما می‌دانیم که هررنگ موجود در طیف خورشید موجی با طول موج مشخصی است و علت جداشدن این رنگها بعد از عبور از منشور اولاً اختلاف درطول موج و ثانیاً رابطهٔ پاشندگی مادهٔ تشکیل دهندهٔ منشور است بطوری که نور بنفش طول موجی حدود ۴۰۰ نانومتر و نور قرمز طول موجی حدود ۷۰۰ نانومتر را دارند.

نیوتون با وجود آزمایشهای متعدد نتوانست نظریهٔ کاملی برای عمل حس بینایی و دیدن رنگ ارائه کند، حدود صد سال بعد توماس یانگ نظریهٔ نسبتاً کارایی را ارائه کرد که بعدها به وسیله هلمهولتز و ماکسول تکمیل‌تر گردید. امروزه با پیشرفت عمل پزشکی و تکنولوژی استفاده از ابزار دقیق مانند میکروسکوپهای الکترونیکی درک خوبی از کار چشم داریم.

چشم انسان دستگاه اپتیکی ظریفی است که به کمک یک عدسی تصاویری را از دنیای خارج بر پردهٔ شبکیه متمرکز می‌کند. تعداد بیشماری از سلولهای حساس به نور دراین ناحیه آمادهٔ ارسال پیامهایی به مغز مبنی بر دریافت و یا عدم دریافت نور هستند و مغز با تجزیه و تحلیل این پیامها قادر است تصویری از دنیای خارج به‌دست آورد. حال نکتهٔ مهم آن است که این سلولها به کدامیک از پارامترهای نور حساس هستند. اگر آنها فقط آشکار سازهای دامنه (شدت) می‌بودند تصویر دنیای خارج یک تصویر سیاه و سفید می‌بود، و اگر آنها آشکار سازهای بسامد باشند امکان تلفیق نور مانند آزمایشهای نیوتون وجود ندارد، (مانند حس شنوایی که جمع هیچ دو نتی نمی‌تواند احساس نت دیگری را ایجاد کند).

براساس نظریهٔ یانگ ـ هلمهولتز برای ایجاد حس رنگ لازم است که چشم به سه گروه آشکار ساز دامنه مجهز باشد که هرکدام در بسامد خاصی کار کنند. هرگاه یک بسامد مشخص از نور به چشم می‌رسد هر یک از این آشکارسازها متناسب با حساسیتشان در آن بسامد و متناسب با شدت نور ورودی تحریک می‌شوند و مغز انسان از مجموع این پیامها احساس خاصی نسبت به نور ورودی خواهد داشت که آنرا رنگ می‌نامیم. حال می‌توان با تعدادی نورهایی به رنگهای دیگر و با انتخاب دامنهٔ آنها همان احساس را در مغز ایجاد کرد (شکل ۱).



شکل ۱ـ الف) نوری با طول موج λ۰ هر یک از آشکارسازها را به مقدار خاصی برانگیخته است.
ب) درنور با طول موجهای λ۱ و λ۲ آشکارسازها را مشابه حالت الف برمی‌انگیزد.

همان‌طور که در شکل دیده می‌شود برای منحنی پاسخ هر یک از آشکار سازها یک قله وجود دارد. هرگاه نوری با طول موج یکی ازاین قله‌ها به چشم برسد آشکار ساز مربوط به‌گونه‌ای برانگیخته می‌شود که هیچ تلفیقی از نورهای دیگر نمی‌تواند احساس مشابه آنرا ایجاد کند. این سه قله مربوط به سه رنگ اصلی می‌شوند که نیوتون به عدم توانایی ایجاد آنها با کمک رنگهای دیگر پی‌برده بود.

تصاویری که به کمک میکروسکوپهای الکترونیکی از ناحیه شبکیهٔ چشم برداشته شده نشان می‌دهد که دو نوع سلول حساس به نور درآنجا وجود دارد که به دلیل شکل هندسی آنها به سلولهای مخروطی و سلولهای میله‌ای معروف‌اند. آزمایشها نشان می‌دهد که سلولهای مخروطی سلولهای حساس به رنگ هستند به‌طوری که به‌نظر می‌رسد هر سه آشکار ساز لازم برای نظریه یانگ ـ هلمهولتز درداخل این سلولها نشسته‌اند و سلولهای میله‌ای فقط به شدت نور حساس‌اند ولی از حساسیت بیشتری نسبت به سلولهای مخروطی برخوردارند. توزیع این سلولها بر روی شبکیه یکنواخت نیست. درناحیه مرکزی شبکیه تراکم سلولهای مخروطی بیشترین مقدار را دارد و درناحیه‌ای با جدایی زاویه‌ای ۱° هیچ سلول میله‌ای وجود ندارد، و با دور شدن از ناحیه مرکزی از تعداد سلولهای مخروطی کاسته می‌شود و به سلولهای میله‌ای افزوده می‌شود وقتی شما به تصویر و یا

منظره‌ای نگاه می‌کنید قسمت مرکزی تصویر را بخوبی رنگی می‌بینید و با دورشدن از مرکز دید تصویر بیشتر سیاه و سفید می‌شود. درضمن به‌دلیل حساسیت بیشتر سلولهای میله‌ای، انسان درشب و نورکم توان تشخیص رنگ را ندارد زیرا دراین شرایط عمل دیدن بوسیلهٔ این سلولها صورت می‌گیرد. اکنون با این اطلاعات می‌توانیم بحث دقیق‌تری نسبت به فرآیندهای تلفیق و تجزیه نور داشته باشیم.

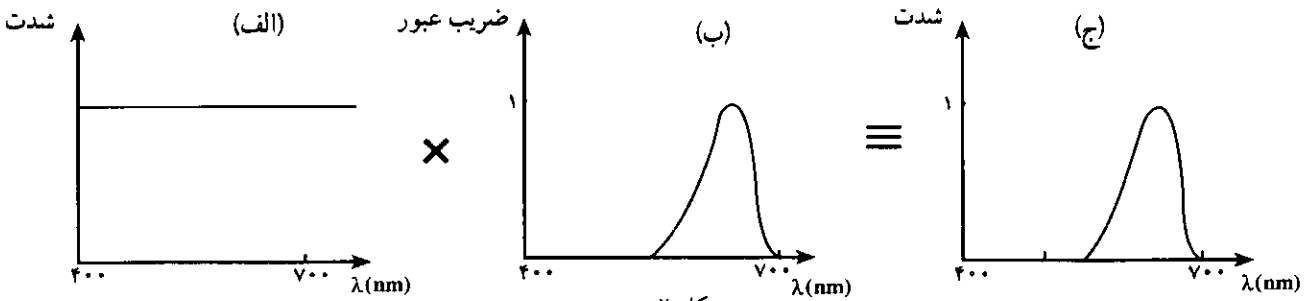
۳ ـ صافیها:

درقسمت قبل به آزمایش نیوتون اشاره شد که در آنجا نورهای رنگی با بسامدهای مختلف که تشکیل دهندهٔ نور سفیدخورشیدند به کمک یک منشور از یکدیگرجدا شدند. همان‌طور که در آنجا یادآور شدیم دلیل این جداشدن اختلاف سرعت نور (یاضریب شکست) درمحیط منشور برای بسامدهای مختلف نور است. پارامترهای فیزیکی دیگری نیزمی‌توانند نسبت به بسامدهای مختلف نور رفتارهای مختلفی نشان دهند و می‌توان با استفاده ازاین خواص بسامدهای متفاوت را از یکدیگر جدا کرد برای مثال اجسام مختلف که در برابر نور خورشید قرار می‌گیرند رنگهای متفاوتی دارند. این امر بدلیل آن است که ضریب بازتابش این اجسام برای بسامدهای مختلف یکسان نیست. به‌طوری که وقتی نور سفید به آنها می‌تابد بعضی ازبسامدها بهتر از بعضی دیگر بازتابیده می‌شوند. درنتیجه توزیع شدت نور بازتابیده برای بسامدهای مختلف چیزی متفاوت ازتوزیع شدت نور خورشید است و این نورها سلولهای حساس به نور را در داخل چشم به نوعی دیگر برمی‌انگیزند واحساس خاصی ازرنگ را ایجاد می‌کنند. این امر که به چه دلیل بعضی بسامدها بهتر از بعضی دیگر بازتابیده می‌شوند مطمئناً دلیل فیزیکی خاصی دارد وحوزه‌هایی از فیزیک مانند فیزیک کوانتومی و فیزیک مادهٔ چگال می‌توانند تا حدودی این رفتاررا توجیه کنند، ولی آنچه مورد نظر ما در این بحث است دلیل این رفتار نیست بلکه این را به عنوان یک واقعیت تجربی قبول می‌کنیم. درمورد اجسام شفاف هم که نور راعبور می‌دهند همین بحث معتبر است، بدین معنی که ضریب عبور نور برای این اجسام بستگی به بسامد دارد. اگر ضریب عبور نور برای یک جسم درتمام بسامدهای نور مرئی یک باشد (نور تابیده کاملاً عبور نماید) آن جسم بی‌رنگ دیده می‌شود، مانند شیشه‌های بی‌رنگ و آب. و اگر در تمامی بسامدهای نور مرئی ضریب عبور صفر باشد آن جسم غیرشفاف است. درصورتی که جسمی ضرائب متفاوتی برای عبور بسامدهای مختلف دارا باشد آن جسم رنگی دیده می‌شود و یا به عبارت بهتر نور عبوری رنگی خواهد بود. این اجسام را صافیِ نور می‌نامیم.

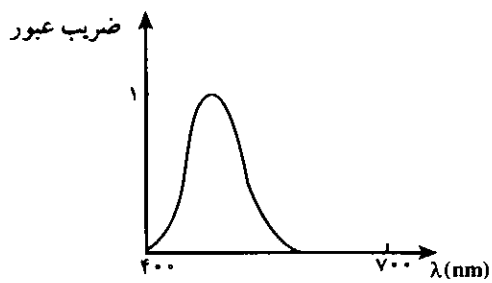
ما در بحث خود برای راحتی فرض می‌کنیم نور سفید درهمهٔ بسامدها شدتی یکسان دارد (که البته چنین نیست) (شکل ۲ الف) هر صافی منحنی مشخصه‌ای دارد که درآن ضریب عبور صافی برای بسامدهای مختلف مشخص است. فرض کنید که یک صافی دارای منحنی مشخصه‌ای مانند شکل ۲(ب) باشد هرگاه نور سفید ازاین صافی عبور داده شود نوری به‌دست می‌آید با توزیع شدتی مشابه شکل ۲ (ج).

همان‌طور که درشکل می‌بینید نورخارج شده از صافی درناحیه‌ای حدود ۶۵۰ نانومتر قرار گرفته و مطمئناً قرمز دیده می‌شود. درنتیجه صافی مورد استفاده یک صافی قرمز است.

بدیهی است که اگر نور خارج شده از این صافی را ازیک صافی آبی بامنحنی مشخصه‌ای مانند شکل ۳ ـ عبور دهیم حاصل عبور نور سیاه یا درواقع عدم وجود نور خواهد بود.

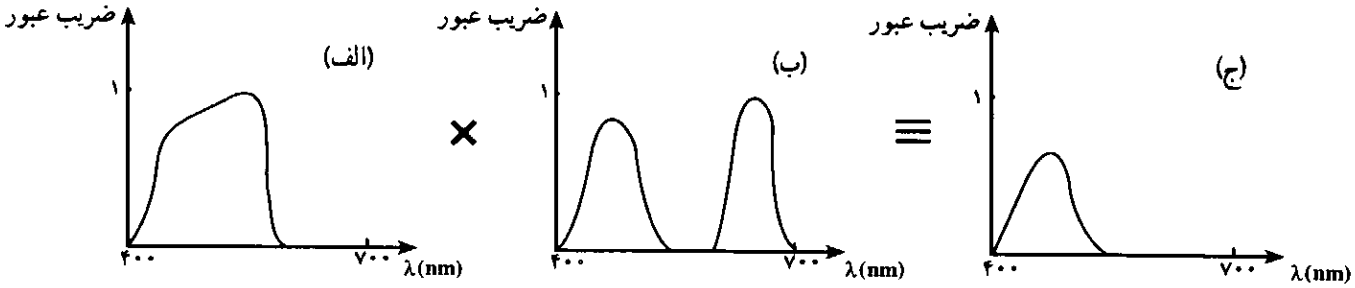


شکل ۲



شکل ۳

برای بررسی نور حاصل از عبور چند صافی متوالی کافی است منحنی‌های آنها را درهم ضرب کنیم. برای مثال در شکل چهارنمودار الف مربوط به یک صافی فیروزه‌ای و نمودار (ب) مربوط به یک صافی ارغوانی است. همان‌طور که می‌بینید حاصل روی هم قرار دادن این صافی‌ها، صافی جدیدی نتیجه می‌دهد که بیشترین عبور را درناحیه آبی دارد.



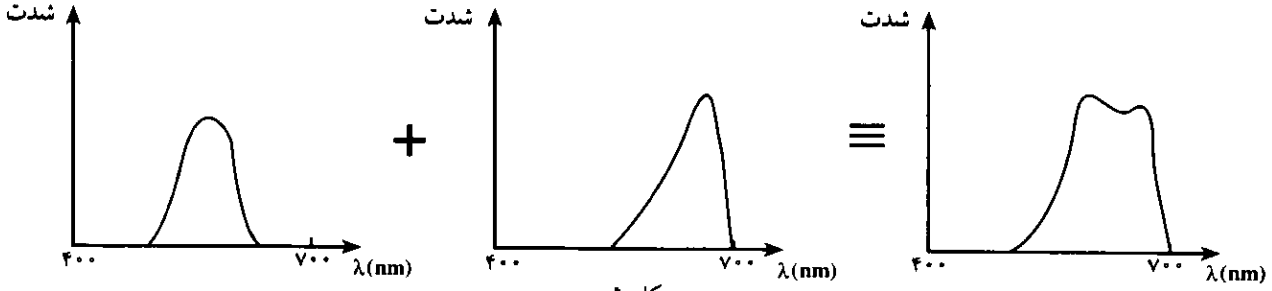
شکل ۴

حال اگر این مجموعه را با نوری با توزیع شدت خاص روشن کنیم نور عبوری حاصل خوب شدت نور ورودی در منحنی ضریب عبور صافی‌ها است. در نتیجه استفاده ازهر صافی درواقع مشابه انجام یک عمل ضرب است.

۴ ـ ترکیب نورها:

دیدیم که صافی‌ها با جداسازی بعضی بسامدهای نور فرودی می‌توانند رنگهای خاصی را عبور دهند. فرآیند معکوس این عمل، جمع کردن نورهایی با بسامدهای مختلف و ایجاد رنگهای جدید با این عمل است.

هرگاه دو نور با توزیع شدت خاصی درنواحی بسامدی نور مرئی با یکدیگر ترکیب شوند به ازای هر طول موج یا بسامد خاص، شدت نور حاصل برابر مجموع شدت نورهایی با آن بسامد در هریک از پرتوهاست. (از اثرات تداخلی صرفنظر می‌کنیم درواقع فرض بر این است که این نورها هیچ رابطهٔ همدوسی با یکدیگر ندارند). درنتیجه اگر برای هر پرتو یک منحنی شدت بر حسب بسامد یا طول موج داشته باشیم نتیجه ترکیب دو نور، جمع این منحنی‌هاست برای مثال در شکل ۵ـ دو نور با رنگهای قرمز و سبز با یکدیگر ترکیب می‌شوند و نتیجه حاصل نوری با رنگ زرد است.



شکل ۵

همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد سه رنگ سبز و قرمز و آبی را نمی‌توان از ترکیب رنگهای دیگر به‌دست آورد، و این به دلیل آن بود که هر یک از قله‌های مربوط به حساسیت آشکار سازهای نوری چشم بر روی طول موج متناظر با این سه رنگ قرار دارد و از آنجا که هر سه آشکارساز با تابیدن مجموعی از این سه رنگ برانگیخته می‌شوند احساس ناشی از دیدن این سه رنگ همان رنگ سفید است. این سه رنگ را رنگهای اصلی می‌نامیم.

$$R + G + B = W$$

سفید = آبی + سبز + قرمز

ترکیب دو رنگ سبز و قرمز رنگ زرد را نتیجه می‌دهد

$$R + G = Y \text{(زرد)}$$

ترکیب دو رنگ سبز و آبی رنگ فیروزه‌ای را نتیجه می‌دهد

$$G + B = C \text{ (فیروزه‌ای)}$$

ترکیب دو رنگ آبی و قرمز رنگ ارغوانی را نتیجه می‌دهد که در طیف خورشید وجود ندارد.

$$R + B = M \text{ (ارغوانی)}$$

با مقایسه روابط بالا می‌توان بسادگی نتیجه گرفت که ترکیب رنگ زرد و رنگ آبی رنگ سفید را نتیجه دهد.

$$R + G = Y$$

$$Y + B = R + G + B = W$$

درواقع می‌توان گفت که اگر رنگ آبی را از رنگ سفید بگیریم نتیجه رنگ زرد است. بدین دلیل این دورنگ را مکمل یکدیگر می‌نامند. در جدول زیرهر رنگ اصلی با مکمل آن معرفی شده است.

رنگ اصلی	مکمل
R(قرمز)	C (فیروزه‌ای)
G (سبز)	M (ارغوانی)
B (آبی)	Y (زرد)

حال می‌توان پرسید که نور زرد رنگی که از ترکیب دو نور قرمز و سبز باطول موجهای ۷۰۰ و ۵۲۰ نانومتر به دست می‌آید با نور زرد رنگی که در طیف خورشید دیده می‌شود و دارای طول موج ۵۷۵ نانومتر است چه اختلافی دارد. همان‌طور که در قبل گفته شد این دو نور به دلیل بر انگیزش مشابه چشم انسان هم رنگ دیده می‌شود ولی این به دلیل عدم اختلاف این در نور نیست چرا که نور ترکیبی رامی‌توان مجدداً با عبور از منشور تجزیه کرد درصورتی که نور تک فام زرد را نمی‌توان تجزیه کرد، البته چشم‌های دقیق می‌توانند تمایز کمی بین این دو نور قائل شوند. نوری که بعد از عبور از منشور تجزیه نشود نور خالص نامیده می‌شود.

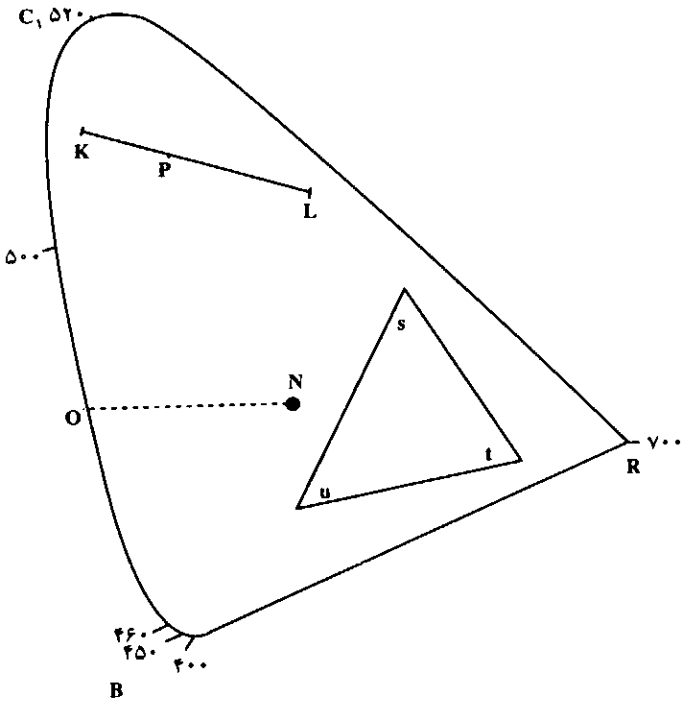
حال پرسش دیگری مطرح می‌شود که آیا نور خالص زرد که ترکیبی از قرمز و سبز نیست می‌تواند با نور آبی خالص نور سفید را درست کند؟ پاسخ این پرسش خیلی ساده است، از آنجا که تاکنون چندین باراشاره شد که رنگ از احساس انسان ناشی می‌شود و به دلیل عدم اختلاف دراحساس انسان هنگام دیدن نور زرد خالص و نور زرد ترکیبی پاسخ این پرسش مثبت است.

پس این تصویر که برای ساختن نور سفید حداقل به سه رنگ احتیاج داریم تصوری درست نیست و ما می‌توانیم با ترکیب دو نورخالص (که حتی لازم نیست هیچکدام از آنها جزء رنگهای اصلی باشند) رنگ سفید را درست کنیم. هردو نوری که دارای این خاصیت باشند که مجموع آنها رنگ سفید را نتیجه دهد نورهای (یا رنگهای) مکمل نامیده می‌شوند. ولیکن در دستگاه‌های نوری معمولاً از سه رنگ اصلی استفاده می‌کنند زیرا که با کمک این سه رنگ تقریباً می‌توان تمام رنگها را تولید کرد از جمله خود این سه رنگ را.

نمودار رنگ CIE.

برای ترکیب رنگها و تهیه رنگهای جدید آزمایشهای مختلفی انجام شده است. نتیجهٔ این آزمایشها به صورت نمودارهایی در اختیار افرادی که در این زمینه فعالیت دارند قرار می‌گیرد. یکی از این نمودارها که اولین‌بار آنرا نیوتون پیشنهاد کرد و بعدها به صورت کاملتری درآمد سیستم رنگی CIE است که در شکل ۶ـ نمودار مربوط به این سیستم داده شده است. تمام رنگهای روی محیط این شکل مربوط به رنگهای خالص نور خورشید هستند به استثنای ضلع BR که رنگها ترکیبی از قرمز و آبی هستند (ارغوانی) که درنور خورشید وجود ندارد.

نقطه Wدرمرکز این نمودار مربوط به رنگ سفید است. هرگاه دو رنگ مانند رنگهای متناظر با نقاط Kو L در اختیار ما باشد باترکیب این دو رنگ به نسبتهای مختلف می‌توان تمام رنگهای قرار گرفته برروی خط LK را ساخت؛ مثلاً برای ساختن رنگی متناظر با نقطهٔ P کافی است دو رنگ L و K را به نسبت PK و PL ترکیب کنیم یعنی به نسبت عکس فاصلهٔ آنها از نقطه P، تا رنگP تهیه شود. در نتیجه با داشتن سه رنگ مانند s وt وu تمام رنگهای داخل مثلث stu قابل تهیه است. وقتی رنگهای روی خط ow را تهیه می‌کنیم، می‌توان از رنگ o و سفید(w) استفاده کرد. این رنگها اختلافی که با رنگ o دارند در خلوص آنها است. در واقع رنگهای روی محیط رنگهای خالص هستند و رنگهای داخل منحنی رنگهای ترکیبی. همان‌طور که در شکل نیز دیده می‌شود رنگ سفید را با ترکیب دو رنگ مکمل که روبروی هم قرارگرفته‌اند و خط واصل آنها از نقطه w می‌گذرد می‌توان درست کرد. پس اگر در ساختن



شکل ۶

رنگها بخواهیم باتعداد کمتری رنگ بیشترین تعداد رنگهای ترکیبی راداشته باشیم بایستی نقاطی را روی منحنیCIE پیداکنیم که مساحت مثلث محدود به آنها بیشترین باشد و این سه رنگ همان‌طور که از شکل پیداست سه رنگ خالص قرمز، آبی و سبز هستند.

رنگهای اصلی درنقاشی:

برای هرمعلمی که مبحث رنگ را در نور تدریس کرده باشد این سؤال، سؤالی آشناست که چرا در نقاشی رنگهای اصلی با آنچه شما می‌گویید متفاوت است. برای پاسخ به این سؤال بایستی اول به چگونگی بازتابش نور از رنگهای نقاشی پی‌برد. رنگ‌های نقاشی از ذرات جامد خیلی ریزی تشکیل شده‌اند که دارای رنگ هستند به این معنی که وقتی نور سفید به آنها می‌تابد از بین بسامدهای مختلف بعضی ازآنها را جذب می‌کنند و بعضی رابازتاب و ما نورهای بازتاب شده را که دیگر سفید نیستند می‌بینیم. این ذرات ریز که رنگ‌دانه نامیده می‌شوند درمحیطی از ماده شفاف قرار دارند. وقتی که نور سفید به یک لایه آغشته به رنگ می‌تابد نور به رنگ‌دانه‌ها برخورد کرده جزئی ازآن جذب و جزئی دیگر پراکنده می‌شود ولی این پراکندگی درراستاهای مختلف انجام می‌شود بعضی ازاین پرتوهای پراکنده شده بعد از تعداد زیادی برخورد و پراکندگیهای متوالی از محیط لایه رنگ خارج می‌شود و به چشم ناظر می‌رسد البته اگر لایهٔ رنگی خیلی نازک باشد بعضی از این پرتوها با سطح زیر لایه نیزبرخورد می‌کند و بعد از برخوردهای دیگر از محیط خارج می‌شوند و هر نقاش نه چندان حرفه‌ای نیزاز تأثیر رنگ زیر لایه بر رنگ مشاهده شده درصورت آنکه از لایه نازک یارقیقی از رنگ استفاده کند آگاه است.

هرگاه دو رنگ را در نقاشی با هم مخلوط می‌کنیم درواقع محیطی می‌سازیم که درآن دو نوع رنگ‌دانه وجود دارد، که یکی از آنها منحنی مشخصه خاصی برای بازتاب دارند و دومی منحنی مشخصهٔ خاص دیگر درنتیجه نوری که قرار است بعد از چندین بازتابش از محیط خارج شود هم به ذرات نوع الف و هم به ذرات نوع ب برخورد می‌کند و درنتیجه طول موجهایی که هر یک ازاین ذرات می‌توانند جذب کنند از نور ورودی حذف می‌شود که حاصل،چیزی مشابه اثردو صافی مختلف است. از این‌رو مخلوط کردن دو رنگ به معنی جمع منحنی‌های مشخصهٔ آنها نیست بلکه به معنی جذب آنهاست. و مشابه آنچه در صافی‌ها دیدیم دراینجا می‌توان با مخلوط کردن دو رنگ زرد و فیروزه‌ای رنگ سبز را به‌دست آورد که از رنگهای اصلی در مبحث نور است و در هر دورنگ زرد و فیروزه‌ای وجود دارد.

درنتیجه برای آنکه بتوان تمام رنگها را ساخت به سه رنگ مکمل رنگهای اصلی نور نیاز است. یعنی رنگهای زرد، ارغوانی، فیروزه‌ای، که دو رنگ آخر را در نقاشی قرمز و آبی می‌نامیم، که با قرمز و آبی رنگ‌های اصلی نور فرق دارند. در نقاشی رنگ سفید یعنی عدم رنگ (درصورتی‌که بوم سفید باشد) و هر رنگ یک صافی است که مقابل نور سفید قرار می‌دهیم و حاصل عبور نور سفید از صافی رامی‌بینیم. البته به دلیل اینکه تعدادی از پرتوهای نورانی در بازتابهای نخست از محیط خارج می‌شوند نمی‌توان با ترکیب سه رنگ، رنگ سیاه را درست کرد (آن‌گونه که به کمک صافی‌ها امکانپذیراست)، بلکه حاصل ترکیب این سه رنگ، رنگ خاکستری است و به این دلیل یک نقاش به رنگ سیاه نیازمند است. همچنین اگر نقاشی به یک رنگ با خلوص و شفافیت زیاد نیاز داشته باشد ترجیح می‌دهد از رنگی استفاده کند که از یک نوع ذرات رنگی با بازتابی مطلوب تهیه شده باشد تا از رنگهای ترکیبی که شفافیت رنگهای خالص را ندارند. در صنعت چاپ نیز از سه رنگ مکمل و رنگ سیاه استفاده می‌شود درصورتی‌که در ابزاری مثل تلویزیون رنگی از سه رنگ اصلی استفاده می‌شود چراکه دراینجا رنگهای ترکیبی باترکیب نورهای رنگی به‌دست می‌آید.

منابع :

1 - Dverhein R.D, Wagner,D.L."light and color". jhon wiley & sons,1982.

2 - Hecht ,E. Zajac,A."optics", 2 nd edition, Addison wesley. 1987.

3 - Hilbert , D.R, "csII lecture notes",No 9, 1987.

4 - Davidoff J.B, "cognition through color", MIT press, 1991.

امتحان ورودی دانشگاه ملی در چین و تأثیر آن بر آموزش فیزیک دبیرستانی

ژانگ چانگبین (Zhang Changbin)
دانشگاه هاربین نورمال، چین

در چین، امتحان ورودی دانشگاه ملی بیش از هر عامل دیگری بر آموزش فیزیک تأثیر دارد و این پدیدهٔ غیر عادی، مشکلات بسیاری را برای آموزش فیزیک دبیرستانی چین به ارمغان آورده است. در این مقاله اوضاع جاری امتحان ورودی دانشگاه ملی چین و تأثیر آن بر آموزش فیزیک و تمایل به اصلاح این وضعیت را به اختصار بررسی می‌کند.

شاید هیچکدام از دبیران فیزیک در دیگر کشورها به اندازهٔ دبیران فیزیک در چین، چنین اهمیتی را برای امتحان ورودی دانشگاه ملی قائل نباشند. نه تنها دبیران فیزیک بلکه دانش‌آموزان دبیرستانی، والدین آنها و حتی اولیاء امور آموزش و پرورش دبیرستانی نیز موضوع امتحان ورودی دانشگاه ملی را جدی تلقی می‌کنند. این است «چماق امتحان ورودی دانشگاه ملی» به این مفهوم که توسعهٔ تحصیلات دبیرستانی نه براساس سیاست آموزشی دولت بلکه براساس امتحان ورودی دانشگاه ملی تعیین می‌شود. اجازه دهید به عنوان مثال آموزش فیزیک دبیرستانی را در نظر بگیریم. از آنجا که برای امتحان ورودی فقط فیزیک نظری مورد نیاز است، بسیاری از دبیرستانها به دانش‌آموزان فقط چگونگی حل مسائل فیزیک را به طور نظری آموزش می‌دهند. (۱۳۶۷ هجری ـ ۱۹۸۸ Mi) این روش آموزش فیزیک به وضعیتی انجامیده است که استادان فیزیک دانشگاه‌های چین همواره از آن شکایت می‌کنند: دانش‌آموزان صرفاً می‌دانند که یک مسأله فیزیک چگونه حل می‌شود، آنها واقعاً نمی‌دانند که چرا این مسأله به این روش یا آن روش باید حل شود (۱۳۷۰ شمسی ۱۹۹۱ Li). پدیدهٔ عجیب «چماق امتحان ورودی» را پژوهشگران مختلف به راه‌های مختلف تعبیر می‌کنند.

در این مقاله وضعیت را از دیدگاه‌های فرهنگ سنتی چین و ارزش امتحان ورودی در میان عموم مردم بررسی خواهم کرد.

موقعیت امتحان ورودی در اذهان مردم

بنابر فرهنگ سنتی چین مهمترین روش برای تغییر موقعیت اجتماعی فرد، تحصیلات خوب است. تنها راه ارزیابی سطح تحصیلات یک فرد، امتحان فئودالی امپراتوری[1] بود. امپراتور تانگ (Emperor Tang) از سلسلهٔ سلطنتی سویی (Sui Dynasty) سیستم امتحان فئودالی امپراتوری را در سومین سال سلطنتش پایه‌گذاری کرد (۱۵ سال قبل از هجرت ـ ۶۰۶ میلادی). اگر چه ساختار و محتویات امتحانها نسبت به آن زمان مختصر تغییری یافته‌اند اما طرح امتحان فئودالی امپراتوری به مدت ۱۳۰۰ سال یعنی تا سال ۱۲۸۴ هجری (۱۹۰۵ میلادی) ادامه داشت. ویژگی عمدهٔ این سیستم چنان بود که می‌توان گفت «سرنوشت یک نفر را یک برگهٔ امتحان رقم می‌زد».

از زمان برقراری جمهوری جدید در سال ۱۳۲۸ هجری (۱۹۴۹ میلادی) یک سیستم جدید امتحان ورودی به وجود آمده است. لیکن برای مدتی، به ویژه پس از انقلاب به اصطلاح فرهنگی این سیستم امتحان برای مدت تقریباً ده سال از میان رفت. سیستم امتحان در سال ۱۳۵۶ از سر گرفته شد.

از آنجا که دولت رویهٔ مثبت محلی را اتخاذ کرده بود، لذا بررسی مردم، آمد و شد از جایی به جای دیگر به طور دائمی به خصوص از شهرستانها به شهرها دشوار بود. بنابراین برای بسیاری از جوانان متولد شهرستانها، رفتن به دانشگاه بهترین راه تغییر وضعیت می‌باشد. برای جوانان شهری که انفجار جمعیت، شانس کاریابی آنها را کاهش داده است یک مدرک دانشگاهی می‌تواند متضمن شغل ثابتی باشد. امروزه هنوز در چین هر کس که وارد دانشگاه می‌شود در ابتداء باید در امتحان ورودی دانشگاه ملی قبول شود. به این دلیل، جوانان روستایی و شهری

اهمیت زیادی را برای امتحان ورودی قائل‌اند، بنابراین فشار وارد بر دبیرستانها برای آماده‌سازی آنها بسیار است. در بسیاری مواقع، کیفیت آموزشی یک مدرسه و اعتبار یک دبیر اساساً به درصد قبولی دانش‌آموزان در امتحان ورودی بستگی دارد. همهٔ اینها دبیران را وا می‌دارد که دانش‌آموزان را برای قبولی در امتحان ورودی آموزش دهند. هدف واقعی تدریس دبیرستانی به جای پیشرفت استعداد دانش‌آموزان، آماده کردن آنها برای تست‌زدن شده است.

اوضاع کنونی امتحان ورودی در چین

هر ساله در اوائل ژوئیه (اواسط تیرماه) میلیونها دانش‌آموز چینی در امتحان ورودی شرکت می‌کنند. موضوعهای امتحان عبارت‌اند از: علوم سیاسی، ریاضیات، فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، زبان خارجی، تاریخ و جغرافیا. بنابر قوانین پذیرش، موضوعهای امتحان ورودی به دو دسته تقسیم می‌شوند، دستهٔ اول علوم طبیعی و دستهٔ دیگر هنرهای آزاد. جدول ۱ تقسیم‌بندیها و موضوعهای دخیل را نشان می‌دهد.

جدول ۱. موضوعهای امتحان ورودی در چین و دو طبقه‌بندی برای پذیرش

موضوعها	علوم طبیعی	هنرهای آزاد	نمرهٔ کامل
علوم سیاسی*	✓	✓	۱۰۰
زبان چینی*	✓	✓	۱۲۰
ریاضی*	✓	✓	۱۲۰
زبان خارجی	✓	✓	۱۰۰
فیزیک	✓	–	۱۰۰
شیمی	✓	–	۱۰۰
زیست‌شناسی	✓	–	۷۰
تاریخ	–	✓	۱۰۰
جغرافیا	–	✓	۱۰۰
نمرهٔ کل	۷۱۰	۶۴۰	

* محتوای سؤالهای این موضوعها برای دو طبقه‌بندی تا اندازه‌ای متفاوت است.

سؤالهای امتحان به همراه جوابهای استاندارد را یک گروه موقتی از متخصصان تهیه می‌کنند. (شامل حدوداً ۱۰ نفر: معمولاً ۸ تا ۹ نفر استاد دانشگاه و ۱ تا ۲ نفر دبیر). محتوای هر موضوع براساس مواد دروس تحصیلی است. عموماً ساختار یک ورقهٔ امتحان برای چند سال یکسان است. به عنوان مثال، جدول ۲ ساختار امتحان فیزیک امتحان ورودی را نمایش می‌دهد. (۱۳۶۹ ــ ۱۳۷۱ هجری ۱۹۹۰ ــ ۱۹۹۲ میلادی). مدت هر موضوع امتحان ۲ ساعت است و در طول یک روز ۲ امتحان برگزار می‌شود. پس از امتحان ورقه‌های پاسخ را سازمان سنجش از طریق دفتر ثبت نام محلی هر استان رتبه‌بندی می‌کند.

وقتی تمام ورقه‌های امتحان رتبه‌بندی شد، نمرهٔ کل داوطلب به دست می‌آید. به استثناء ملاحظات مربوط، زمینهٔ سیاسی داوطلب، وضعیت سلامتی و غیره، این نمره‌های سرنوشت‌ساز است که آیندهٔ داوطلب را تعیین می‌کند.

مراحل ثبت نام یک ماه پس از امتحان آغاز می‌شود. براساس برنامهٔ ثبت نام داده شده که مربوط به تعداد دانش‌آموزانی که می‌توانند در دانشگاه پذیرفته شوند دفتر ثبت نام استان در مورد نسبت و حداقل امتیاز قبولی تعیین شده تصمیم می‌گیرد. داوطلبانی که جمع نمراتشان بیش از حداقل امتیاز قبولی باشد امکان دارد توسط دانشگاهی که انتخاب کرده‌اند پذیرفته شوند. از آنجا که هر داوطلب می‌تواند چهار یا پنج دانشگاه را انتخاب کند، رقابت شدیدی میان دانشگاه‌ها به خصوص دانشگاه‌های کلیدی (مهم) وجود دارد.

جدول ۲. ساختار امتحان فیزیک امتحان ورودی در چین
(۱۳۶۹ ــ ۱۳۷۱ هـ / ۱۹۹۰ ــ ۱۹۹۱م)

تقسیم‌بندیها	الگوی سؤالها	تعداد	نمره
بخش اول I	انتخابی (یک پاسخ درست)	۱۳	۲۶
II	انتخابی (بیش از یک پاسخ درست)	۶	۲۴
بخش دوم III	تکمیل کردنی (توضیح در پیوست)	۸	۲۴
IV	سؤالهای ترکیبی (توضیح در پیوست)	۴	۲۶

تأثیر کنکور بر تدریس فیزیک در دبیرستانهای چین

به دلایلی که در بحث بالا مطرح شد، مردم آموزش دبیرستانی را بیشتر براساس نسبت دانش‌آموزانی که در کنکور قبول شده و به دانشگاه راه می‌یابند ارزیابی می‌کنند. دبیرستانها هم که مجبور به بالا بردن این نسبت هستند، هدف آموزشی خود را از تربیت افراد صلاحیت‌دار برای جامعه به تعلیم «متخصصان امتحان ورودی» تغییر داده‌اند. مشکلاتی که کنکور برای تدریس فیزیک دبیرستانی در چین به ارمغان آورده است می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

(الف) اهداف تدریس فیزیک یک جانبه است.

تأکید بر نسبت پذیرفته شدگان یک برنامهٔ آماده سازی امتحانی را بر تدریس فیزیک تحمیل کرده است. در برخی از دبیرستانهای سطح بالاتر کتابهای درسی فیزیک غالباً به طور سرسری به جای ۳ سال، یعنی زمان قانونی برنامهٔ درسی، در عرض ۲ سال تمام می‌شود.

دبیران فیزیک در طی این دورهٔ آماده سازی مقدار زیادی مسأله یا سؤال را که ممکن است دانش‌آموزان در امتحان با آن روبه رو شوند، در اختیار آنان می‌گذارند. در این مرحله دانش‌آموزان مهارتهای کورکورانه‌ای را کسب می‌کنند و تبدیل به ماشین تست‌زنی می‌شوند.

(ب) افت فعالیتهای عملی در تدریس فیزیک

از آنجا که در امتحان ورودی فقط فیزیک نظری لازم است و نه کارهای عملی، و مسائل مربوط به آزمایشها فقط در ورقهٔ امتحانی ظاهر می‌شوند لذا این فکر غلط که نظریه بر تجربه مقدم است در آموزش فیزیک در کشور چین پیدا شده است. با وجود این که اساس فیزیک آزمایش است، دانش‌آموزان کارهای عملی را در کلاسهای فیزیک دبیرستانی انجام می‌دهند. برای آشنایی با مسائل مربوط به آزمایش در کنکور، برخی دبیران فیزیک «آزمایشها را فقط بر روی تخته سیاه انجام می‌دهند»، و دانش‌آموزان به ناچار دستگاه‌ها، مراحل انجام آزمایش و نتایج را به خاطر می‌سپارند. در برخی دبیرستانهای مهم امکان دسترسی به لوازم آزمایشهای فیزیک بیشتر است. اما آزمایشهایی که دانش‌آموزان انجام می‌دهند بسیار محدود است زیرا به عقیدهٔ بعضی دبیران انجام آزمایش وقت بسیار می‌خواهد.

(پ) کم توجهی به زندگی واقعی در تدریس فیزیک

پرسشهای مطرح شده در امتحان اساساً مربوط به فیزیک محض است. دبیران فیزیک کمتر به رابطهٔ میان فیزیک و زندگی واقعی می‌پردازند و کمتر میان آنچه که آموزش می‌دهند با نیازهای آیندهٔ دانش‌آموزان رابطه برقرار می‌کنند. فیزیک قانونهای ذاتی خودش را دارد که به واسطهٔ آن موضوع بسیار مهم «روش تفکر در مورد اصول حاکم بر طبیعت» را به دانش‌آموزان می‌آموزد. اگر اصول فیزیکی را با برخی مثالها از زندگی روزمره یا کاربردهای صنعتی آموزش دهیم و سپس مجدداً نظریه‌ها را همراه با آزمایش به کار بریم نتیجهٔ بسیار بهتری خواهیم گرفت. درگیری فعال دانش‌آموزان یکی از عوامل مهم در آموزش و یادگیری فیزیک است، اما در چین «چماق امتحان ورودی» باعث شده است که آموزش فیزیک دبیرستانی در مسیر غلطی قرار گیرد.

(د) محدود شدن پیشرفت ویژگیهای فردی

این سیاست پذیرش مبتنی بر پذیرفتن داوطلب با بیشترین نمره در امتحان ورودی ممکن است اثرهای ویژه‌ای را بر موضوعهای مربوط به خط مشی داوطلب در آینده داشته باشد. از آنجا که فقط نمرهٔ زیاد مورد نظر دانش‌آموز است در نتیجه نمی‌توانند روی مطالب مورد علاقه‌شان کار بیشتری کنند. بدین ترتیب ممکن است پیشرفت ویژگیهای فردی و نقاط قوت یک دانش‌آموز محدود شود.

روند امتحان ورودی در چین

مربیان نیز به اندازهٔ دولت با اثرهای جانبی امتحان ورودی آشنا شده‌اند. اصلاحات پیشنهادی در امتحان مورد بحث قرار گرفته است. از سال ۱۳۷۳ (۱۹۹۴ میلادی) که یک امتحان ملی جدید (معروف به امتحان «۲ + ۳») جایگزین امتحان قدیمی شده است. در امتحان جدید یک سیستم دو دسته‌ای وجود دارد که هر کدام شامل پنج موضوع است. دانش‌آموزان برای کسب قبولی دانشگاهی نیازمند گذراندن فقط یک دسته هستند. مطالب هر دسته عبارت‌اند از:

۱ ــ ادبیات و تاریخ: چینی، ریاضی، زبان خارجی، تاریخ، علوم سیاسی ۲ ــ علوم و مهندسی: چینی، ریاضی، زبان خارجی، فیزیک، شیمی هدف اصلی این اصلاح سبک کردن باری است که بر شانهٔ دانش‌آموزان قرار دارد. زیست‌شناسی و علوم سیاسی در بخش علوم و مهندسی حذف شده است. برای بهبود بخشیدن وضعیت تدریس دبیرستانی سرفصل دروس جدیدی در پاییز ۱۳۷۱ (۱۹۹۲ میلادی) وضع شد. در سرفصل دروس جدید، آموزش فیزیک برای دو سال تحصیلی اول اجباری است. هر استان امتحان یکنواخت خود را در همهٔ موضوعها پس از دومین سال تحصیلی برگزار می‌کند. دانش‌آموزان برای اخذ درجهٔ بالاتر باید در این امتحان قبول شوند در سال سوم درس فیزیک دبیرستانی اختیاری است.

آزمایشهایی از انواع دیگر امتحان ورودی در برخی از استانها و شهرهای دیگر در حال اجراء است. در یک تجربه، ایالات گوانگ دانگ (Guangdong) و شانگهای (Shanghai) امتحاناتی را خودشان برای آزمایش شکلهای جدید تست برگزار می‌کنند. تجربهٔ گوانگ دانگ در زمینهٔ تست فیزیک امتحان ورودی نتیجه‌ای مبنی بر اصلاح تست یک قسمتی به دوقسمتی داده است. تجربهٔ شانگهای آزمونی در این جهت است که آیا امتحانات سخت‌تر فعلی در مقایسه با امتحان معمول شانگهای

می‌توانند سبب انتخاب دانش‌آموزان برتر گردد.

ملاحظات نهائی

این آغاز خوبی برای شروع امتحان ورودی است. ما امیدواریم که این راهی برای بهبود تدریس فیزیک دبیرستانی باشد. ولی این که آیا این اصلاح مؤثر خواهد بود یا نه غالباً به این بستگی دارد که دبیرستانها و مربیان کشور آن را بپذیرند. برای از میان بردن آثار جانبی امتحان جاری، دانش‌آموزان، دولت و ما باید در این زمینه کار بیشتری انجام دهیم. ما نه تنها باید این مسؤولیت را برای دبیران دبیرستانی و دانش‌آموزان روشن کنیم بلکه باید نظرمان را در مورد آموزش فیزیک، موقعیت امتحان ورودی و رویهٔ گزینش برای ورود به مراحل تحصیلی بالاتر تغییر دهیم.

پیوست

دستورالعملها و مثالهای این پیوست همگی از تست فیزیک امتحان ورودی در سال ۱۳۷۱ (۱۹۹۲ میلادی) آورده شده‌اند.

توضیح در مورد طرح سؤالهای تکمیل کردنی در جدول ۲

دستورالعمل، جواب مناسب را بر روی خط مورد نظر در هر بخش نوشته و عبارت را کامل کنید.

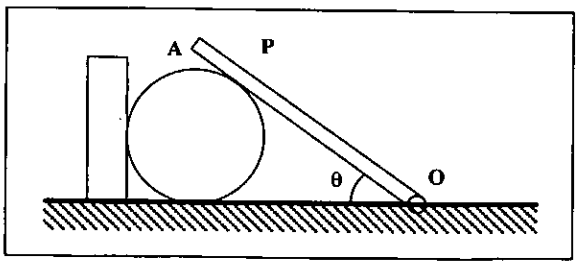
مثال ۱ ــ برای هر کدام از فرمولهای واکنشهای هسته‌ای زیر ذره‌ای مناسب را نوترون، الکترون، پروتون و ذرهٔ آلفا انتخاب کرده و در مقابل فرمول بنویسید :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + \text{_____}$$

$$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + \text{_____}$$

$$^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + \text{_____}$$

مثال ۲ ــ یک استوانه میان یک سطح افقی و یک صفحهٔ عمودی قرار گرفته است. (شکل ۱). Ao میله‌ای تخت به جرم m است. انتهاء میله یعنی نقطهٔ O بر روی سطح توسط لولایی ثابت شده است و میله به صورت شیبدار بر روی استوانه در نقطهٔ P قرار دارد. اگر سیستم بدون اصطکاک باشد و بدانیم که زاویهٔ شیب میله نسبت به سطح افقی θ و طول Ap یک چهارم طول میله، و سیستم در حال تعادل است، مقدار نیرویی که صفحهٔ عمودی بر استوانه وارد می‌سازد عبارت است از

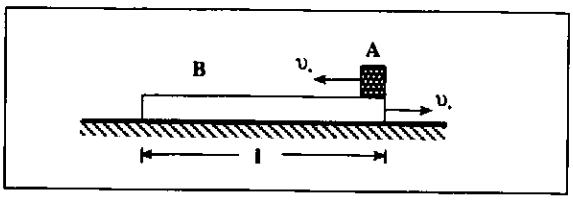


شکل ۱

توضیح در مورد طرح سؤالهای ترکیبی در جدول ۲

دستورالعمل، پاسخ داوطلبان به سؤالهای زیر باید شامل جزئیات توضیح‌ها، فرمولها و محاسبه‌های مهم باشد. فقط نتیجهٔ نهائی را ذکر کنید.

مثال ــ یک قطعهٔ مکعبی شکل چوبی B به طول L و جرم M روی سطح افقی بدون اصطکاکی قرار دارد. قطعهٔ کوچک A به جرم m روی انتهاء سمت راست چوب قرار دارد و $m < M$ (شکل ۲). اجازه دهید



شکل ۲

به‌طور همزمان به هر دو قطعهٔ A و B سرعت اولیهٔ $V_.$ بدهیم. بزرگی هر دو سرعت یکسان ولی جهت آنها متفاوت است و سطح افقی چارچوب مرجع است. بنابراین A به سمت چپ شروع به حرکت می‌کند و B به سمت راست. در لحظه‌ای که A نسبت به B از حرکت باز می‌ایستد قطعه در انتهاء سمت چپ B باقی می‌ماند. پس مسأله به صورت زیر مطرح می‌شود :

۱ ــ فرض کنید اندازهٔ هر دو سرعت اولیه $V_.$ است. اندازه و جهت سرعت نهائی را محاسبه کنید.

۲ ــ فرض کنید که سرعت اولیه را نمی‌دانیم، بیشترین مسافتی را که قطعهٔ A به سمت چپ طی می‌کند محاسبه کنید. به خاطر داشته باشید که سطح افقی چارچوب مرجع است.

ترجمهٔ حسین بیانی

مرجع:

Physics Education Mar 95, P 104 - 8

خاصیت انرژی

خاصیت جمع‌پذیری انرژی

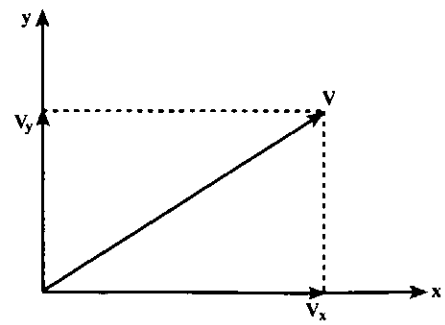
خاصیت انرژی

دیمیتریس تساوسیس (Dimitris S. Tsaussis)

جرم سیستمی که از دو جسم تشکیل شده است با مجموع جرم آنها برابر است این خاصیت جمع‌پذیری برای بارهای الکتریکی نیز بکار برده می‌شود. امّا آیا این خاصیت دربارهٔ «انرژی» اجسام هم صحیح است؟ انگیزهٔ نوشتن این مقاله از دو منبع سرچشمه می‌گیرد: روش اشتباهی که کتابهای درسی در موضوعهای وابسته به یکدیگر به کار می‌برند و اشکالی که بیشتر دانش‌آموزان در درک خاصیت جمع‌پذیری انرژی دارند.

سالهاست که من در امتحانهای ۵ دقیقه‌ای تمرین های زیر را به دانش‌آموزان می‌دهم.

تمرین ۱ــ گلوله‌ای به جرم m با سرعت V در حال حرکت است. سرعت گلوله را می‌توان به دو مؤلفهٔ عمود بر هم V_x و V_y تجزیه کرد (شکل ۱). فرض کنید انرژی جنبشی گلوله برای V_x، $K_x = ۴/۵J$ و برای V_y، $K_y = ۸J$ باشد. انرژی جنبشی کل گلوله را پیدا کنید.



شکل ۱. بردار V به دو مؤلفه عمود بر هم V_x و V_y تجزیه شده است.

بیشتر دانش‌آموزان بدون هیچ دلیلی انرژی‌های جنبشی را همچون مؤلفه‌های یک بردار روی محورxها و yها نشان داده و جواب زیر را به‌دست می‌آورند که البته صحیح نیست.

$$K_{کل} = \sqrt{(۴/۵)^۲ + (۸)^۲}\ J = ۹/۱۸J$$

درصد کمی از دانش‌آموزان هم شکایت می‌کنند که داده‌های مسئله کافی نیست و بنابراین نمی‌توانند جوابی به دست آورند.

اما درصد کمی از آنها سرعت گلوله را به روش زیر محاسبه کرده و جواب صحیحی برای تمرین به دست می‌آورند.

$$K_x = \frac{۱}{۲}mv_x^۲ = ۴/۵J \rightarrow V_x^۲ = \frac{۹J}{m}$$

و

$$K_y = \frac{۱}{۲}mv_y^۲ = ۸J \rightarrow V_y^۲ = \frac{۱۶J}{m}$$

بنابراین $$V^۲ = V_x^۲ + V_y^۲ = \frac{۲۵J}{m}$$

و $$K = \frac{۱}{۲}mV^۲ = ۱۲/۵J$$

چندین دانش‌آموز هم روش سادهٔ زیر را انتخاب می‌کنند.

$$K_{کل} = K_x + K_y = ۱۲/۵J$$

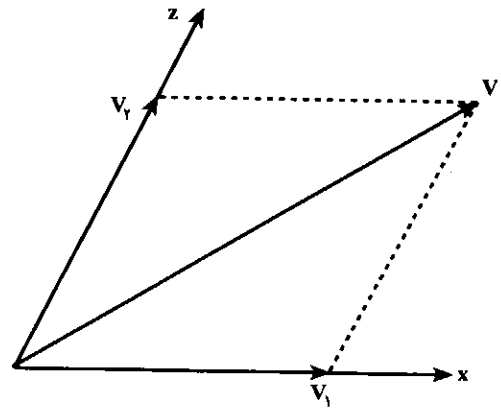
باید خاطرنشان کنم که معادله بالا را اغلب دانش‌آموزان پشت برگه‌های

امتحانی خود نوشته، امّا آن را خط می‌زنند، شاید آنها فکر می‌کنند این روش برای حل مسئله بسیار ساده است.

ما باید این موضوع را برای دانش‌آموزان روشن کنیم که انرژی یک کمیت نرده‌ای است و در موقع لزوم باید آن‌را مانند کمیتهای نرده‌ای جمع کنیم نه برداری.

درادامهٔ بحث تمرین زیر را به دانش‌آموزان می‌دهم تا آن‌را در خانه حل کنند.

تمرین ۲ ــ گلولهٔ تفنگی به جرم m با سرعت V در حال حرکت است. بردار سرعت را می‌توان به دو مؤلفه V_1 و V_2 که با هم زاویه ۶۰° می‌سازند تجزیه کرد درحالی‌که V روی نیمساز زاویه قرار دارد(شکل ۲).



شکل ۲. بردارV به مؤلفه‌هایV_1 وV_2 که با هم زاویه ۶۰° می‌سازند تجزیه شده است. V روی نیمساز زاویه قرار دارد.

فرض کنید انرژی جنبشی گلوله به ازای سرعت V_1 ، $K_1 = ۴/۵J$ و به ازای سرعت V_2 ، $K_2 = ۴/۵J$ باشد. انرژی جنبشی کل گلوله را پیدا کنید.

روز بعد حال و هوای کلاس هیجان زده است و این وضع با گذشت زمان که دانش‌آموزان فرصت بحث با یکدیگر پیدا می‌کنند بیشتر می‌شود. جواب درصد بالایی از دانش‌آموزان چنین است :

$$K_{کل} = K_1 + K_2 = 9J$$

که اشتباه است. درصد پایینی جواب می‌دهند

$$K_1 = \frac{1}{2}mV_1^2 = ۴/۵J \longrightarrow V_1^2 = \frac{9J}{m}$$

$$K_2 = \frac{1}{2}mV_2^2 = ۴/۵J \longrightarrow V_2^2 = \frac{9J}{m}$$

و

$$V^2 = V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2\cos ۶۰^\circ$$

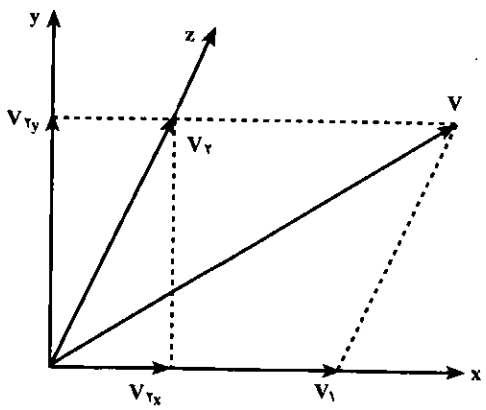
بنابراین

$$K_{کل} = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}m(\frac{9J}{m} + \frac{9J}{m} + 2\frac{9J}{m} \times \frac{1}{2})$$

$$K_{کل} = ۱۳/۵J$$

که جواب صحیح است.

اولین سؤالی که به ذهنم رسید این بود که چرا همیشه جمع جبری انرژی جواب صحیح این نوع مسائل نیست، مگر نه اینکه انرژی یک کمیت نرده‌ای است؟ هم چنین چه هنگام جمع جبری اجزای انرژی یک جسم جواب صحیح مسئله است؟ جواب اولین سؤال این است که اجزای انرژی به یک کمیت فیزیکی مشترک بستگی دارند. یعنی K_1 وK_2 مستقل از یکدیگر نیستند، یا بهتر بگوییم سرعتهایV_1 وV_2 که انرژی به آنها وابسته است از یکدیگر مستقل نیستند. این موضوع را می‌توان با تجزیه V_2 روی دو محور عمود برهم xها و y ها نشان داد که هردو بردارV_1 وV_2 مؤلفه‌ای روی محور xها دارند (شکل ۳).



شکل ۳. اگر V_2 را روی دو محور عمود بر هم x و y تجزیه کنیم،V_2 مؤلفه‌ای روی محور xها خواهد داشت V_{2x} .

نتیجهٔ کلی این است که اگر جسمی دو مقدار سرعت داشته باشد به ترتیب دو مقدار انرژی جنبشی خواهد داشت و انرژی جنبشی کل همیشه برابر با جمع جبری مؤلفه‌هایش نیست. زیرا اگر چنین باشد امکان دارد که هر جرمی بتواند به هر مقدار دلخواه انرژی داشته باشد.

یعنی به جرمی که در حال سکون است می‌توان دو مقدار سرعت با علامتهای مخالف (V) و (V−) نسبت داد. انرژی جنبشی دو مؤلفه جسم به ترتیب عبارتند از $K_1 = \frac{1}{2}mV^2$ و $K_2 = \frac{1}{2}mV^2$. اگر فکر کنیم که جسم فقط سرعت (V) داشته باشد انرژی جنبشی آن برابر باK_1 و اگر فقط سرعت (V−) داشته باشد انرژی جنبشی آن K_2 است. امّا اکنون جسم در حال سکون هر دو مقدار سرعت را دارد پس انرژی جنبشی کل آن K برابر با مجموع هر دو انرژی جنبشی است. یعنی $K_{کل} = \frac{1}{2}mV^2$

شکل ۴. طرحی برای تمرین ۳ که نشان می‌دهد دو نیروی $F_1 = 2N$ و $F_2 = 4N$ به ترتیب با محور xها زوایای ۳۰° و ۶۰° می‌سازند.

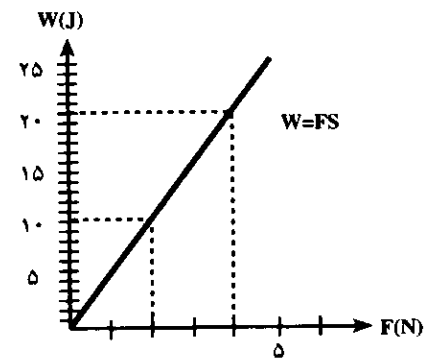
جواب مسئله است. بنابراین در هر زمان به یک جسم در حال سکون می‌توان با انتخاب سرعتی مناسب به دلخواه هر مقدار انرژی نسبت داد.

برای کامل کردن بررسی‌هایمان تمرین زیر را حل می‌کنیم.

تمرین ۳ ــ یک گاری روی جاده‌ای افقی، مستقیم و بدون اصطکاک ایستاده است. دو نیروی $F_1 = 2N$ و $F_2 = 4N$ که با محور xها به ترتیب زوایای ۳۰° و ۶۰° می‌سازند همزمان به گاری وارد می‌شوند. گاری به اندازهٔ $S = AB = 10\ m$ جابه‌جا می‌شود. انرژی جنبشی گاری هنگامی که به نقطه B می‌رسد چقدر است؟

جواب البته ساده و روشن است

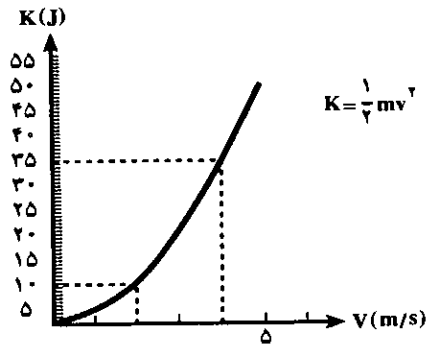
$$K = W_{F_1} + W_{F_2} \quad \text{یا} \quad K = (F_1 + F_2)S = (1/7 + 2)N.10\ m = 37J$$



شکل ۵. نیروی F_1 برای جابه‌جایی معینی کار W_1 ایجاد می‌کند. اگر نیرو دو برابر شود $F_2 = 2F_1$ کار W_2 دو برابر W_1 خواهد شد.

امّا اینجا، چند سئوال مطرح می‌شود. در این مسئله از یک سو هردو کمیت (W_{F_1}, W_{F_2}) به کمیت فیزیکی مشترک جابه‌جایی S بستگی دارند و از سوی دیگر هر دو نیروی (F_1, F_2) روی محور xها مؤلفه دارند. چرا جمع جبری مؤلفه‌های کار جواب صحیح مسئله است و دردسر ایجاد نمی‌کند؟ در واقع، در این مسئله دو نیرو به جسم وارد می‌شود، امّا کار یکی از نیروها با کار دیگری تداخل نمی‌کند. زیرا رابطهٔ کار معادله‌ای درجه اول و یک رابطه خطی میان نیرو و جابه‌جایی است، یعنی نیروی F_1 در جابه‌جایی معینی کار W_1 را ایجاد می‌کند، اگر نیرو دویرابر شود $F_2 = 2F_1$ کار W_2 برای همان جابه‌جایی دویرابر W_1 است (شکل ۵).

این وضعیت برای انرژی جنبشی که با رابطه $K = \frac{1}{2}mV^2$ مشخص می‌شود فرق می‌کند زیرا رابطه انرژی جنبشی معادلهٔ درجه دوم است. یعنی اگر جسمی با سرعت V_1 حرکت کند انرژی جنبشی آن K_1 و اگر به دلایلی سرعت آن $V_2 = 2V_1$ شود انرژی جنبشی آن $K_2 = 4K_1$ خواهد شد (شکل ۶). بنابراین اگر جسمی بیش از یک مؤلفه انرژی وابسته به یک کمیت فیزیکی داشته باشد و میان مؤلفه‌ها و آن کمیت فیزیکی مشترک یک رابطهٔ خطی وجود داشته باشد، انرژی کل جسم برابر با جمع جبری مؤلفه‌ها است.

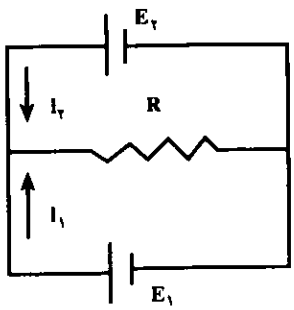


شکل ۶. جسمی که با سرعت V_1 حرکت می‌کند انرژی جنبشی K_1 دارد. اگر سرعت $V_2 = 2V_1$ شود انرژی جنبشی جسم هم $K_2 = 4K_1$ می‌شود.

نتیجهٔ کلی: اگر بخواهیم کمیتهای نرده‌ای را با هم جمع کنیم، نخست باید بررسی کنیم که آیا آنها به یک کمیت فیزیکی بستگی دارند یا نه. اگر بستگی ندارند مشکلی در جمع کردن آنها نداریم. اگر به یک کمیت فیزیکی بستگی دارند باید رابطه آنها با کمیت مشترک مشخص شود. چنانچه رابطه‌ای خطی باشد، می‌توانیم آنها را با هم جمع جبری کنیم.

تمرینهای زیر مطالب گفته شدهٔ بالا را تأیید می‌کنند.

تمرین ۴ ــ از مقاومت $R = 10\Omega$ همزمان دو جریان $I_1 = 4A$ و $I_2 = 3A$ می‌گذرد (شکل ۷). شدت جریان کل $I_{کل}$ که از مقاومت R می‌گذرد و مقدار گرمای حاصل از آن در مدّت ۱۰ ثانیه چقدر است؟



شکل ۷. طرحی برای تمرین ۴.

یک راه حل ممکن برای این تمرین به ترتیب زیر است.

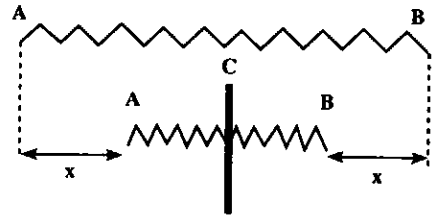
اگر از مقاومت R فقط شدت جریان I_1 بگذرد، گرمایی برابر با $Q_1 = I_1^2 Rt$ و اگر فقط شدت جریان I_2 بگذرد گرمایی برابر با $Q_2 = I_2^2 Rt$ ایجاد می‌شود. اکنون از مقاومت R جریان کل $I_{کل}$ می‌گذرد بنابراین مقدار گرمایی برابر با $Q_{کل} = Q_1 + Q_2$ ایجاد می‌شود. $I_{کل}^2 Rt = I_1^2 Rt + I_2^2 Rt$ یا

$$I_{کل} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$$

$$I_{کل} = \sqrt{16+9} = 5A \quad \text{و} \quad Q_{کل} = 2500J$$

مقدار گرمای Q_1 و Q_2 به‌شدت جریان الکتریکی وابسته‌اند و روابط میان آنها خطی نیستند. بنابراین برای به‌دست آوردن مقدار گرمای کل $Q_{کل}$ نمی‌توان Q_1 و Q_2 را جمع کرد. بنابراین جواب عنوان شده اشتباه است. جواب صحیح عبارت است از :

$$I_{کل} = I_1 + I_2 = 7A \longrightarrow Q_{کل} = 4900J$$



شکل ۸. فنر AB به‌صورتی که در تمرین ۵ از آن توصیف شده است.

تمرین ۵ ــ فنری را با دو دست آنقدر به طور متقارن می‌کشیم تا جابه‌جایی کل $2x = 20cm$ شود. اگر همواره نیروهای وارد از سوی دو دست به فنر خلاف یکدیگر باشند، کار لازم برای این جابه‌جایی و مقدار انرژی که فنر به هر دست وارد می‌کند چقدر است؟ ضریب ثابت فنر $k = 20 \frac{N}{cm}$ است.

اگر مسئله را با این فکر حل کنیم که دست راست مقدار کار $W_1 = \frac{1}{2}kx^2$ و دست چپ مقدار کار $W_2 = \frac{1}{2}kx^2$ انجام داده‌اند به جواب صحیحی نمی‌رسیم. زیرا کل کاری که ما انجام داده‌ایم $W_1 + W_2 = kx^2$ است، امّا انرژی پتانسیل فنر برابر است با :

$$W = \frac{1}{2}k(2x)^2 \text{ یا } W = 2kx^2$$

مسئله را اشتباه حل کرده‌ایم زیرا مقدار انرژی که دستها به فنر وارد می‌کنند W_1 و W_2 به یک کمیت فیزیکی مشترک x وابسته‌اند و رابطه آنها خطی نیست ولی ما آنها را با هم جمع جبری کرده‌ایم. اگر مطمئن باشیم کار انجام شده توسط هر دست مستقل از دیگری است این روش را می‌توانیم بکار بریم. اگر فنر AB را در نقطه C وسط آن ثابت نگاه داریم سپس آن‌را از دو سو بکشیم شکل ۸، در این حالت هر دست قسمتهای AC و BC از فنر را می‌کشد و ضریب ثابت فنر در هر قسمت $k' = 2k$ است. بنابراین

$$W_1' = \frac{1}{2}k'x^2 = kx^2 \text{ و } W_2' = \frac{1}{2}k'x^2 = kx^2$$

و

$$W = W_1' + W_2' = 2kx^2$$

درواقع ما می‌توانیم دو مقدار انرژی را با اینکه نسبت به x رابطهٔ خطی ندارند با هم جمع جبری کنیم زیرا مستقل از یکدیگرند. راه حل بالا با تمام بحثهایی که دربارهٔ خاصیت جمع‌پذیری انرژی ارائه کردیم سازگار است.

ترجمهٔ احمد توحیدی

مرجع:

The Physics Teacher.33,568-570,1995

تجربه

تجربه

تجربه

تجربه

تجربه

تجربه های آموزشی

تجربه

تجربه

«تجربه‌های آموزشی» نوشته‌هایی است که دبیران گرامی برای اطلاع دیگر همکاران در اختیار «رشد آموزش فیزیک» قرار داده‌اند. امیدواریم با کوشش دبیران علاقمند و مشتاق مجموعه‌ای گرانقدر برای فرهنگ آموزش علوم در ایران فراهم آوریم. «چند تجربهٔ من» نوشتهٔ آقای امیر توکلی اولین نوشته در این زمینه است که به‌نظر خوانندگان محترم می‌رسد. از دبیران گرامی دعوت می‌کنیم که در ارائه تجربه‌های آموزشی خود همت و علاقمندی بیشتری مبذول فرمایند.

چند تجربه من

امیر توکلی

مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات

«رسم شکل صحیح و مناسب، پنجاه درصد حل یک مسئله هندسه است». در زمانی نه‌چندان دور دبیر هندسه سال اوّل دبیرستان، این راهنمایی ارزشمند را توشه راه ما ساخت.

به‌نظر می‌رسد که این راهنمایی، کاربردی وسیع‌تر از حل یک مسئله هندسه دارد. در واقع بحث در این است که برای حل یک مسئله باید صورت مسئله را به درستی شناخت.

تجربیات زیر کوششی است در راه شناخت چند مسئله در ابعاد بسیار کوچک. آزمایش‌ها هدف خاصّی را دنبال می‌کرده‌اند و در پرتو این اهداف سعی شده است تا از اثر عوامل جنبی جلوگیری به عمل آید.

ممکن است خواننده پس از مطالعه این نوشتار به این نتیجه برسد که: «این مطالب بدیهی نیاز به آزمایش نداشت؟» یا «فایده این آزمایشها چیست؟»

بهر حال بازتاب این تجربیات شاید گشایشی باشد بر انتقال تجربه‌های گرانبها در امر آموزش فیزیک. علاوه بر این، این تجربیات بحث در باب آموزش فیزیک را غنی می‌سازند و موجب احتراز از کلّی گویی‌های کم‌مایه می‌شوند. در عین حال نگارنده امیدوار است که در تجربه مستقیم و در مقیاس کوچک دیدگاه‌های نو شکل بگیرند و به مرور زمان ورزیده شوند و در آینده مسائل بزرگ و عمده آموزش فیزیک را حل کنند.

۱

در سال تحصیلی ۷۱ـ ۱۳۷۰ در کلاس سوّم تجربی ،دبیرستانی دولتی واقع در شرق تهران تدریس فیزیک به عهدهٔ من بود. نمرات دانش‌آموزان در امتحانات ثلث اوّل رضایت‌بخش نبود. لازم به توضیح است که من سه کلاس سوّم تجربی داشتم که تعداد دانش‌آموزان هر کلاس ۳۸ نفر بود.

در هر سه کلاس پس از یادآوری قانون کولن و فرمول محاسبه اندازه نیروی کولنی از آنها خواستم که هر یک روی یک برگه بدون ذکر نام، مسئله زیر را حل کنند:

مسئله: دو بار نقطه‌ای $q_1 = 2\times10^{-6}$ کولن و $q_2 = 3\times10^{-6}$ کولن به فاصله ۰/۱ متر از یکدیگر قرار دارند. اندازه نیرویی را که هر یک از دو بار بر دیگری وارد می‌کند حساب کنید ($k = 9\times10^{9}$).

تصدیق می‌کنید که سؤال بسیار روشن و بدون ابهام است و در حل مسئله نیازی به تبدیل واحدها نیست. کافی است فرمول $\left(F = \frac{kq_1q_2}{r^2}\right)$ را بدانیم و با جایگذاری اعداد داده شده پاسخ را به‌دست آوریم. به کلیه دانش‌آموزان ۱۵ دقیقه وقت برای حل مسئله دادم و سپس برگه‌ها را جمع‌آوری کردم. نتیجه در مجموع دانش‌آموزان سه کلاس چنین بود:

ورقه سفید	۱۰ نفر
راه درست و پاسخ نهایی غلط	۶۵ نفر
راه درست و پاسخ نهایی درست	۴۹ نفر

به این ترتیب نتیجه گرفتم که اکثریت دانش‌آموزان من، قسمت توانها را از درس جبر، از یاد برده‌اند. لذا در جلسه بعدی توانها را در مدّت کوتاهی یادآوری کردم و در آزمایشی مشابه به نتایج زیر رسیدم

ورقه سفید	۶ نفر
راه درست و پاسخ نهایی غلط	۱۵ نفر
راه درست و پاسخ نهایی درست	۹۳ نفر

۲

در همین کلاسها و در یکی از جلسات، تعریف آمپر واحد شدّت جریان الکتریکی را گفتم و جزئیات تعریف را تک‌تک از دانش‌آموزان پرسیدم. بطوری که پس از حدود نیم ساعت تقریباً همه می‌توانستند آمپر را شفاهاً تعریف کنند.

سپس به همه گفتم که هر یک روی برگه‌ای بدون ذکر نام تعریف کامل آمپر را بنویسند. در تصحیح برگه‌ها تنها تأکید من بر این بود که آیا دانش‌آموز توانسته است منظور خود را بنویسد یا خیر؟ نتیجه چنین بود.

تعریف نارسا	۸۴ نفر
تعریف صحیح	۳۰ نفر

پس از این دو آزمایش:

۱) در بیان تعاریف کمیتهای فیزیکی و یا قوانین فیزیک حتی‌المقدور از به‌کار بردن جمله‌های طولانی خودداری کردم. در موارد ممکن بجای یک جمله از چند جمله کوتاه استفاده کردم.

۲) پیش از تدریس هر بحث فیزیکی ریاضیات موجود در بحث را استخراج کرده و ابتدای جلسه به مدّت ۱۵ دقیقه نکته‌های مهم آن را یادآوری کردم و در خلال تدریس فیزیک به مطالب ریاضی استناد کردم.

۳) در مواردی که یادآوری یک بحث ریاضی وقت‌گیر بود، از دبیران همکار ریاضی خود کمک گرفتم به این معنی که یادآوری ریاضی را دبیر ریاضی انجام داد. علاوه بر آن دبیر ریاضی به درخواست من به‌کاربرد بحث ریاضی در فیزیک اشاره کرد.

۴) در چند مورد از دانش‌آموز ضعیف کلاس در قسمت‌های یادآوری ریاضی کمک گرفتم. که نتیجه برای خود دانش‌آموز خوب بود.

موارد ۱ و ۲ و ۳ از نظر کلاسی مفید واقع شد و مورد چهارم معمولاً منجر به دوباره‌کاری و اتلاف وقت شد.

* * *

همکاران دبیر از وضع بد نمره‌های فیزیک نگران‌اند. دانش‌آموزان نیز در اثر فقدان موفقیّت قابل رؤیت، گاهی باور می‌کنند که فیزیک را نمی‌فهمند. دو تجربه فوق نشان می‌دهد که دو عامل مهم که نمره فیزیک را تحت‌الشّعاع قرار می‌دهند ریاضی و ادبیات است.

بسیار مفید خواهد بود که ما دبیران بتوانیم به دانش‌آموزان خود اشکال کارشان را بگوییم. آنها باید بدانند که اشکالشان در فیزیک است یا ریاضی و یا ادبیات یا... و نادانسته با فیزیک قهر نکنند.

۳

سوّمین آزمون به جهت کاهش اضطراب میان دانش‌آموزان، حین برگزاری امتحان انجام شد. به این ترتیب که پس از توزیع سؤالها، به آنها اعلام کردم که هر سؤالی که دارند می‌توانند از من بپرسند و گفتم که در ازای پاسخ معادل با کمکی که کرده‌ام از آنها نمره کم می‌شود.

سؤالها را پیش از جلسه به دقّت بارم‌بندی کردم.

وقتی دانش‌آموزی سؤال می‌کرد پاسخ را به آرامی می‌دادم و با خودکار سبز روی برگه او میزان کاهش نمره را یادداشت می‌کردم. در پایان برگه‌ها را جمع‌آوری و تصحیح کردم. ابتدا برگه‌ها را بطور معمول تصحیح می‌کردم و در صورت وجود «نمره سبز» بدهکاری دانش‌آموز را از نمره‌اش کسر می‌کردم.

نتایج

۱) توزیع نمره‌های کلاس تفاوتی با سایر امتحان‌ها نداشت. به عبارت دیگر این شیوه از نظر کیفی بر امتحان اثر منفی نداشت. بعدها که این کار را تکرار کردم کاملاً به این حقیقت اطمینان یافتم که به این شیوه، امتحان بیش از حد ساده نمی‌شود.

۲) پیش از انجام آزمایش نگران آشفتگی صوتی جلسه بودم. امّا جلسه کاملاً آرام به پایان رسید.

۳) احتمال می‌دادم تعداد سؤالهای بچه‌ها زیاد و بی‌رویه باشد. چنین نشد

تعداد کل دانش‌آموزان	۳۶ نفر
تعداد سؤالات دانش‌آموزان	۴۰ نفر

۴) اکثریت بچه‌ها یعنی ۲۴ نفر از ۳۶ نفر سؤال کردند. شاید بتوان نتیجه گرفت که بچّه‌ها مایل‌اند سکوت جلسه امتحان را بشکنند تا در جلسه آرامتر باشند.

۵) ۲ مورد سؤال بی‌مورد و همراه با التماس بود. یعنی این دو دانش‌آموز خواهش می‌کردند که جواب سؤال خود را «مجّاناً» در اختیارشان قرار دهم.

حتماً تعجّب می‌کنید اگر بدانید یکی از این دو نفر بهترین دانش‌آموزان کلاس بود و در نهایت از این امتحان نمرهٔ ۱۹ گرفت.

۶) بعدها این شیوه را در کلیه امتحان‌های شخصی و غیررسمی بکار بردم و به مشکلی برنخوردم. البته هیچ‌گاه از این شیوه برای بیش از یک کلاس بهره نبردم.

پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران
همدان، ۱۲ تا ۱۴ تیر ماه ۱۳۷۵

پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینهٔ اپتیک

محمدرضا اجتهادی
دانشگاه صنعتی شریف (دانشجوی دکتری فیزیک)

۱ــ دلیل ایجاد رنگ خاکستری، قهوه‌ای و سرمه‌ای چیست و چه نوع رنگهایی هستند؟

پاسخ: درصورتی که نورهایی که به چشم می‌رسند از نظر توزیع طول موج یکسان باشند ولی دارای شدت مختلف باشند، چشم انسان این تمایز در شدت را به‌صورت تغییر در رنگ احساس می‌کند (البته این تمایز وقتی برای چشم انسان محسوس است که امکان مقایسه وجود داشته باشد). بطور مثال اگر نور سفید خورشید را روی یک کاغذ سفید بتابانیم با کم کردن شدت نور تابشی رنگ کاغذ تغییر می‌کند. با ادامه کاهش شدت تابش کاغذ کاملاً تیره خواهد شد، پس با این تغییر شدت نور خورشید، رنگ کاغذ از سفید تا سیاه تغییر خواهد کرد که در این میان رنگهای خاکستری با درجات مختلف حاصل می‌شود. از این‌رو فیلترهای خاکستری شدت نور ورودی را در تمام بازهٔ طول موجی به‌طور یکسان کاهش می‌دهند.

به همین شکل رنگ نارنجی با شدت کم، قهوه‌ای و رنگ آبی کم‌شدت، سرمه‌ای دیده می‌شوند. در نقاشی برای ایجاد رنگ خاکستری از ترکیب سفید و سیاه، برای قهوه‌ای از ترکیب نارنجی و سیاه و برای ایجاد رنگ سرمه‌ای از ترکیب آبی و سیاه استفاده می‌کنند.

۲ــ آیا برای نور سفید می‌توان فرکانس مشخصی را محاسبه کرد؟ همچنین در ترکیب رنگها (مثلاً قرمز و آبی) فرکانس ترکیب آنها چگونه محاسبه می‌شود؟

پاسخ: به دلیل آنکه در مبحث ترکیب نورهای رنگی فرض بر وجود منابع نوری غیرهمدوس است و اثرات تداخلی مورد نظر نمی‌باشد فقط برای نورهای خالص می‌توان کمیت بسامد را تعریف کرد و نورهای ترکیبی دارای تعدادی نور خالص با بسامدهای متفاوت هستند که با عبور از منشور نورهای تشکیل‌دهندهٔ آنها از هم جدا می‌شوند.

۳ــ اگر سه نور تک‌رنگ آبی، قرمز و سبز با هم مخلوط شوند و رنگ سفید حاصل به یک منشور تابانیده شود، طیف حاصل سه رنگ است یا هفت رنگ؟

پاسخ: سه رنگ

۴ــ علت دیدن تصاویر سه‌بعدی چیست؟

پاسخ: برای پاسخ به این پرسش بایستی ابتدا به این نکته پی‌برد که دلیل سه‌بعدی دیدن انسان چیست؟ ما جهان پیرامون خود را از طریق تصویری که از آن بر پردهٔ شبکیهٔ چشم ما منعکس می‌شود می‌بینیم. با وجود اینکه این تصاویر بر روی یک پردهٔ دوبعدی ایجاد می‌شوند ولی به دو دلیل ما جهان را سه بعدی می‌بینیم.

دلیل اول اختلاف منظر تصاویر دیده شده به‌وسیله دو چشم است. برای روشن شدن این نکته با بستن یک چشم به کمک انگشت خود، با چشم دیگر نگاه کنید و نقطهٔ پشت انگشت را روی دیوار مقابل درنظر بگیرید. حال بدون حرکت سر یا انگشت خود این چشم را ببندید و چشم دیگر را باز کنید.

در واقع این مغز انسان است که با پردازش تصاویر رسیده به هر یک از چشمها و بررسی اختلاف منظر در آنها متوجه اختلاف فواصل نقاط مختلف تصویر با فرد ناظر می‌شود.

حال این سئوال مطرح می‌شود که آیا انسان درصورت داشتن فقط یک چشم جهان را دوبعدی می‌بیند؟

پاسخ این سئوال به دلیل وجود مکانیزم دیگری برای سه‌بعدی دیدن منفی است. این مکانیزم استفاده از حافظه است. وقتی شما با یک چشم به جهان نگاه می‌کنید با حرکت خود تصاویر جدیدی از پیرامون خود را مشاهده می‌کنید، مغز با کمک حافظه تصاویر فعلی را با تصاویر قبلی مطابقت می‌دهد و باز هم با مقایسه اختلاف منظر متوجه به عمق تصاویر می‌شود.

در ایجاد تصاویر سه‌بعدی از یکی از دو مکانیزم فوق استفاده می‌شود. نوع اول تصاویر یا ابزاری هستند که با ایجاد دو تصویر مختلف برای چشم چپ و راست احساس اختلاف نظر را ایجاد می‌کنند. به این ابزار Stereoscope و به تصاویر این‌گونه Stereosgram گفته می‌شود.

نوع دوم تصاویری هستند که اطلاعات به‌گونه‌ای در آنها ذخیره شده که با نگاه کردن از نقاط مختلف به صفحه تصویر مانند حالت واقعی می‌توان قسمتهای مختلف جسم را دید و یا اختلاف منظر واقعی را مشاهده کرد که این روش دوم در تصاویر تمام نگاشت به‌کار برده می‌شود.

۵ــ چرا جسم به رنگ تیره دیده می‌شود؟ درصورتی که نور از آن به چشم نمی‌رسد پس چرا جزئیات جسم دیده می‌شود؟

پاسخ: هیچ جسمی صددرصد جاذب نور نمی‌باشد و همه آنها درصدی از نور تابشی هر چند ناچیز را بازتاب می‌کنند. وقتی شما یک جسم را کاملاً نمی‌بینید که در تاریکی کامل باشد (منظور شرایطی است که تعداد فوتونهای نور مرئی کمتر از حد لازم برای تحریک آشکارسازهای چشم باشد) حتی اگر جسم بازتابش خیلی کمی داشته باشد وقتی در کنار اجسام دیگر قرار می‌گیرد از اختلاف شدت تابش می‌توان به‌وجود آن پی برد، مانند دیدن سایه.

۶ــ طرز تهیه نور ماوراء بنفش و مادون قرمز چیست؟

پاسخ: تمام طیف نور را می‌توان با کمک تابش حرارتی اجسام به‌دست آورد، ولی به‌دلیل اینکه ایجاد امواج با فرکانس پایین (طول موج بالا) نیازمند دماهای کمتری است این روش برای ایجاد تابش مادون قرمز راحتتر است. به‌طور مثال بیشتر تابش بخاری برقی در ناحیه مادون قرمز است. برای ایجاد تابش ماوراء بنفش می‌توان از تابش اتمهای تحریک‌شده‌ای که اختلاف ترازهای انرژی آنها در ناحیه ماوراءبنفش هستند استفاده کرد. (به‌طور مثال اتم جیوه)

۷ــ از آنجا که هر چیز محسوس را ماده می‌نامیم، آیا نور نیز که محسوس است از خواص ماده پیروی می کند (مثلاً قانون ضربه...)؟

پاسخ: قسمت اول سئوال یک جمله خبری است که درست نمی‌باشد هر چیز محسوس ماده نیست مانند دما و درد. فوتونهای نور هم انرژی و هم اندازه حرکت دارند همچنین دارای اندازه حرکت زاویه‌ای نیز می‌باشند.

۸ــ چرا با اینکه تصویر روی شبکهٔ چشم معکوس است ما آن را مستقیم می‌بینیم؟

پاسخ: عمل دیدن به‌وسیله مغز انجام می‌شود و چشم فقط وسیله دریافت داده‌های تصویری و تبدیل آنها به سیگنالهای الکتریکی برای ارسال به مغز می‌باشد.

۹ــ از آنجا که محل کانونی شدن پرتوهای رنگهای مختلف در عدسیها با یکدیگر متفاوت است، آیا استفاده از عینک باعث ایجاد مشکلی از این نظر برای دید نخواهد بود (سال دوم نظام فعلی)؟

پاسخ: اگر شیشه عینک خیلی ضخیم باشد یا فاصله کانونی آن خیلی کوچک (دیوپتر بالا) می‌تواند اشکال ایجاد کند.

۱۰ــ با توجه به این که عبور نور از منشور باعث تجزیه نور می‌شود، چگونه این اشکال را در وسایلی مانند پریسکوپ یا پروژکتور ... برطرف می‌کنند (فیزیک سال دوم نظام فعلی ــ صفحات ۸۳ و ۸۴)؟

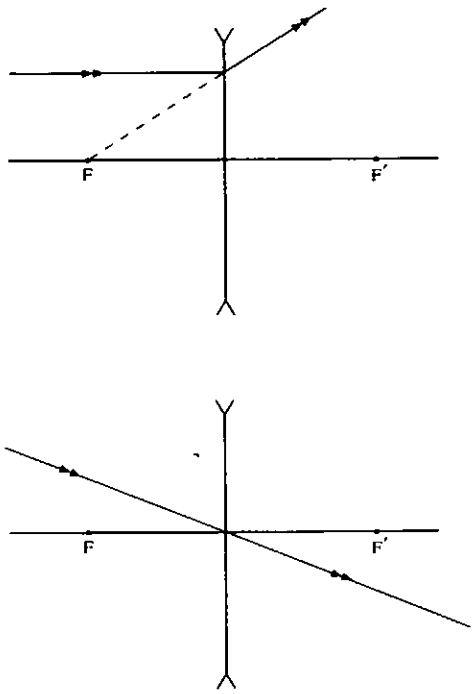
پاسخ: در پریسکوپ از بازتاب استفاده می‌شود حتی در پریسکوپهایی که از بازتابش کلی در منشورها استفاده می‌شود نور همواره در عبور از سطح جدایی محیط شیشه و هوا عمود می‌باشد درنتیجه شکسته نخواهد شد و اشکال رنگی وجود ندارد.

در پروژکتور، تلسکوپ و میکروسکوپ و... و وسایلی که از شکست نور استفاده می‌کنند این مشکل را با ترکیب عدسیهایی از جنسهای مختلف تا حدودی رفع می‌کنند.

۱۱ــ چرا گازها دارای طیف خطی و جامدات طیف پیوسته دارند؟

پاسخ: تمام اجسام مستقل از حالت آنها وابسته به دمایی که دارند دارای تابش جسم سیاه هستند که طیفی پیوسته دارد. آنچه در مورد گازها به‌عنوان طیف خطی مورد نظر است، طیف مربوط به تحریک الکترونهای اتمهای گازی می‌باشد که در حالتی که این تحریک به طریق غیراپتیکی انجام گیرد در بازگشت الکترونها به ترازهای تعادلی تابش خواهند داشت و طیف نشری خطی حاصل خواهد شد و اگر این تحریک به‌وسیله فوتونهای موجود در تابش با طیفی پیوسته صورت گیرد منجر به جذب و طیف جذبی خطی می‌شود. این خطوط طیفی را در تابش و جذب جامدات نیز می‌توان مشاهده کرد مانند نور حاصل از لیزر یاقوت. در مورد جامدات فلزی به‌دلیل پهنای زیاد باندهای انرژی آنها، خطوط طیفی باریک نیستند و به‌خصوص در ناحیه مادون قرمز دارای پهنای نسبتاً زیادی هستند.

۱۲ــ چگونگی شکست باریکه نور R از عدسی واگرا را ترسیم کنید؟



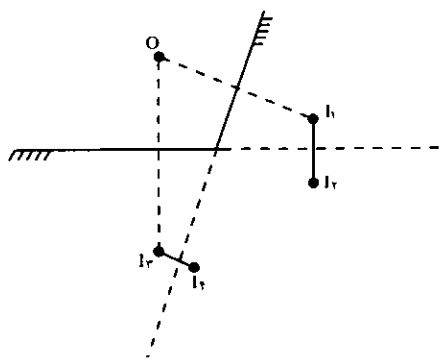
۱۳ ــ چرا زاویهٔ آینه‌ها در پریسکوپ ۴۵ درجه است؟ (فیزیک سال دوم نظام فعلی)؟

پاسخ: به دلیل اینکه لوله آن به‌صورت عمودی است و لازم است مجموع زوایای تابش و بازتابش ۹۰° باشد.

۱۴ــ اگر در فرمول مربوط به تعداد تصاویر در آینه‌های متقاطع، زاویهٔ بین دو آینه طوری باشد که عدد صحیح از فرمول به‌دست نیاید، تعداد تصاویر چند تا خواهد شد (فیزیک سال دوم نظام فعلی)؟

پاسخ: جواب بستگی به‌جای جسم نسبت به آینه‌ها دارد و تعداد تصاویر می‌تواند برابر باشد با کوچکترین عدد صحیح بزرگتر یا عدد صحیح بعدی از مقدار به‌دست آمده.

بطور مثال :



۱۵ــ در فیزیک سال دوم روابطی بین ضرایب شکست و عمق ظاهری و حقیقی را به این ترتیب به‌دست می‌آوریم

$$\frac{\text{عمق ظاهری}}{\text{عمق حقیقی}} = \frac{\text{ضریب شکست محیط دوم}}{\text{ضریب شکست محیط اول}}$$ و

حال اگر چند لایه از جنسهای مختلف روی نوشته‌ای قرار گیرد می‌خواهیم ببینیم چقدر نوشته بالاتر دیده می‌شود؟

(اشکال در این است که در پاسخگویی به این سؤال ضریب شکست هر محیط را نسبت به هوا می‌گیرند و در نهایت با هم جمع می‌کنند در حالیکه n_1 و n_2 ممکن است محیطهایی چون شیشه و

آب باشد.)

ـ در مورد استکانی با ضخامت معلوم و ارتفاع آب معلوم روی نوشته‌ای قرار گرفته میزان است. جابجایی نوشته مورد سؤال است؟

پاسخ: هرگاه چند لایه متوازی‌السطوح روی هم قرار گیرند برای زاویه ورود نور به هر لایه از لایهٔ قبل بایستی رابطه اسنل را به‌کار برد.

$$n_i \sin\theta_i = n_{i+1} \sin\theta_{i+1}$$

درنتیجه اگر بخواهیم زاویه ورود نور در هر لایه را نسبت به زاویه تابش ورودی از هوا بسنجیم می‌توانیم بنویسیم

$$n \sin\theta = n_1 \sin\theta_1 = \cdots = n_i \sin\theta_i = \cdots$$

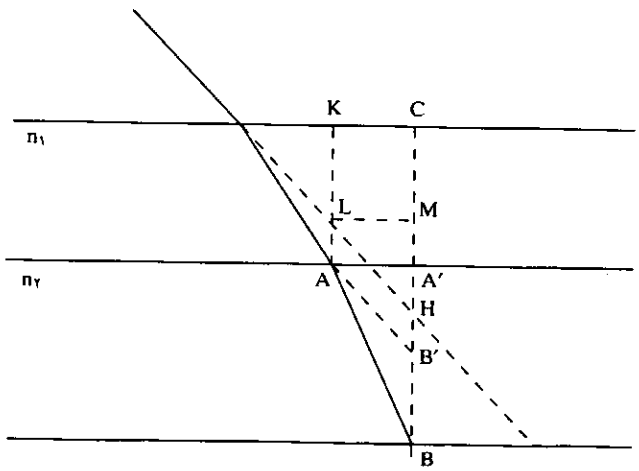
که اگر ضریب شکست هوا را تقریباً یک بگیریم n_i ضریب شکست نسبت به هوا می‌باشد.

$$\sin\theta = n_i \sin\theta_i$$

از آنجا که چشم در مثالهای فوق در هوا قرار دارد و خطای ناشی از اندازه‌گیری عمق، ناشی از اختلاف راستای پرتو در جسم و راستای پرتو در هواست، در رابطه عمق ظاهری باید ضریب شکست نسبت به هوا را قرار دهیم

عمق ظاهری = CH عمق واقعی = CB

$CH = KL + MH$ $\Delta LMH = \Delta AA'B'$ $CH = KL + A'B'$



۱۶ـ طبق اصل هویگنس هر نقطه واقع بر جبهه موج یک منبع نورانی است. چرا اگر جسم کدری در مقابل نـور قرار گیرد سایه تشکیل می‌شود؟

پاسخ: وقتی جسم کدر وجود ندارد تمام نقاط روی سطح موج مانند چشمه عمل می‌کنند و نور حاصل از تمام این نقاط به یک نقطه خاص روی پرده می‌تابد و آنکه این نقطه روشن است یا نه بستگی به نوع تداخل این امواج دارد که در مورد حالتی که جسم مانع نور وجود ندارد حاصل تداخل وجود نور در روی پرده است. با قرار دادن جسم در مسیر پرتوی نور تعدادی از این چشمه‌ها را از بین می‌بریم درنتیجه روشنایی حاصل روی پرده نتیجه برهمنهی بقیهٔ موجهای رسیده از چشمه‌های باقیمانده است که مطمئناً با حالت قبل فرق می‌کند و این همان چیزی است که پدیده پراش را ایجاد می‌کند. البته این پدیده برای سایهٔ اجسام بزرگ فقط در لبهٔ سایه هندسی قابل مشاهده است و برهمنهی موجهای رسیده در فواصل دور از لبهٔ سایهٔ هندسی (چه داخل و چه خارج) مشابه حالت وجود نور و عدم وجود نور است یعنی در نواحی خارج سایه شدت یکنواخت و در داخل سایه تاریکی داریم. (تمام این بحث با زبان ریاضی قابل ارائه است.)

۱۷ ـ لطفاً در مبحث تداخل امواج نور ـ کتاب فیزیک چهارم تجربی ـ تعریف چشمهٔ همسان ـ این که پدیدهٔ تداخل در وضعی پایدار و مشخص به‌وسیلهٔ دو چشمهٔ مستقل نور غیرممکن است ـ توضیح دهید؟

پاسخ: دو چشمه را همدوس می‌گوییم درصورتی که رابطه فازی مشخص بین آنها وجود داشته باشد به‌طور مثال اگر در یک لحظه اختلاف فاز آنها صفر است همواره صفر بماند و اگر این مقدار تغییر می‌کند به‌طور کاملاً مشخص تغییر کند نه بطور کاتوره‌ای. چشمه‌های نور به دلیل آنکه نور آنها از جابجایی الکترونهای کاملاً مستقل در ترازهای انرژی ساطع می‌شود دارای چنین خاصیتی نیستند، و درنتیجه نمی‌توان با تداخل پرتوهایی که از این چشمه‌ها ساطع می‌شوند الگوی تداخلی پایداری به‌دست آورد.

ولی وقتی ما از نور یک چشمه برای تداخل استفاده می کنیم این مشکل تا حدودی رفع می‌شود ولی مشکل دیگری وجود دارد و آن این است که این چشمه در زمان نیز همدوس نیست به این معنی که اگر در یک لحظه فاز آن ϕ باشد نمی توان مطمئن بود در زمان nT (n عدد صحیح و T دوره تناوب موج حاصل از چشمه) نیز فاز آن ϕ است درنتیجه پرتوهایی که از چشمه خارج می‌شوند ولی اختلاف راههای متفاوتی را می‌پیمایند و به یک نقطه می رسند در زمانهای مختلف از چشمه خارج شده‌اند و اگر این اختلاف زمان زیاد باشد این دو نور هم رابطه فازی مشخصی ندارند.

۱۸ـ آیا می‌توان انرژی صوتی را به انرژی نورانی تبدیل کرد؟ «چگونه می‌توان تبدیل کرد؟»

پاسخ: اصولاً هر نوع انرژی را می‌توان به نوع دیگر تبدیل کرد ولی گاهی این امر به‌طور مستقیم مشکل است و باید از تبدیلهای واسطه کمک گرفت. در مورد این مثال خاص تبدیل انرژی صوتی که از نوع مکانیکی است به روشهای مختلف به انرژی حرارتی و الکتریکی امکان‌پذیر است و تبدیل این انرژیها هم به انرژی نورانی در اکثر چشمه‌های نورانی انجام می‌گیرد.

شاید یک مثال بهتر، لیزرهای دینامیک گازی باشد.

در این لیزرها با ایجاد امواج فراصوتی اتمهای گاز را به حالت تحریک می‌برند و بعد عمل لیزر با کمک این اتمهای تحریک شده انجام می‌گیرد و نور لیزر ساطع می‌شود.

پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران
همدان، ۱۲ تا ۱۴ تیر ماه ۱۳۷۵

پاسخ به برخی از پرسشهای پراکنده دبیران

فیزیک جدید/ هسته‌ای

دکتر منیژه رهبر، دانشگاه تهران

۱ ــ نیمه عمرهای بلند مانند نیمه‌عمر اورانیم چگونه اندازه‌گیری می‌شود؟

پاسخ : می‌دانیم که با توجه به رابطهٔ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ در مورد تعداد هسته‌های رادیواکتیو در زمان t در هر نمونه می‌توان ثابت واپاشی یعنی λ را با توجه به تغییرات تعداد N و یا به صورت بهتر اکتیویتهٔ نمونه یعنی $A = \lambda N$ تعیین کرد. اگر بنویسیم

$$\lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \text{یا} \quad A = A_0 e^{-\lambda t}$$

و از طرفین رابطه لگاریتم بگیریم خواهیم داشت :

$$\text{Ln}A = \text{Ln}A_0 - \lambda t$$

اگر تغییرات اکتیویته برحسب زمان را روی کاغذ نیمه لگاریتمی (کاغذی که یک محور آن به صورت لگاریتمی و محور دیگر به صورت خطی مدرج شده است) رسم کنیم، نمودار خط راستی می‌شود که شیب آن λ است و نیمه عمر از رابطهٔ $T_{1/2} = \frac{0/693}{\lambda}$ به دست می‌آید. این روش برای هسته‌هایی به‌کار می‌رود که نیمه‌عمرشان درحدی است که اکتیویتهٔ آنها در مدت اندازه‌گیری تغییر قابل ملاحظه‌ای می‌کند. برای نمونه‌هایی با نیمه عمر بسیار کوتاه یا بسیار بلند این روش عملی نیست.

در این مورد از خاصیت تعادلی که در اورانیم و محصولات واپاشی آن به وجود می‌آید استفاده می‌شود. در یک زنجیرهٔ واپاشی مانند زنجیرهٔ واپاشی اورانیم که نیمه‌عمر عنصر $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow \ldots$ A (مادر) بسیار طولانی‌تر از محصولات واپاشی است. بین این عنصر و محصولات ناشی از واپاشی آن تعادل حاصل می‌شود یعنی $\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 = \ldots = \lambda_n N_n$ می‌شود. با استفاده از رابطه بالا و با تعیین λ برای یکی از محصولات واپاشی که نیمه‌عمر کوتاهی دارد و تعیین N مربوط به آن به روش شیمیایی و تعیین تعداد اتمهای اورانیم یعنی N_1 می‌توان λ_1 را با استفاده از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_n N_n \qquad \lambda_1 = \frac{\lambda_n N_n}{N_1}$$

و از رابطهٔ $T_{1/2} = \frac{0/693}{\lambda_1}$ نیمه‌عمر را به دست آورد.

۲ ــ آیا می‌توان به طور مستقل عمر یک ذره را دقیقاً تعیین کرد؟ چگونه؟ (با توجه به این که کوتاهترین عمر یک ذره 10^{-23} است؟)

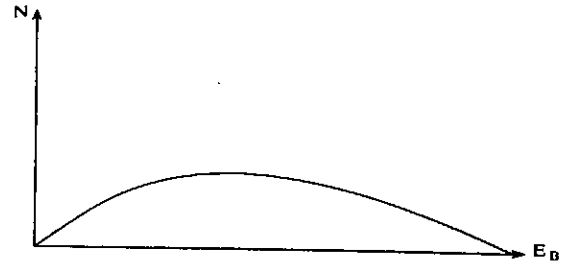
پاسخ : عمر یک عده ذره به تنهایی را نمی‌توان تعیین کرد زیرا زمان واپاشی یک ذره دقیقاً معین نیست و آنچه عملاً اندازه‌گیری می‌شود میانگین عمر تعداد زیادی ذره است. اما در جدول ذرات بنیادی ذراتی را مشاهده می‌کنیم که عمر آن 10^{-24} ثانیه ذکر شده است. این ذرات حتی در آشکارسازهایی مانند اتاقک حباب، ردّی از خود به جا نمی‌گذارند. پس چگونه می‌توان آنها را به عنوان یک ذره مستقل شناسایی و طول عمر آنها را تعیین کرد؟ پاسخ این سؤال را می‌توان با توجه به واکنش زیر داد :

$$A + B \rightarrow C \rightarrow D + E$$

در اینجا ذره C حالت واسطه‌ای است که تعیین عمر آن مورد نظر است. آنچه در عمل قابل مشاهده است ذرات خروجی ناشی از

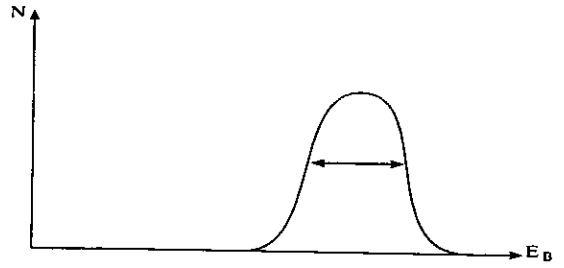
واپاشی است و خود ذرهٔ C در عمل مشاهده نمی‌شود. در این مورد می‌توان از روی توزیع T_B ذرهٔ خروجی B پی‌برد که آیا حالت واسطه‌ای وجود دارد یا نه. در موردی که واکنش به صورت مستقیم $A+B \rightarrow D+E$ باشد، توزیع E_B به‌صورت زیر خواهد بود:

$A+B \rightarrow D+E$



و در مورد اول توزیع به صورت زیر است:

$A+B \rightarrow C \rightarrow D+E$



در این حالت یک قلهٔ تشدیدی مشاهده می‌شود که انرژی مربوط به آن جرم ذره C و عرض در نیمه ارتفاع قله Γ را می‌دهد و می‌توان از رابطه

$$\Gamma.\tau \approx h$$

$$\tau \approx \frac{h}{\Gamma}$$

عمر ذره C را تعیین کرد.

Γ می‌تواند از حدود ۱۰۰MeV باشد و $h \approx 10^{-22}$ MeV.s است. از اینجا $\tau = \frac{10^{-22}}{100} = 10^{-24}$ s به دست می‌آید.

۳ ــ در حالی که هنوز امکان واپاشی پروتون به اثبات نرسیده چگونه زمان واپاشی آن ۱۰ به توان ۴۰ ثانیه تعیین شده است؟

پاسخ: آنچه در مورد امکان واپاشی پروتون به دست آمده با توجه به مدل استاندارد است که نیروهای الکترومغناطیسی، ضعیف و قوی را وحدت می‌بخشد و واپاشی پروتون را پیش‌بینی می‌کند. ولی با توجه به طول عمر زیاد پروتون امکان مشاهدهٔ واپاشی در عمل بسیار دشوار است. چون طول عمر زیاد مقدار λ را بسیار کوچک می‌کند و مشاهده واپاشی در عمل بجز در مواردی که تعداد زیادی پروتون وجود داشته باشد امکانپذیر نیست. آزمایشگران زیادی برای مشاهده واپاشی پروتون آشکارسازهایی را در مخازن بزرگ آب (که حاوی تعداد زیادی پروتون است) در مکانهایی که شمارش زمینه ضعیف است مانند معادن زیرزمینی و یا در تونلها قرار داده‌اند و تاکنون چند مورد دارای دقت آماری کافی نیست که انجام عمل را اثبات کند و باید واپاشیهای بیشتری گزارش شود تا نتیجه‌گیری قطعی ممکن شود.

۴ ــ قطر اتم هیدروژن را چگونه اندازه می‌گیرند؟

پاسخ: قطر اتم کمیتی دقیقاً تعریف شده نیست. اتم را نمی‌توان به صورت کرهٔ جامد با مرز مشخص تصور کرد. ولی می‌توان با یک تعریف، مقصود از شعاع اتم را مشخص کرد. مثلاً، می‌توان شعاع اتم را به صورت مقدار متوسط شعاع حالتهای الکترونی مختلف اتم تعریف کرد. اما اندازه‌گیری چنین شعاعی فوق‌العاده مشکل است و به همین دلیل از تعاریفی عملی‌تر، مانند فاصلهٔ اتمها در یک ترکیب یونی از اتمهای موردنظر، استفاده می‌شود. البته این تعریف نیز مشکلاتی دارد، وقتی اتم مورد نظر را در ترکیبهای مختلف یا در حالتهای ظرفیتی مختلف درنظر می‌گیریم، شعاعهای متفاوتی برای آن به دست می‌آوریم.

البته روش معمول تعیین اندازه و شکل هر جسم، بررسی تابش پراکنده از آن جسم است و این همان کاری است که در نگاه کردن به یک جسم یا عکسبرداری از آن جسم انجام می‌دهیم. برای اینکه بتوانیم جسم و جزئیات آن را ببینیم باید طول موج تابش مورد استفاده از ابعاد جسم کوچکتر باشد. چه در غیر این صورت اثرات پراش تمام یا بخشی از تصویر جسم را محو خواهد کرد. تابش مورد نیاز برای اتم با ابعاد حدود 10^{-10} m باید دارای طول موج کوتاهتر از 10^{-10} m باشد. برای این منظور باید از الکترون استفاده کرد به این صورت که با شتاب دادن الکترون تا انرژی مورد نظر تصویری از جسم به دست آورد.

امروزه با استفاده از میکروسکوپ الکترونی می‌توان تصاویر روشنی از اتمهای یک جسم به دست آورد و با توجه به مشخصات میکروسکوپ ابعاد را به آسانی تعیین کرد. در این میکروسکوپ از امواج الکترونی برای تشکیل تصویر بزرگ شده‌ای از جسم استفاده می‌کنند. همان‌طور که در میکروسکوپ معمولی از نور مرئی استفاده می‌شود. بزرگنمایی قابل حصول در میکروسکوپهای معمولی را طول موج نور محدود می‌کند. امواج الکترونی که در میکروسکوپهای الکترونی مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای طول موج ۰/۰۵nm اند که در حدود ۱۰۰۰۰ بار کوچکتر از طول موج نور است، پس احتمال پراش این امواج بسیار کمتر است.

مهمترین جزء اپتیکی در میکروسکوپ الکترونی تراگسیلی مانند میکروسکوپهای معمولی است. یعنی یک عدسی شیئی و یک عدسی چشمی. البته این عدسیها از شیشه ساخته نشده‌اند، بلکه عدسیهای مغناطیسی هستند که امواج الکترونی را منحرف می‌کنند. درست همانطور

که عدسیهای شیشه‌ای نور مرئی را منحرف می‌کنند. الکترونهای خروجی از عدسی چشمی به یک صفحهٔ فلوئورسان برخورد می‌کند و تصویر شئی موردنظر روی آن صفحه تشکیل می‌شود.

۵ ــ چگونه جرم یک الکترون اندازه‌گیری می‌شود؟

پاسخ : برای اندازه‌گیری جرم یک الکترون می‌توان باریکه‌ای از الکترونها را از میدانهای الکتریکی و مغناطیسی عبور داد.

این میدانهای الکتریکی و مغناطیسی برهم عمودند. میدان E به الکترون نیروی eE وارد می‌کند و می‌خواهد آن را به طرف بالا منحرف کند. اما میدان B نیروی رویه‌پایین evB را بر الکترون وارد می‌کند. اگر این دو نیرو اثر هم را خنثی کنند الکترون منحرف نخواهد شد و از شکافی که در مقابلش قرار دارد خارج می‌شود. در این صورت داریم :

$$eE = evB \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

سپس الکترون را از یک میدان مغناطیسی یکنواخت عبور می‌دهیم که مسیر الکترون را به صورت دایره‌ای به شعاع r در می‌آوریم که بزرگی آن به تکانهٔ ذرات بستگی دارد.

$$evB = m\frac{v^2}{r}$$

$$mv = eBr$$

$$r = \frac{mv}{eB}$$

$$m = \frac{erB^2}{E}$$

با اندازه‌گیری شعاع و معلوم بودن e ، B و E تعداد m را می‌توان تعیین کرد. در میدان مغناطیسی مورد استفاده در آزمایش دارای شدت برابرند.

۶ ــ مدتی پیش ساعتهای اتمی را برای یک ثانیه متوقف کردند. چرا؟

پاسخ : فکر می‌کنم سؤال درست نیست و ساعت اتمی را متوقف نکردند، بلکه استاندارد زمانی بر مبنای حرکت وضعی زمین را یک ثانیه عقب کشیدند.

برای اندازه‌گیری زمان می‌توان از هر پدیده‌ای که تکرار می‌شود به عنوان معیار زمان سنجی استفاده کرد و اندازه‌گیری شامل شمارش تعداد تکرارها خواهد بود. می‌توان از نوسان آونگ، وزنه و فنر، و یا بلور کوارتز استفاده کرد. برای مدت زیادی گردش زمین به دور محور خود طول شبانه‌روز را تعیین می‌کرده و برای قرنها به عنوان استاندارد زمان به کار رفته است. ثانیه که بر این اساس تعریف شده است $\frac{1}{86400}$ طول شبانه‌روز است.

اما گردش زمین به دور محور خود استاندارد مناسبی برای استفاده علمی امروزه نیست. زیرا زمان این گردش ثابت نیست و بر اثر حرکتهای کشندی تغییر می‌کند و به تدریج کند می‌شود. البته میزان تغییر بسیار اندک و در حدود 8μs در سال است که البته همین تغییر اندک نیز آن را به عنوان استاندارد نامناسب می‌سازد. با توجه به این نکته استاندارد جدیدی برای زمان به صورت زیر تعریف شد. یک ثانیه زمان ۹,۱۹۲,۶۳۱,۷۷۰ نوسان تابشی (با طول موج معین) است که از اتم سزیوم گسیل می‌شود.

دقت ساعتهای سزیوم برابر ۱ ثانیه در ۳۰۰,۰۰۰ سال است در ساعتهایی که از میزر هیدروژن استفاده شده است دقت به تعداد باورنکردنی ۱ ثانیه در ۳۰,۰۰۰,۰۰۰ سال رسیده است و این دقت با استفاده از استانداردهای بهتر می‌تواند بهبود بیشتری نیز بیابد.

بنابراین آنچه در واقع صورت گرفته است تغییر زمان‌سنج بر مبنای حرکت زمین در مقایسه با زمان‌سنج بر مبنای اتم سزیوم است و زمان‌سنج بر مبنای حرکت زمین از زمان‌سنج اتمی عقب می‌افتد.

۷ ــ در کتب درسی سال اول خطای ساعت اتمی یک ثانیه در سه‌هزار سال ذکر شده است. در صورتی که در سخنرانی (مشهد ــ اسفند ۱۳۷۳) یک ثانیه در ۳۰۰ سال ذکر شد. کدام صحیح است؟

پاسخ : دقت اندازه‌گیری زمان با استفاده از پدیده‌های دقیقتر به عنوان معیار سنجش زمان از هنگامی که کریستیان هویگنس در سال ۱۶۵۶ میلادی از ساعتهای آونگی استفاده کرد تا امروز بهبود قابل ملاحظه‌ای یافته است. در زمان هویگنس دقت در اندازه‌گیری ۱ ثانیه در ۳ ساعت بود. با اختراع ساعتهای کوارتزی این دقت به حدود ۱ ثانیه در سال رسید. ساعتهای اتمی اولیه دارای دقت ۱ ثانیه در ۳۰۰ سال بودند و بهبود این ساعتها دقت را به ۱ ثانیه در ۳۰۰,۰۰۰ سال رسانده است. در ساعتهایی که در آنها از میزرهیدروژن استفاده شده است دارای دقت باورنکردنی ۱ ثانیه در ۳۰,۰۰۰,۰۰۰ سال هستند.

۸ ــ انرژی بستگی چیست و درچه صورتی قابل ملاحظه‌است؟

پاسخ : ساختار ماده را هرچه ژرفتر درنظر بگیریم، انرژی بستگی سیستم نیز در مقایسه با انرژی سکون بیشتر می‌شود. مثلاً انرژی بستگی اتمی هیدروژن 13/6 eV و نسبت به جرم سکون آن فقط $1/4\times10^{-8}$ است. در حالی که ساده‌ترین هسته یعنی دوتریم دارای انرژی بستگی 2/2 MeV است که نسبت به جرم سکون آن $1/2\times10^{-3}$ می‌شود انرژی بستگی دوتریم نسبتاً کم است و در مقایسه با هسته‌های دیگر کوچک است. نسبت انرژی بستگی به انرژی سکون هسته‌های معمولی به حدود 8×10^{-3} می‌رسد. در بررسی باز هم ژرفتر از ساختار ماده، با سه نوع کوارک سنگین که سازندهٔ نوکلئونها هستند روبه‌رو می‌شویم. جرم کوارکها معلوم نیست اما امکان دارد که از $100\,GeV/c^2$ هم بزرگتر باشد. در

این صورت، نسبت انرژی بستگی کوارکها به جرم کل آنها در هر نوکلئون کسری بزرگتر از ۰/۹۹ خواهد بود. یعنی از ترکیب سه کوارک که انرژی سکون کل آنها در حدود ۳۰۰ GeV است، نوکلئونی با انرژی سکون حدود ۱ GeV پدید می‌آید!

۹ ــ چرا الکترون نمی‌تواند به عنوان اجزاء هسته محسوب شود؟

پاسخ : دلیل دیگری که وجود الکترون در هسته را ناممکن می‌سازد عبارت است از :

ــ اگر تعداد A پروتون و (A-Z) الکترون در هسته وجود داشته باشد، تکانه زاویه‌ای ذاتی (یا اسپین) کل در هسته‌هایی که A-Z در آنها فرد است با مقادیر حاصل از مشاهده سازگار نیست. اگر هسته دوتریم را درنظر بگیریم. (با A = ۲ و Z = ۱) که طبق فرضیهٔ وجود الکترون در هسته باید دارای دو پروتون و یک الکترون باشد باید دارای سه ذره با اسپین $\frac{۱}{۲}$ باشد که قاعدهٔ جمع اسپینها در مکانیک کوانتومی تعداد اسپین آن را $\frac{۳}{۲}$ یا $\frac{۱}{۲}$ می‌دهد. ولی اسپین اندازه‌گیری شده دوتریم برابر ۱ است.

ــ گشتاور دوقطبی مغناطیسی هسته‌هایی که الکترونهای تزویج نشده دارند باید خیلی بزرگتر از مقداری باشد که در عمل مشاهده می‌شود. مثلاً اگر در هسته دوتریم یک الکترون منفی وجود داشته باشد. باید گشتاور دوقطبی مغناطیسی آن در حدود گشتاور مغناطیسی الکترون باشد اما گشتاور مغناطیسی اندازه‌گیری شده $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ گشتاور مغناطیسی الکترون است.

نور هندسی

پ ــ دکتر سعدالله نصیری قیداری

دانشگاه زنجان

۱ ــ آیا ماه‌گرفتگی جزئی نیز پیش می‌آید؟ چرا موفق به دیدار قسمت دیگر کره ماه نمی‌شویم؟

پاسخ : بلی گرفتگی جزئی ماه اتفاق می‌افتد و آن هنگامی است که قسمتی از ماه در سایه زمین قرار گیرد. البته در این صورت قسمت روشن ماه در نیمسایه است و درخشندگی عادی خود را نخواهد داشت.

اینکه به رؤیت قسمت دیگر کره ماه موفق نمی‌شویم به دلیل برابر بودن زمان چرخش به دور خود و گردش بدور زمین است که با یک آزمایش ساده قابل درک خواهد بود.

مکانیک کوانتومی

ت ــ دکتر شاهین روحانی

دانشگاه صنعتی شریف

۱ــ آمار کوانتومی و جایگاه آن در مقیاسهای میکروسکوپیک و ماکروسکوپیک را توضیح دهید.

پاسخ : این سؤال جواب پیچیده و طولانی دارد شرح دقیق در کتابی مانند

Statistical Meclamics, Kerson Huang, Joh Wihy 1987.

اجمالاً آمار کوانتومی به خصوصیات اسپینی ذرات بستگی دارد مانند فرمیونها که از آمار دیراک ــ فرمی تبعیت می‌کنند و بوزونها که از آمار انیشتین ــ بوز خصوصیات بارز ماکروسکوپی نیز این تفاوت ظاهر می‌شود مانند ابررسانایی و ابرشارگی.

ازاجمالی‌بودن جواب شرمنده هستم. انشاءالله که مفید واقع شود.

ترمودینامیک

منصور وصالی

دانشگاه صنعتی شریف (دانشجوی دکتری فیزیک)

۱ ــ آیا انرژی درونی جسم (مثلاً جامد) بدون تغییر حالت در تمام دماها ثابت است؟

پاسخ : انرژی درونی مجموع انرژیهای (جنبشی و پتانسیل) تمامی ذرات تشکیل‌دهندهٔ جسم است. بنابراین، تا زمانی که جسم با محیط تبادل انرژی نکند، این انرژی تغییر نمی‌کند. حال به هر طریقی به جسم انرژی داده شود (و یا از آن انرژی گرفته شود)، بنابه قانون بقاء انرژی، انرژی درونی آن تغییر می‌کند. این تغییر لزوماً به صورت تغییر دما نیست. مثلاً، هنگام ذوب یخ، انرژی داده شده به آن باعث افزایش دما نمی‌شود، بلکه حالت آن (تبدیل جامد به مایع) را تغییر می‌دهد. مثال دیگر، فرض کنید یک قطره جیوه به جرم M و شعاع R را به دو قطرهٔ مساوی (جرم $\frac{M}{۲}$ و شعاع $\frac{R}{\sqrt[۳]{۲}}$) تقسیم می‌کنیم. واضح است که برای این کار باید انرژی مصرف کنیم (کار انجام دهیم). در اینجا نه **تغییر حالت** (تبدیل جامد به مایع یا برعکس و ...) انجام می‌گیرد و نه **دمای جیوه** تغییر می‌کند. اما با توجه به اینکه سطح قطره‌های جیوه از قطرهٔ قبلی بیشتر می‌شود (به نسبت $\frac{۲}{\sqrt[۳]{۲}}$) بنابراین، انرژی سطحی جسم افزایش یافته است، یعنی انرژی درونی افزایش یافته است.

امیدوارم، مثال اخیر پاسخ مناسب پرسش بوده باشد.

تمرین: نسبت فوق الذکر ($\frac{۲}{\sqrt[۳]{۲}}$) را به دست آورید.

۲ ــ آیا انرژی متوسط جنبشی مولکولی اجسام با دمای آن متناسب است یا با انرژی درونی (متوسط مولکولی) ؟

پاسخ : دما یک مفهوم ماکروسکوپیکی است. یعنی کمیتی است قابل اندازه‌گیری که ویژگی توده‌وار جسم را بیان می‌کند، و به ساختار جسم (این که از چه چیزی تشکیل یافته است) کاری ندارد. انرژی متوسط

جنبشی مولکولی جسم توصیف میکروسکوپی دماست. به عبارت دیگر، آنچه ما به عنوان دما (درجه گرمی و سردی اجسام) نام می‌بریم، ناشی از حرکت نامنظم مولکولهاست، که انرژی متوسط جنبشی آنها میزانی است برای این بی‌نظمی. بنابراین، دما و انرژی متوسط جنبشی مولکولها دو توصیف متفاوت (ماکروسکوپی و میکروسکوپی) برای یک پدیده است با حرکت بی‌نظم مولکولها. انرژی درونی نیز، همان‌طور که در سؤال ۱ اشاره شد، مجموع انرژیهای ذرات سازندهٔ جسم است که شامل انرژی جنبشی نیز می‌شود.

۳ ــ برای انتقال مایعات وگازها از لوله‌های خمیده در بین مسیر استفاده می‌شود. علت را توضیح دهید.

پاسخ : دو دلیل می‌توان برای آن آورد :

الف ــ در مواردی شاره‌ای که وارد لوله می‌شود داغ است. خمیده بودن لوله‌ها با طولانی کردن مسیر امکان خنک شدن شاره را فراهم می‌کند.

ب ــ دلیل دیگر، مربوط می‌شود به انبساط لوله‌ها در اثر افزایش دما که خمیده بودن جا برای انبساط لوله‌ها به وجود می‌آورد.

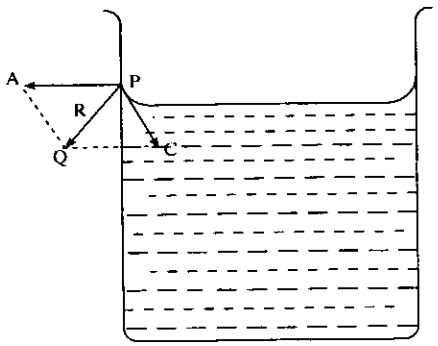
هیدروستاتیک

حسین تولا
باشگاه دانش‌پژوهان جوان

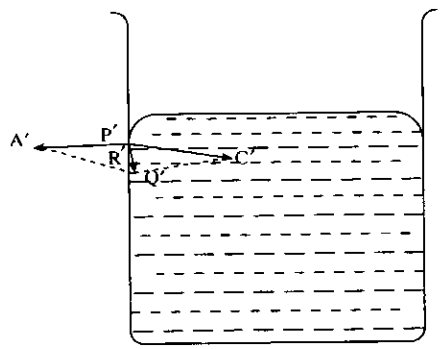
۱ ــ انحناء سطح مایعات را توضیح دهید.

پاسخ : اغلب مشاهده می‌شود که سطح مایع هنگامی که سطح مشترکی که با گازها و جامدات تشکیل می‌دهد دارای خمیدگی است. دراثر نیروهای چسبندگی و چسبندگی سطحی که در این فصل مشترک به مایع وارد می‌شود، سطح ممکن است به صورت محدب یا مقعر درآید. در فصل مشترک بین آب و شیشه معمولاً شکل سطح مایع مقعر است. این موضوع در شکل روبرو نشان داده شده است. مولکولی که در نقطهٔ تماس آب و شیشه قرار دارد تحت اثر نیروی چسبندگی قرار دارد این نیرو از طرف مولکولهای آب به آن وارد می‌شود و در راستای PC می‌باشد. علاوه بر این نیروی چسبندگی سطحی از طرف شیشه به آن وارد می‌شود که در راستای PA است. در اینجا نیروی چسبندگی سطحی که از طرف شیشه به مولکول وارد می‌شود بیش از نیروی چسبندگی است. برآیند این نیروها در راستای PQ به مولکول اثر می‌کند. این نیروها و برآیندشان در شکل نشان داده شده است. در حالت تعادل سطح مایع به شکلی درمی‌آید که در آن برآیند نیروهای وارد بر سطح بر آن عمود باشد. در موردی که به آن اشاره شد سطح مایع به صورت مقعر درمی‌آید.

در مورد سطح مشترک بین جیوه و شیشه همانگونه که درشکل نشان داده شده است وضعیت متفاوتی وجود دارد. مولکولهایی که درمحل فصل مشترک قرار دارند تحت اثر نیروهای چسبندگی و چسبندگی سطحی قرار دارند که در راستاهای PC و PA نشان داده شده‌اند. نیروی چسبندگی مولکولهای جیوه از نیروی چسبندگی سطحی بین جیوه و شیشه قوی‌تر است. در اینجا نیروی برآیند در راستای PQ است. چون سطح در محل فصل مشترک باید بر PQ عمود باشد، لذا سطح جیوه به شکل محدب درمی‌آید.



الف



ب

فشار اضافی:

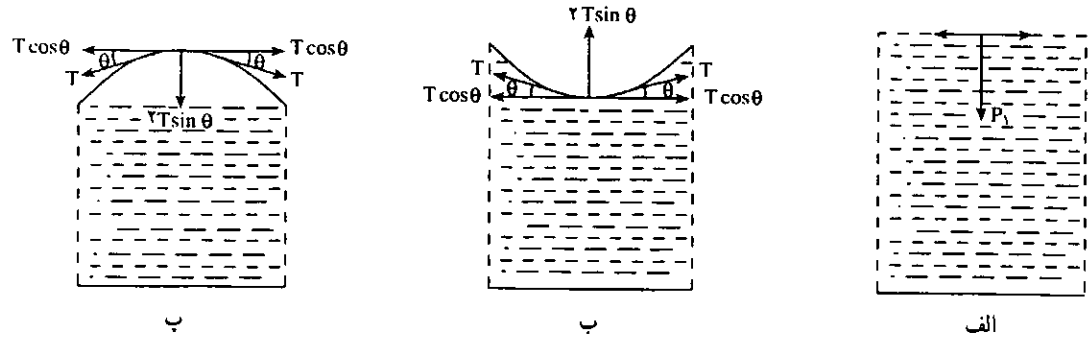
به مولکولهایی که روی سطح مایع قرار دارند در اثر وجود نیروی چسبندگی نیرویی رو به داخل مایع وارد می‌شود. نیرویی که در واحد سطح در اثر چسبندگی به سطح مایع وارد می‌شود فشار چسبندگی خوانده می‌شود. به مولکولی که روی یک سطح کاملاً صاف قرار گرفته هیچ برآیند نیرویی که ناشی از کشش سطحی باشد وارد نمی‌شود. با این‌حال به این مولکول نیرویی رو به‌پایین وارد می‌شود. فشار چسبندگی برای سطح چنین مایعی مقدار خاص P_1 است. (شکل الف در صفحه بعد)

هنگامی که سطح مایع رو به بالا تقعر داشته باشد نیروی کشش سطحی در پایین‌ترین نقطه بر سطح مایع مماس است. اگر این نیروها با راستای افق زاویه بسازند مؤلفه‌های افقی آنها یکدیگر را خنثی کرده $(T\cos\theta)$ و مؤلفه های قائم آنها $(T\sin\theta)$ با هم جمع می‌شود.

در نتیجه به مولکول نیرویی رو به بالا وارد می‌شود و فشار چسبندگی

در داخل مایع کم می‌شود. از آنجایی که مایع در حال تعادل قرار دارد فشار بالای سطح محدب از فشار پایین سطح محدب بیشتر است، اختلاف فشار بین این دو ناحیه «**فشار اضافی**» خوانده می شود.

در مورد سطوح محدب همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود برآیند نیروی کشش سطحی رو به داخل مایع است درنتیجه فشار در داخل مایع بیش از فشار خارج آن است.

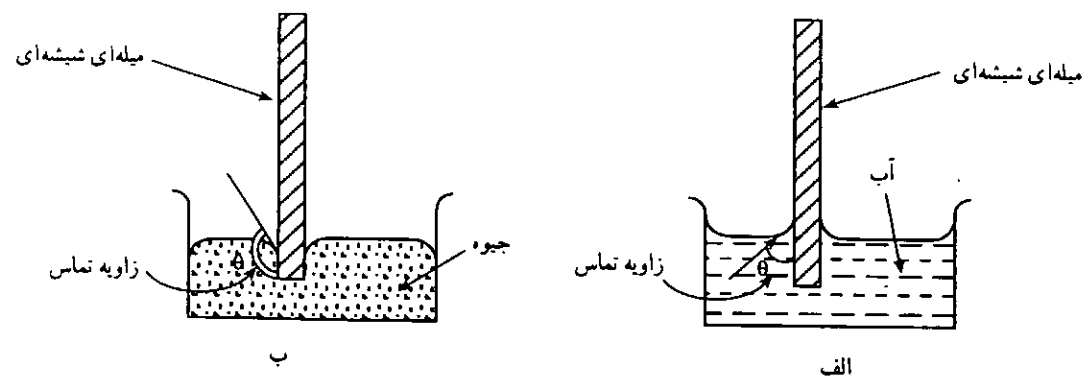


زاویه تماس:

همانگونه که اشاره شد چسبندگی بین آب و شیشه بیش از نیروی چسبندگی بین مولکولهای آب است ولی نیروی پیوستگی بین مولکولهای جیوه از نیروی چسبندگی بین مولکولهای جیوه و شیشه بیشتر است. به همین دلیل هنگامی که یک لوله شیشه‌ای را وارد آب می‌کنیم، سطح آب در اطراف لوله شیشه‌ای به بالا کشیده می‌شود. اما اگر همین لوله را وارد جیوه کنیم سطح جیوه در اطراف آن اندکی به سمت پایین فشرده می‌شود. زاویه‌ای که خط مماس بر سطح مایع در نقطهٔ تماس با سطح جامد در داخل مایع می‌سازد زاویهٔ تماس برای سطح مشترک مایع ـ جامد خوانده می شود. بویژه در مورد سطح مشترک آب ـ شیشه زاویهٔ تماس زاویهٔ کاملاً معینی است. اما در مورد سطح مشترک شیشه ـ جیوه سطح زاویهٔ تماس تاحدی متغیر است. زاویهٔ تماس برای فصل مشترک برخی از جامدات و مایعات در جدول زیر داده شده است.

زاویه تماس برای برخی سطح‌های مشترک مایع ـ جامد

سطح مشترک	زاویهٔ تماس
آب ـ شیشه تمیز	۰°
الکل اتیل ـ شیشه	۰°
جیوه ـ شیشه	۱۴۰°
آب ـ نقره	۹۰°
پارافین ـ آب	۱۰۷°
یدید متیلن ـ شیشه پیرکس	۳۰°
ـ کوارتز مذاب	۳۳°
ـ شیشه سربی	۳۰°
ـ شیشه آهک سُده	۲۹°
برمو نفتالین ـ شیشه آهک سُده	۵°
$(C_{10}H_7Br)$ ـ شیشه سربی	۲۰°,۳۰′
ـ پیرکس	۲۰°,۳۰′
ـ کوارتز مذاب	۲۱°

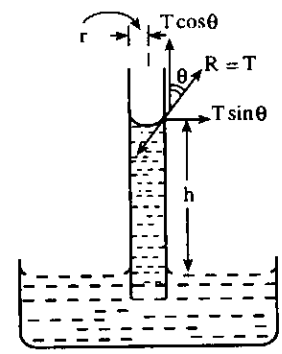


۲ ـ مویینگی را توضیح دهید

پاسخ در بخشهای قبل گفته شد که در ناحیه فصل مشترک جامد ـ مایع فشاری اضافی در جهت تقعر سطح وجود دارد. به همین دلیل هنگامی که یک لولهٔ مویین دو سر باز را وارد آب می‌کنیم فشار اضافی

روبه‌تقعر سطح مایع را در لوله به بالا می‌راند تا جایی که فشار اضافی با فشار هیدرواستاتیکی ناشی از ارتفاع ستون مایع در لوله به تعادل برسد. بالا رفتن مایع درلولهٔ مویین که در طی این روند رخ می‌دهد خاصیت «موئینگی» نامیده می‌شود.

در شکل زیر مشاهده می‌شود که آب در لوله مویین به شعاع r تا ارتفاع h بالا رفته است. نیروی کشش سطحی را در شکل با T و زاویهٔ تماس آب با شیشه را با θ نشان داده‌ایم. نیروی کشش سطحی در هر نقطه از منحنی تماس به سمت داخل است و مولکولهای شیشه را به سمت داخل می‌کشد. مولکولهای شیشه در اینجا نیروی عکس العملی برابر با T به آب وارد می‌کند (R = T) . در هر نقطه این نیرو به دو مؤلفه تجزیه می‌شود. مؤلفه $T\sin\theta$ در راستای افقی عمل می‌کند، روی پیرامون منحنی تماس، هر مؤلفه از این‌نیرو توسط نیروی مشابه و مخالف آن که در سمت مقابل وارد می‌شود خنثی می‌شود. تنها مؤلفهٔ باقیمانده، مؤلفهٔ $T\cos\theta$ است که رو به بالا عمل می‌کند.



با درنظر گرفتن همهٔ منحنی تماس نیرویی که به سمت بالا وارد می‌شود عبارت است از :

$$(2\pi r)T\cos\theta$$

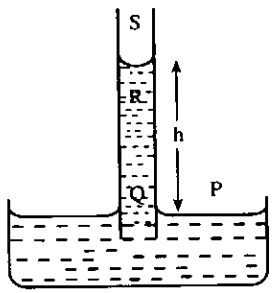
این نیرو با نیروی رو به پایین $\pi r^2 h\rho g$ که از وزن ستون مایع ناشی می‌شود برابر است. در اینجا r شعاع لوله، h ارتفاع ستون مایع، ρ جرم حجمی مایع و g شتاب جاذبه است. لذا داریم :

$$(2\pi r)T\cos\theta = (\pi r^2 h)\rho g \qquad (1)$$

$$T = \frac{\rho rhg}{2} \qquad (2)$$

در رابطهٔ اخیر برای فصل مشترک آب و شیشه زاویه θ را تقریباً صفر اختیار کرده‌ایم. براساس این روش با اندازه‌گیری شعاع r لولهٔ مویین وارتفاع h ستون مایع کشش سطحی هر مایعی را که سطح شیشه را تر می‌کند می‌توان اندازه گرفت. رابطهٔ (۲) را می‌توان از طریق روابط مربوط به فشار نیز بدست آورد.

همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود فرض کنید نقطهٔ P دقیقاً روی سطح مایع قرار دارد. چون سطح در تماس با هوا است فشار نقطهٔ P فشار اتمسفر است و آن را با P_a نشان می‌دهیم. نقطهٔ Q در داخل مایع و در داخل لولهٔ مویین نسبت به نقطهٔ P در یک ارتفاع قرار دارد. نقطه R نیز نقطه‌ای است که درست در زیر منحنی تماس سطح مایع با لوله مویین قرار گرفته و نقطهٔ S نقطه‌ای در هوا و بیرون مایع و دقیقاً روی سطح آن است.



فشار در نقطه S همان فشار اتمسفر است و مساوی P_a است.

چون سطح مایع دارای تقعر است فشار در نقطهٔ S به میزان $\frac{2T}{r}$ بیش از P_a است، در این رابطه T کشش سطحی و R شعاع لوله مویین است. پس می‌توان نوشت :

$$P_R = P_a - \frac{2T}{r} \qquad (3)$$

اگر r را ارتفاع مایع در لوله مویین فرض کنیم و ρ را چگالی مایع و g را شتاب جاذبه بگیریم آنگاه می‌توان فشار در نقطه Q یا همان P_a را می‌توان مجموع فشار P_R در نقطهٔ R و فشار ناشی از ستون مایع درنظر گرفت. لذا می‌توان نوشت :

$$P_a = P_R + \rho gh = P_a - \frac{2T}{r} + \rho gh$$

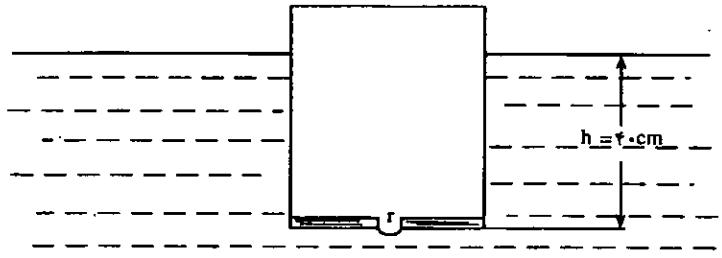
فشار در نقطهٔ Q همان فشار اتمسفر است لذا داریم :

$$P_a = P_a - \frac{2T}{r} + \rho gh$$

$$\frac{2T}{r} = \rho gh$$

$$T = \frac{\rho ghr}{2}$$

۳ ــ در کف یک ظرف خالی مسدود سوراخی وجود دارد. این ظرف را می‌توان بدون اینکه آب وارد آن شود تا عمق ۴۰ cm در آب فرو برد. اگر کشش سطحی آب $۷۳\times۱۰^{-۳}\ Nm^{-۱}$ باشد، قطر



سوراخ کف ظرف را بدست آورید.

پاسخ: اگر چگالی مایع ρ باشد، فشار در عمق h زیر سطح مایع ρgh خواهد بود، هنگامی که ظرف را در آب فرو می‌کنیم، آب می‌خواهد که از این سوراخ با فشار ρgh وارد ظرف شود. در داخل ظرف فشار اضافی به میزان $\frac{۲T}{r}$ وجود دارد، این فشار اضافی از کشش سطحی نتیجه می‌شود. هنگامی آب می‌تواند به ظرف وارد شود که فشار در عمق مایع با این فشار برابری کند.

$$\frac{۲T}{r} = \rho gh$$

$$r = \frac{۲T}{\rho gh}$$

$$r = \frac{۲ \times ۷۳ \times ۱۰^{-۳}\,Nm^{-۱}}{۰/۴m \times ۱۰^{۳}\,kg.m^{-۳} \times ۹/۸m.s^{-۲}} = ۳/۷ \times ۱۰^{-۵}\,m$$

فیزیک جدید/هسته‌ای

اسماعیل حسنی آهنگر ــ آموزش و پرورش بابل

۱ ــ چرا الکترون نمی‌تواند بعنوان اجزای هسته محسوب شود؟

پاسخ: قبل از کشف نوترون درسال ۱۹۳۲ عقیده بر این بوده است که الکترونها و پروتونها هسته را تشکیل می‌دهند که بعنوان مثال هسته هلیم ($_{۲}^{۴}He$) شامل ۲ پروتون و ۲ الکترون می‌باشد و این فرضیه با گسیل الکترون از هسته‌ها (واپاشی β) تقویت می‌شد.

اگر الکترونی در یک هسته به ابعاد یک فرمی محبوس و جایگزیده شود باید طول موجی در همین ابعاد (۱فرمی) داشته باشد. به ازاء این طول موج می‌توان حداقل انرژی جنبشی لازم الکترون را محاسبه کرد.

$$\lambda = ۱fm = ۱ \times ۱۰^{-۱۵}\,m$$

با داشتن h و λ ، $P = \frac{h}{\lambda}$

$$\Rightarrow P = ۶/۶۲۶۱۷۶ \times ۱۰^{-۱۹}\,kg.m/s \quad , \quad E = \sqrt{E_{۰}^{۲} + (PC)^{۲}}$$

با داشتن جرم در حال سکون الکترون و سرعت نور انرژی الکترون برابر خواهد شد با :

$$E \equiv ۱/۲۳GeV$$

$$E_H = E - E_{۰} = ۱/۲۳ - ۰/۰۰۰۵۱ \rightarrow E_H \equiv ۱/۲۲۹GeV$$

بنابراین همانطور که محاسبه نشان می‌دهد باید الکترونی حداقل با انرژی جنبشی ۱/۲۲۹GeV در هسته داشته باشیم اما الکترونی با این انرژی تنها در صورتی می‌تواند مقید و دارای انرژی کل منفی باشد که انرژی پتانسیل آن از ۱/۲۲۹− جیگا الکترون ولت کوچکتر باشد. بنابراین با شرط مقید بودن الکترون به هسته لازمه‌اش یک پتانسیل جاذبه‌ای حداقل برابربا پتانسیل فوق است که اگر فقط پتانسیل الکتریکی الکترون جایگزیده شده در یک هسته با عدد اتمی $Z = ۵۰$ و به ابعاد یک فرمی را درنظر بگیریم :

$$V = -k\frac{ze^{۲}}{r} \rightarrow V = \frac{-۹ \times ۱۰^{۹} \times ۵۰ \times (۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹})^{۲}}{۱ \times ۱۰^{-۱۵}} \rightarrow$$

$$V = -۰/۱GeV$$

محاسبات نشان می‌دهد که این پتانسیل فقط ۰/۱GeV− خواهد بود. (توضیح اینکه انرژی پتانسیل فوق با این فرض که پروتونها در یک نقطه باشند محاسبه شده است که در غیر اینصورت از مقدار فوق نیز کمتر خواهد شد.)

نتیجه می‌گیریم که نیروی الکتریکی نمی‌تواند الکترون را در داخل هسته نگه دارد پس باید یک نیروی بسیار قوی الکترونها را در قید پروتونها در هسته نگه دارد که تاکنون مشاهده نشده است.

مورد دیگری که با جایگزیده شدن الکترونها در هسته به ابعاد یک فرمی ناسازگاری دارد به کمک اصل عدم قطعیت هایزنبرگ قابل توجیه است بدین صورت که اگر الکترون در ناحیهٔ فضایی کوچکی بابعاد یک فرمی ($\Delta x \sim ۱۰^{-۱۵}\,m$) محبوس باشد باید گسترهٔ توزیع تکانه الکترون درحدود $\Delta P \simeq \frac{h}{\Delta x} \simeq \frac{۲۰۰MeV}{C}$ شود که تابحال در واپاشی بتازای هسته‌ها، الکترونی با این انرژی مشاهده نشده است و عموماً انرژیشان کمتر از ۱ MeV است.

۲ ــ انرژی بستگی چیست و در چه صورتی قابل ملاحظه است؟

پاسخ : هر سیستم دو ذره‌ای (یا چند ذره‌ای) که بوسیله یک نیروی جاذبه (نیروی گرانشی، کولنی و هسته‌ای) به هم مقید بوده و تشکیل یک دستگاه را می‌دهند با توجه به محاسبات زیر می‌توان نشان داد که جرم این سیستم از جرم درحال سکون اجزاء تشکیل دهنده آن کمتر است.

بعنوان مثال سیستمی که در آن دو ذره A و B به هم مقید بوده و تشکیل یک دستگاه را دهند. جهت تجزیه دستگاه به اجزای تشکیل‌دهنده آن باید به سیستم انرژی E_b داد تا آنها را از این قید آزاد کنیم. و چون انرژی لازم برای تجزیه دستگاه دقیقاً برابر انرژی بستگی دستگاه است E_b را انرژی بستگی نیز گویند.

با توجه به قانون بقاء جرم ـ انرژی می‌توان نوشت :

$$m_. + \frac{E_b}{c^2} = m_{.A} + m_{.B}$$

که در آن $m_.$ جرم سیستم مقید است.

اگر $E_b > 0 \rightarrow m_. < m_{.A} + m_{.B}$

در نتیجه جرم سکون دستگاه مقید از مجموع جرم در حال سکون اجزاء تشکیل دهنده آن کمتر است.

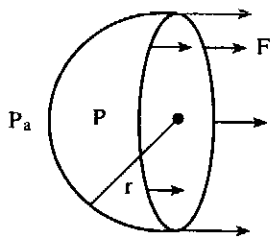
از اینکه انرژی بستگی در چه صورتی قابل ملاحظه است باید گفت از آن جهت که نیروی گرانشی و نیروی کولنی در مقایسه با نیروی هسته‌ای قوی خیلی ناچیز می‌باشند کاهش جرم دستگاه کوچک بوده و یا هم ارز آن انرژی بستگی دستگاه ناچیز می‌باشد. برای مثال انرژی بستگی کولنی اتم هیدروژن $13/58eV$ است که این کاهش جرمی برابر $\Delta m = 1/46\times10^{-8}u$ ایجاد می‌کند. و فقط در هسته‌ها که نیروی هسته‌ای قوی که موجب پیوند نوکلئونها به یکدیگر است (در حدود چند مگا الکترون ولت) قابل ملاحظه است.

۳ ــ جیوه در لوله‌های موئین تا چه ارتفاعی پایین می‌رود و این ارتفاع از ستون جیوه در لوله برابر با چیست؟

پاسخ: ابتدا یک قطرهٔ جیوه کروی شکل بشعاع r را درنظر گرفته و رابطه اختلاف فشار داخل و خارج قطره را با ضریب کشش سطحی جیوه بدست می‌آوریم.

با درنظر گرفتن نیمی از قطره و وارد کردن کشش سطحی نیمهٔ دیگر قطره به آن می‌توان نوشت :

ضریب کشش سطحی: γ $\quad F = \gamma.2\pi r$



نیروی مؤثری که به سبب اختلاف فشار به سطح کروی نیم‌قطره (بطرف چپ) وارد می‌شود برابر است با :

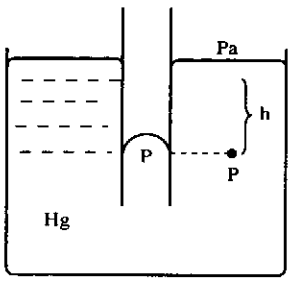
تصویر سطح نیمه قطره : πr^2 $\quad F = (P - P_a)\pi r^2$

با تساوی دو نیروی فوق در وضعیت تعادل داریم :

$$F = \gamma.2\pi r = (P - P_a)\pi r^2 \rightarrow P - P_a = \frac{2\gamma}{r} \qquad (1)$$

از طرفی در لوله موئین که حاوی جیوه است داریم :

$$P = P_a + \rho gh \rightarrow P - P_a = \rho gh \qquad (2)$$



که در آن ρ چگالی جیوه است.

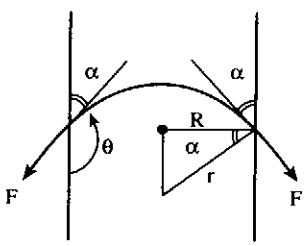
با تساوی دو رابطهٔ (۱) و (۲) داریم :

$$\rho gh = \frac{2\gamma}{\gamma} \rightarrow h = \frac{2\gamma}{\rho gr} \qquad (3)$$

r در اینجا شعاع کره‌ای است که سطح محدب جیوه قسمتی از آن است. که در اینجا θ زاویه اتصال است. $\cos\theta = \cos(180 - \alpha)$

$$\cos\alpha = \frac{R}{r} \rightarrow \frac{1}{r} = \frac{\cos\alpha}{R} \qquad (4)$$

$$\text{رابطه (۴)} \rightarrow \text{رابطه (۳)} \Rightarrow h = \frac{2\gamma\cos\alpha}{\rho gR}$$ R شعاع لوله موئین است



می‌توان نشان داد که جیوه به اندازه‌ای در لوله‌های موئین پایین خواهد رفت که وزن ستون جیوه به ارتفاع h با کشش سطحی جیوه برابر شود.

$$\rho gh = \frac{2\gamma\cos\alpha}{R} \rightarrow \rho gh.\pi R^2 = \frac{2\gamma\cos\alpha}{R}.\pi R^2$$

$$\Rightarrow W = \gamma.2\pi R\cos\alpha \rightarrow W = F$$

محاسبه عمق ظاهری در حالت کلّی

امیر توکلی
مرکز تحقیقات فیزیک نظری و ریاضیات
صندوق پستی ۵۵۳۱ ــ ۱۹۳۹۵
تهران

چکیده

در کتاب‌های فیزیک پایه، عمق ظاهری در نگاه قائم و رابطهٔ ریاضی آن بررسی شده است. در اینجا عمق ظاهری در نگاه مایل بررّسی می‌شود. معادلاتی برای جابجایی افقی و قائم تصویر جسم برحسب زوایای تابش و شکست بدست آمده است. به منظور حل این معادلات برحسب مختصات محل چشم از یک برنامه به زبان کوئیک بیسیک (QBASIC) و روشی بنام نیمسازی (BISECTION) استفاده شده است. در انتهاء در نمودارهایی ابتداء محل جسم و تصویر رسم شده است، سپس با تغییرات اندک در برنامه کامپیوتری تصویری که ناظر از عمق یک استخر می‌بینند، بدست آمده است.

۱ــ مقدمه

رابطه‌ای که در فیزیک پایه برای عمق ظاهری در دید قائم یاد می‌گیریم به‌صورت

$$d' = \frac{d}{n} \qquad (۱)$$

است، که در آن d و d' به‌ترتیب عمق حقیقی و عمق ظاهری هستند و n ضریب شکست مایع نسبت به هواست. همچنین در کتاب سال دوم نظام قدیم آموزشی عبارت زیر برای عمق ظاهری در حالت کلّی ارائه شده است:

$$d' = d\frac{tgi}{tgr}$$

این رابطه در حالت کلی صحیح نیست و تقریب خوبی برای زوایای کوچک است.

رابطه ۱ وقتی درست است که چشم و جسم در یک راستای قائم قرار داشته باشند. امّا اگر بطور مایل به جسم نگاه کنیم، چشم تصور می‌کند که نور از راستای BC می‌آید. برای اینکه بدانیم دقیقاًتصویر نقطهٔ A از دید ناظر کجاست (شکل ۱)، کافی است دو پرتو که از نقطهٔ A می‌آیند را درنظر بگیریم و محل تقاطع امتداد آنها را پس از شکست بدست آوریم.

به این منظور دو پرتو درنظر می‌گیریم (شکل ۲) که تحت زوایای i و $i-\epsilon$ از درون مایع بر سطح مشترک فرود می‌آیند و تحت زوایای r و $r-\delta$ می‌شکنند و به طرف چشم می‌روند. امتداد این دو پرتو در نقطهٔ P یکدیگر را قطع می‌کنند. برای تعیین مختصات نقطهٔ P، صفحه قائمی که ناظر و جسم در آن هستند را درنظر می‌گیریم. محور افقی را به موازات سطح آب در این صفحه و محور قائم را عمود بر محور افقی در محل جسم تعیین می‌کنیم در این دستگاه مختصات چشم (x, y) و هر دو مثبتند. مختصات تصویر (x_1, y_1) است. اندازه y_1 همان عمق ظاهری است.

۲ــ قانون شکست

میان زوایای i و r همچنین $i-\epsilon$ و $r-\delta$ روابط زیر برقرار است،

$$n\sin i = \sin r \qquad (۲)$$

$$n\sin(i-\epsilon) = \sin(r-\delta) \qquad (۳)$$

اگر هر دو پرتو بخواهند به چشم برسند باید ϵ و δ بسیار کوچک باشند، لذا داریم

$$\sin\epsilon \approx tg\,\epsilon \approx \epsilon, \qquad \cos\epsilon \approx 1$$

$$\sin\delta \approx tg\delta \approx \delta, \qquad \cos\delta \approx 1 \qquad (۴)$$

از بسط رابطهٔ (۳) و استفاده از (۲) و (۴) بدست می‌آوریم،

$$\frac{\epsilon}{\delta} \approx \frac{\cos r}{n \cos i} \qquad (۵)$$

که نشان می‌دهد ϵ و δ از هم مستقل نیستند.

۳ــ شیب خطوط d، d'، D و D'

شیب این خطوط با توجه به شکل ۲ از روابط زیر محاسبه می‌شوند،

$$d:m = \frac{۱}{\text{tg}i} \qquad (۶)$$

$$d':m' = \frac{۱}{\text{tg}(i-\epsilon)} \qquad (۷)$$

$$D:M = \frac{۱}{\text{tg}r} \qquad (۸)$$

$$D':M' = \frac{۱}{\text{tg}(r-\delta)} \qquad (۹)$$

با استفاده از (۴) می‌توانیم رابطه‌ای میان m و m' بدست آوریم،

$$m' \approx \frac{m+\epsilon}{۱-m\epsilon} \qquad (۱۰)$$

به همین ترتیب برای M و M' هم داریم،

$$M' \approx \frac{M+\delta}{۱-M\delta} \qquad (۱۱)$$

برای استفاده بعدی می‌توانیم از رابطهٔ (۲) رابطه‌ای میان m و M بدست آوریم،

$$۱+m^۲ = n^۲(۱+M^۲) \qquad (۱۲)$$

۴ــ معادلهٔ خطوط D و D'

خطوط d و d' هر دو از نقطهٔ $A(0,-d)$ می‌گذرند و شیب آنها به‌ترتیب m و m' است، پس معادلهٔ این دو خط عبارتند از،

$$d:y+d = mx \qquad (۱۳)$$

$$d':y+d = m'x \qquad (۱۴)$$

به این ترتیب نقاط و (شکل ۲) که عرضشان صفر است و روی d و d' قرار دارند، دارای مختصّات زیرند،

$$E(\frac{d}{m},۰) \qquad B(\frac{d}{m'},۰) \qquad (۱۵)$$

خطوط D و D' به‌ترتیب از نقاط E و B می‌گذرند، لذا معادلات آنها به شکل زیر است،

$$D:y = M(x-\frac{d}{m}) \qquad (۱۶)$$

$$D':y = M'(x-\frac{d}{m'}) \qquad (۱۷)$$

۵ــ مختصّات P

کافی است دو خط D و D' را با هم قطع دهیم،

$$M(x_۱-\frac{d}{m}) = M'(x_۱-\frac{d}{m'})$$

$$x_۱ = d\frac{\frac{M}{m}-\frac{M'}{m'}}{M-M'} \qquad (۱۸)$$

و با جایگذاری (۱۲) ــ (۱۰) در (۱۶) بدست می‌آید،

$$x_۱ = d(n^۲-۱)\text{tg}^۳i \qquad (۱۹)$$

که در آن از (۶) استفاده شده است. به همین ترتیب برای $y_۱$ بدست می‌آید،

$$y_۱ = -\frac{d}{n}\left(\frac{۱-n^۲\sin^۲ i}{۱-\sin^۲ i}\right)^{\frac{۳}{۲}} \qquad (۲۰)$$

در روابط فوق باید داشته باشیم،

$$i \le \theta_c \qquad (۲۱)$$

که در آن θ_c زاویهٔ بازتابش کلّی است. روابط (۱۹) و (۲۰) در دید قائم ($i=۰$) به روابط مورد انتظار تبدیل می‌شود،

$$x_۱ = ۰, \qquad y_۱ = -\frac{d}{n} \qquad (۲۲)$$

برای $n=\frac{۴}{۳}$ (آب) می‌توان $x_۱$ و $y_۱$ را به‌صورت سری نوشت،

$$x_۱ = \frac{۷d}{۹}(i^۳+i^۵+\frac{۱۱}{۱۵}i^۷+O(۹)) \qquad (۲۳)$$

$$y_۱ = -\frac{۳d}{۴}(۱-\frac{۷}{۶}i^۲-\frac{۱۱۹}{۲۱۶}i^۴-O(۶)) \qquad (۲۴)$$

که نشان می‌دهد، در iهای کوچک روابط (۲۲) کماکان با تقریب خوبی برقرارند.

در رابطهٔ (۱۹)، مثبت است، یعنی جابجایی افقی تصویر در نگاه مایل به سمت ناظر است.

همچنین در رابطهٔ (۲۰) عبارت داخل پرانتز، کوچکتر از یک است. این بدان معنی است که عمق ظاهری در نگاه مایل کمتر از عمق ظاهری در نگاه قائم است.

روابط (۱۹) و (۲۰) برای محاسبهٔ محل تصویر مناسب نیستند. لذا، اگر بتوانیم مختصّات محل تصویر را برحسب مختصّات ناظر بدست آوریم، کار بسیار آسان می‌شود.

۶ــ محل تصویر با استفاده از محل جسم

اگر مختصات ناظر (x, y) باشد، با استفاده از شکل ۳ داریم،

$$x = d\ tgi + y\ tgr \qquad (۲۵)$$

یا برحسب زاویه شکست داریم،

$$x = \frac{d \sin r}{\sqrt{n^۲ - \sin^۲ r}} + y\ tgr \qquad (۲۶)$$

اگر بتوانیم با داشتن x و y، از این معادله r را بیابیم، قانون شکست (رابطهٔ (۱۲)) i را معین می‌کند و آنگاه می‌توان با استفاده از (۱۹) و (۲۰) $x_۱$ و $y_۱$ را بدست آورد. در واقع مسئله به حل معادلهٔ صفحه بعد که به‌صورت $f(r) = ۰$ است تحویل می‌شود،

$$x - \frac{d \sin r}{\sqrt{n^۲ - \sin^۲ r}} - y\ tgr = ۰ \qquad (۲۷)$$

این معادله را نمی‌توان بطور تحلیلی حل کرد. امّا حل آن با کامپیوتر میسّر است.

۷ــ برنامهٔ کامپیوتری

برنامهٔ کامپیوتری از سه قسمت تشکیل شده است :

۱ــ قسمت اصلی

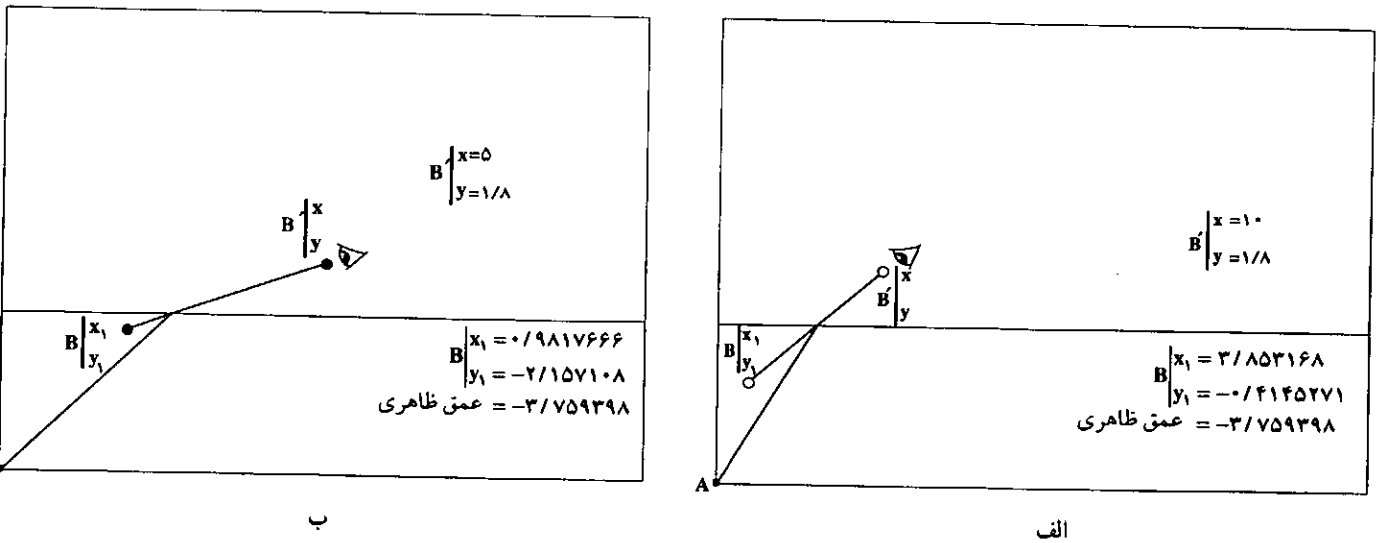
۲ــ زیربرنامهٔ calculation

۳ــ زیر برنامهٔ graphic

در زیر برنامهٔ calculation برای یافتن ریشه معادلهٔ (۲۷) از روش نیمسازی استفاده شده است. تنها شرط این است که تابع $f(r)$ باید دربازهٔ مورد نظر پیوسته باشد. در این روش دو نقطهٔ دلخواه $r_۱$ و $r_۲$ را درنظر گرفته و $f(r_۱) \times f(r_۲)$ حساب می‌کنیم. این حاصلضرب باید منفی باشد. در غیر این‌صورت باید $r_۱$ و $r_۲$ را آنقدر تغییر دهیم تا شرط فوق احراز شود. پس از اطمینان از برقراری این شرط، $r = \frac{r_۱ + r_۲}{۲}$ و $f(r)$ را بدست می‌آوریم. اگر $f(r)$ با $f(r_۱)$ هم علامت بود، آنگاه r را بجای $r_۱$ می‌گذاریم، در غیر این‌صورت r را بجای $r_۲$ می‌گذاریم و محاسبات را با $r_۱$ یا $r_۲$ تکرار می‌کنیم. این کار را آنقدر ادامه می‌دهیم تا اختلاف $r_۱$ و $r_۲$ تا حدّ مطلوب کوچک شود. به این ترتیب r بدست می‌آید. بالاخره با استفاده از روابط ۲ ، ۱۹ و ۲۰ می‌توان i و $(x_۱, y_۱)$ را محاسبه نمود.

در زیر برنامهٔ graphic نتایج به‌صورت چند نمودار رسم شده است. نمودار ۱ الف و ب و ۲ و ۳ برای مقایسهٔ نگاه عمود با مایل مفیدند. حرکت افقی و قائم ناظر حرکت تصویر را موجب می‌شود. این مطلب در نمودارهای ۴ و ۵ نشان داده شده است. در نمودارهای ۶ الف تا ج تصویر کف یک استخر مستطیل شکل از دید ناظر، در ارتفاعهای مختلف از سطح آب، رسم شده است.

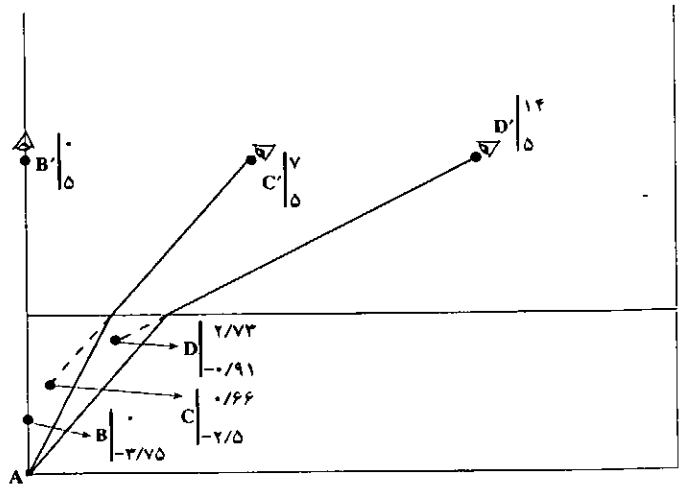
نمودارهای رسم شده همه دوبُعدی هستند، با این وجود، آنچه واقعاً وقتی بر کنارهٔ یک استخر ایستاده‌ایم می‌بینیم چیزی نیست جز سطح حاصل از دوران منحنی نمودارهای ۶ حول محوری عمود بر سطح آب که از محل ناظر می‌گذرد. به عبارت دیگر وقتی کنار استخر ایستاده‌ایم نقاط دورتر به خود را در همهٔ جهات بالاتر می‌بینیم. برای آزمون کیفی این پدیده کافیست سنگی را در کف استخر نگاه کنیم و به آرامی از آن دور شویم. خواهیم دید که سنگ نیز به آرامی بالا می‌آید. از روابط فوق همچنین درمی‌یابیم که سنگ به ما نزدیک هم می‌شود. آشکارسازی این پدیده با چشم مشکل است و نیاز به اندازه‌گیری دقیق دارد.



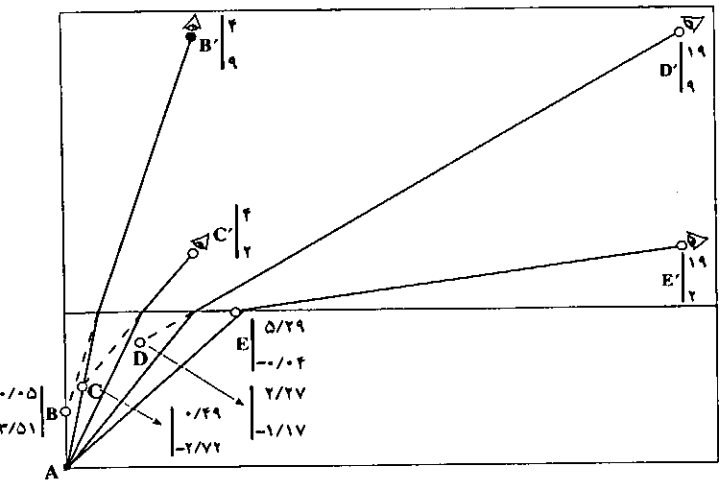
ب الف

نمودار ۱ــ الف و ب

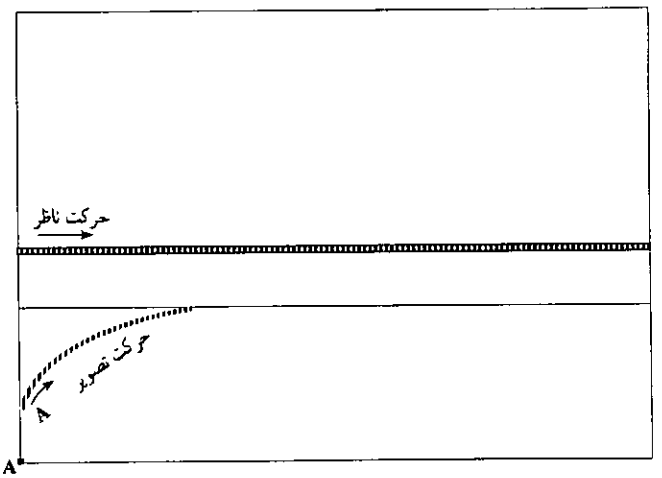
تصویر نقطه A از دید ناظر B' در B دیده می‌شود.



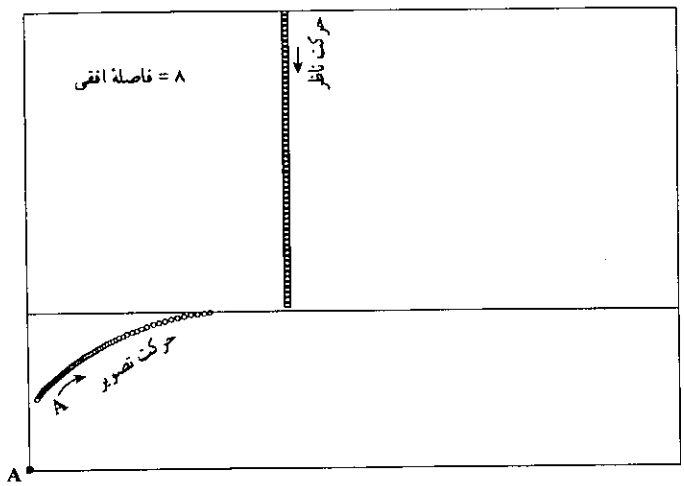
نمودار ۲ ــ در این شکل بخوبی می‌توان عمق ظاهری و جابجایی افقی را با حالت نگاه قائم مقایسه کرد.



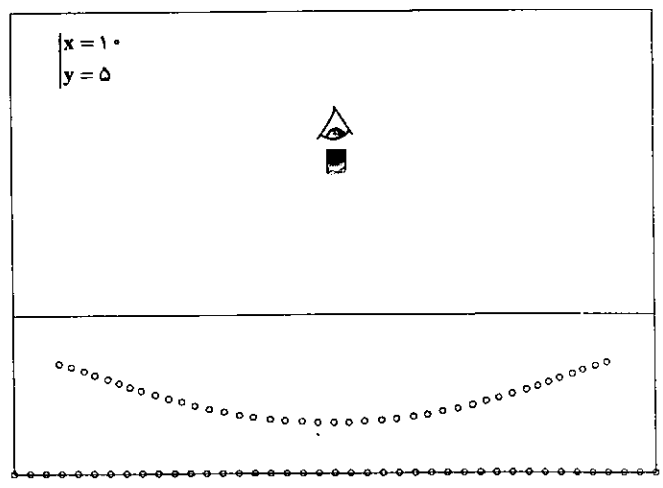
نمودار ۳



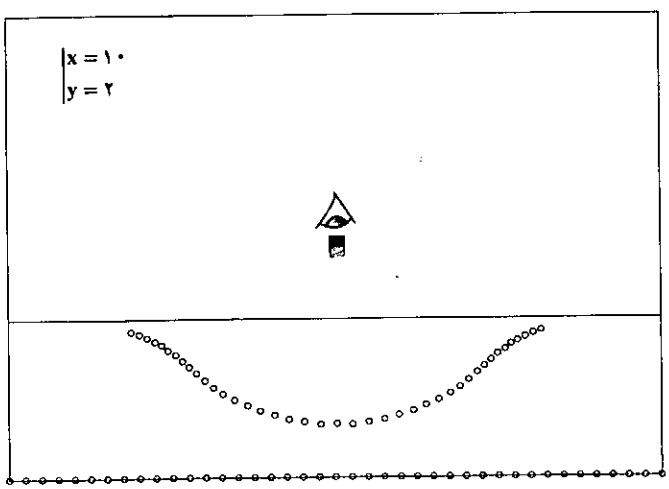
نمودار۴ ــ وقتی ناظر از جسم دور شود جسم روی مسیر نشان داده شده بالا می‌آید.



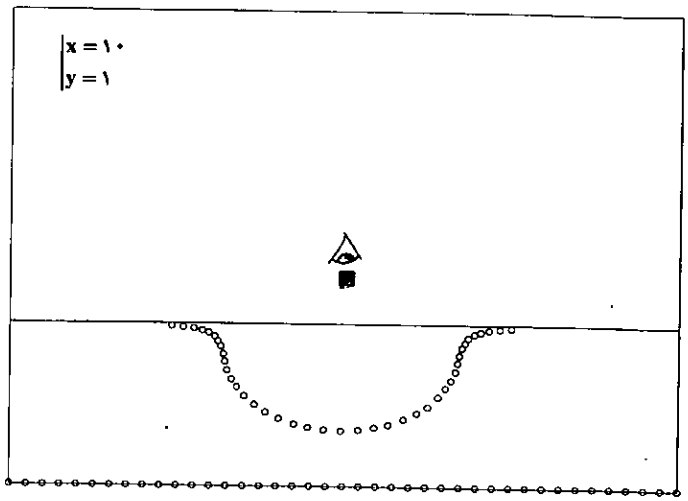
نمودار ۵ ــ اثر حرکت قائم از بالا به پایین بر حرکت تصویر



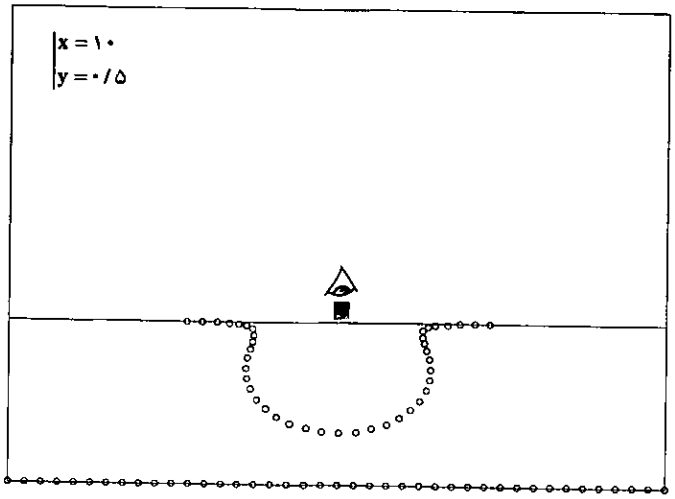
نمودار۶ ــ الف ــ ارتفاع = ۵



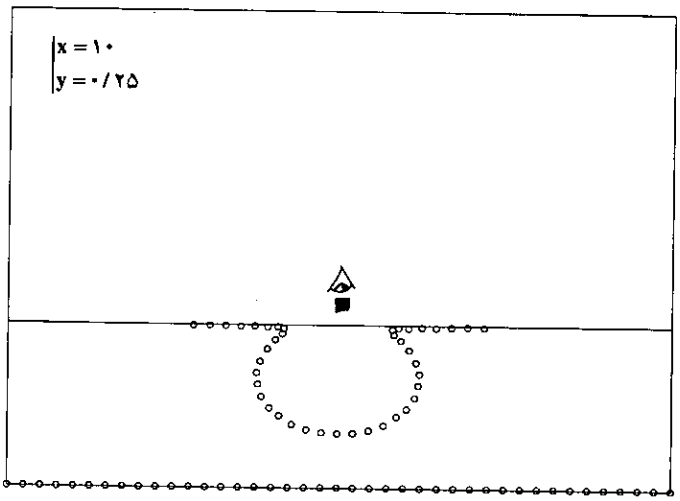
نمودار ۶ ــ ب ــ ارتفاع = ۲



نمودار ۶ ـ پ ـ ارتفاع = ۱



نمودار ۶ ـ ت ـ ارتفاع = ۰/۵



نمودار ۶ ـ ج ـ ارتفاع = ۰/۲۵

نمودار ۶ ـ الف تا ج

در این نمودارها ناظر از ارتفاع‌های مختلف به زیر پای خود در آب می‌نگرد آنچه دیده می‌شود چیزی است که ناظر در ارتفاع‌های مختلف می‌بیند.

مراجع

۱) کتاب فیزیک سال دوم دبیرستان (نظام قدیم)

۲) جرج. ب توماس، «حساب دیفرانسیل و انتگرال و هندسهٔ تحلیلی» مرکز نشر دانشگاهی، چاپ پنجم (۱۳۶۴)، صفحات ۷۹۹ـ ۷۹۷

۳) جرج آرفکن، «روشهای ریاضی در فیزیک»، مرکز نشر دانشگاهی

4) Gottfried. B. S. "Programming with Basic" (1986) McGraw - Hill

دو مسئله در مکانیک

ولکر تامسن (Volker Thomsen)

در اینجا دو مسئله نسبتاً جالب و مربوط به هم در مکانیک داریم که هر دو برای دورهٔ فیزیک مقدماتی مناسب‌اند. هر دو به راحتی و بدون نیاز به ریاضیاتی بالاتر از جبر معمولی حل می‌شوند. این دو مسئله را می‌توان برای دانش‌آموزان دبیرستان یا برای کلاسهای فیزیک مقدماتی و پایه در دانشگاه مطرح کرد. موضوع جالب در آنها شاید غیر مستقیم بودن صورت آنها باشد. چون بصیرت و آگاهی در روش حل مسئله بسیار مؤثر و مفید است.

مسئله اول : فرض کنید مدت زمانی را که طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد می‌دانیم با استفاده از این زمان، جرم خورشید را محاسبه کنید.

مسئله دوم : نشان دهید که یک سال تقریباً $\pi \times 10^7$ ثانیه است.

خوانندگان می‌توانند قبل از بحث و روشی که ما برای حل مسائل ارائه می‌کنیم خودشان آنها را حل کنند.

مسئله اول به واکنشهای اولیه‌ای از قبیل « داده‌ها کافی نیست» و یا «زمان و جرم؟» می‌انجامد. در یک نظرخواهی ساده از همکاران متوجه شدم که روش حل مسئله‌ها بلافاصله برای کسی معلوم نبود.

همان‌طور که می‌دانید شاید مسئله قدری گمراه کننده باشد. اولین چیزی که فرد به آن می‌اندیشد ممکن است این باشد که «زمان حرکت نور از خورشید تا زمین ربطی به جرم خورشید ندارد» اما باید توجه داشت که این زمان با فاصله میان دو جرم ارتباط مستقیم دارد. اکنون مسئله به فیزیک حرکت دایره‌ای یکنواخت مربوط می‌شود. راه حل را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد :

۱ ــ نیروی جانب مرکزی که زمین را در مدارش نگه می‌دارد، گرانش تأمین می‌کند.

۲ ــ بنابراین می‌توان نوشت $m\frac{V^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$ که m و M به ترتیب جرمهای زمین و خورشید، V سرعت خطی زمین در حرکت به گرد خورشید، r فاصلهٔ میان زمین و خورشید، (در واقع فاصلهٔ میان مرکز جرمهای آنهاست)، و G ثابت گرانش است.

۳ ــ می‌توان نوشت $M = \frac{V^2 r}{G}$

۴ ــ اگر حرکت انتقالی زمین در مدارگرد خورشید را در نظر بگیریم، سرعت درست برابر فاصله پیموده شده است. محیط یک مدار دایره‌ای (با فرض این که مدار دایره‌ای شکل است)، از فرمول $2\pi r$ محاسبه می‌شود و سرعت $V = \frac{2\pi r}{T}$ است که $T = 1$ سال است.

۵ ــ با قرار دادن این مقدار به دست آمده برای سرعت در معادله مرحله سوم. به دست می‌آوریم $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$

۶ ــ برای محاسبه جرم خورشید از رابطهٔ بالا باید r را بدانیم. اما در عوض زمان (t) یعنی مدت زمانی که نور خورشید به زمین می‌رسد را داریم. این دو (r و t) با معادله $X = vt$ یا $r = ct$ به هم مربوط می‌شوند. که در این جا C طبق معمول سرعت نور است .

۷ ــ اگر این نتیجه را که برای r به دست آمده در معادله بند ۵ قرار دهیم، خواهیم داشت $M=\frac{4\pi^2c^3t^3}{GT^2}$ و اگر دقیقه $T=8$ باشد و دیگر مقادیر را جاگذاری کنیم جرم خورشید به دست می‌آید و خواهیم داشت $M=2/01\times10^{30}kg$ ، این عدد، خیلی خوب با مقدار جرم خورشید در کتابها قابل مقایسه است.

$M=(1/99\pm0/002)\times10^{30}$ کیلوگرم

این سازگاری یک بار دیگر قدرت مکانیک نیوتونی را نشان می‌دهد.

در واپس‌نگری می‌بینیم که مسئله ساده است. هنگامی که دانش‌آموز میان زمان و فاصله ارتباط برقرار کند، راه حل کاملاً سر راست شده است اما همین سر راست نبودن صورت مسئله می‌تواند ابزار آموزشی مفیدی در گسترش توانایی حل مسئله دانش‌آموزان باشد.

مسئله دوم، در حالی که مشغول مطالعه مقاله تی‌پی‌توپکر (T.P. Toepker) در مورد تولید آب سنگین بودم. توجهم به این جمله جلب شد. «به خاطر داشته باشید یک سال تقریباً $\pi\times10^7$ ثانیه است». به خاطر آوردن آن مشکل بود. چون تا آن زمان من از تقریبی بودن آن بی‌اطلاع بودم بررسیهای دقیق نشان می‌دهد که واقعاً یک عامل خطا وجود دارد. نتیجه حدود ۰/۴۵ درصد کمتر از مقدار واقعی است. یا کمتر از ۳۹ ساعت در هر سال. به نظرم رسید که ظهور π در این عامل خطا نباید تصادفی باشد. چون π با محیط دایره مرتبط است . (مدار را دایره فرض کردیم) و معلوم می‌شود که این درست است. راه حل را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد :

۱ ــ یک سال مدت زمانی است که زمین یک بار گرد خورشید می‌چرخد.

۲ ــ نیروی جانب مرکز زمین را نیروی گرانش خورشید تأمین می‌کند.

۳ ــ بنابراین $m\frac{V^2}{r}=\frac{GMm}{r^2}$ یا $V^2=\frac{GM}{R}$

۴ ــ زمان یک بار چرخش زمین (دورهٔ T) به سرعت خطی زمین (V) بستگی دارد. این دو با رابطه $V=\frac{2\pi r}{T}$ به هم مربوط می‌شوند.

۵ ــ با جاگذاری خواهیم داشت. $T^2=\frac{4\pi^2r^3}{GM}$

۶ ــ π^2 را در فرمول بالا کنار می‌گذاریم و مقادیر عددی را در فرمول قرار می‌دهیم.

$G=0/6674\times10^{-10}\ \frac{m^3}{kgs^2}$ و $M=1/991\times10^{30}kg$ و

$r=1/496\times10^{11}m$

۷ ــ با جاگذاری اعداد و جذرگیری خواهیم داشت.

$T=\pi\sqrt{1/0008\times10^{14}}\ s^2$

۸ ــ بنابراین $T_s\simeq\pi\times10^7$ ثانیه. توجه کنید که تقریباً جذر ۱/۰۰۸ را مساوی ۱ فرض کردیم. که بدون شک یک تقریب خوب است. اما اگر ما ریشه دوم ۱/۰۰۸ را مساوی با ۱/۰۰۴ بگیریم. ۰/۴۵ درصد خطا به‌وجود می‌آید که در بالا به آن اشاره شد.

در اینجا نیز متن پرسش راهی به سوی حل آن باز می‌کند. دانش‌آموز باید بتواند بین یک سال که مدت یک دور چرخش زمین به دور خورشید است و π که به محیط دایره مربوط می‌شود ارتباط برقرار کند. در دومین مسئله بعضی نظریه‌های اضافی لازم است. از این بحث نتیجه می‌گیریم که دورهٔ همهٔ مدارهای دایره‌ای یا بیضی شکل را می‌توان با جمله‌ای شامل یک عدد ثابت ضرب در π بیان کرد. (برای مدارهای بیضی شکل داریم. $T^2=\frac{4\pi^2a^3}{GM}$ که a نیم قطر بزرگ بیضی است). البته این که این مقدار ثابت برای زمین تقریباً 1×10^7 است، ناشی از شعاع مدار زمین است که به زمین مربوط می‌شود. حرکت انتقالی در اینجا سال نجومی است که این گونه تعریف می‌شود. مدت زمان لازم، برای این که یک جسم یک بار دور جسم دیگر بچرخد. (با توجه به ستارگان زمینه) سال خورشیدی یا سال منطقوی (tropical) با توجه به اعتدال شب و روز بهاری (vernal equinox) اندکی کوتاهتر است. اما چون اختلاف فقط یک روز در هر دو سال است عامل خطا معتبر باقی می‌ماند با درصدی حدود یک سوم درصد.

اگر نیروی جانب مرکز در یک کلاس مطرح شده باشد دو مسئله‌ای که در این جا مطرح شد می‌توانند مطرح شوند و دانشجویان دوره مقدماتی فیزیک را به مبارزه بطلبند.

یک عبارت مناسب‌تر برای این مقاله می‌تواند «دو مسئله در دینامیک دورانی» باشد. که این خود یک خط مشی به وجود خواهد آورد.

ترجمهٔ محمد حسین شمس

مرجع:

The physics Teacher Feb 94, p 111 - 2.

یک روز با فیزیک

مریم جهانبخش (چهارم تجربی)[1]

از فیزیک چه می‌دانید؟

(«فیزیک علمی است که پدیده‌های عالم ماده را مورد بررسی و آزمایش قرار داده و نتایج آن تحقیقات را به‌صورت قانون ارائه می‌دهد. فیزیک علمی است متکی بر آزمایش و مشاهده و سنجش و فقط با تکیه بر پاسخ وسایل اندازه‌گیری است که می‌توان حکمی را در فیزیک قبول یا رد کرد. برای شناختن محیط نیاز به اطلاعات داریم که این اطلاعات را فیزیک از طریق آزمایش و اندازه‌گیری در اختیار قرار می‌دهد...»

پس از آنکه زکیه خواندن مقاله‌اش را تمام کرد، کلاس در سکوت فرو رفت. خانم معلّم ایستاده بود و مغرور و راضی به‌نظر می‌رسید. گفت: «مطلب خیلی خوبی بود زکیه. تو راجع به فیزیک خیلی چیزها می‌دانی.» بعد به طرف مریم که از همه شیطان‌تر بود برگشت و گفت: «مریم تو از فیزیک چه می‌دانی؟» مریم آهسته گفت: «از فیزیک خانم؟! از فیزیک... هیچی.» تندخو و لجباز به‌نظر می‌رسید، چون خود را بی‌اطلاع احساس می‌کرد. فکر کرد لازم است توضیحی دهد و به خانم معلّم گفت: «ببینید خانم، من نمی‌توانم مسائل فیزیک را بفهمم. چند دفعه امتحان کرده‌ام، امّا انگار از من ساخته نیست.» خانم معلّم یکه خورد و پرسید: «چرا نمی‌توانی بفهمی؟» مریم گفت: «آه نمی‌توانم.» و کمی در صندلی جابجا شد. ناراحت به‌نظر می‌رسید. گفت: «چون که خیلی سخت است.» خانم معلم گفت: «آها، ولی این دلیل خوبی نیست.»

خانم معلّم از زهره پرسید: «زهره تو چی؟» زهره قیافه‌ای جدی به خودش گرفت و گفت: «من فقط می‌دانم که اگر همانطور که زکیه توی انشایش نوشته بود، فیزیک مفید باشد؛ فیزیک را دوست دارم.» معلّم گفت: «وقت امروز کلاس تمام است، ولی اگر از حالا تا فردا صبح که به مدرسه برمی‌گردید راجع به فیزیک فکر کنید؛ خواهید دید که خیلی از اتفاقات اطرافتان به فیزیک ارتباط دارد!»

بچه‌ها ساکت شدند. مریم دستش را بلند کرد و گفت: «ولی چون من راجع به فیزیک چیزی نمی‌دانم، می‌ترسم نتوانم زیاد به آن فکر کنم. فکر کردن من یک دقیقه بیشتر طول نمی کشد.» همه خندیدند امّا خانم معلّم راضی به‌نظر نمی‌رسید. گفت: «صحیح؛ درست است مریم، وقتی زیاد ندانیم، نمی‌توانیم زیاد فکر کنیم؛ ولی می‌توانیم از خودمان بپرسیم، چرا؟ از حالا تا فردا صبح که برمی‌گردید مدرسه، می‌شود از خودتان بپرسید که چرا و چگونه بازی با توپ به فیزیک بستگی دارد و چیزهایی از این قبیل. اگر یک مدّت فکر کنیم و از خودمان سؤال کنیم، می‌توانیم ارتباط قوانین فیزیک را با زندگی بفهمیم. فعلاً کلاس را تعطیل می‌کنیم» و از کلاس خارج شد.

بچّه‌ها به حیاط رفتند. مریم نگاهی به ساعت کرد و گفت: «چه خوب! نیم ساعت زودتر ولمان کرد؛ فقط به‌خاطر اندیشیدن به فیزیک. انگار دارد از فیزیک خوشم می‌یاد.»

و با اشتیاق رو به بچّه‌ها کرد و گفت: «خوب، حالا چکار کنیم؟»

زکیه کارها را روبراه کرد. چون این جریان با مقالهٔ او شروع شده بود، خودش را مسئول احساس می‌کرد. روز خوبی بود. آسمان درخشان و آبی بود و هوا آفتابی.

زکیه گفت: «برویم روی نیمکت‌های زیر درخت بنشینیم و فکر کنیم.» هیچ‌کس مخالفتی نکرد. همه خوشحال از نیم ساعت آزادی ناگهانی که نصیبشان شده بود، با احساس وظیفه به طرف قسمت پر درخت مدرسه راه افتادند. هنوز آنقدر از زکیه به‌خاطر مقاله‌اش ممنون بودند که حاضر بودند حرف زکیه را گوش کنند.)

(مریم که به آسمان خیره شده بود و پس از مدتی به ردیف ساکت بچه‌ها نگاهی انداخت. ناگهان حوصله‌اش سر رفت و گفت: «خانم که به ما نگفته مجبوریم به ردیف روی نیمکت بنشینیم و توی خودمان برویم! گفته؟!»

زکیّه گفت: «نه نگفته، ولی راستش او هیچوقت نیم‌ساعت به ما مرخصی نداده بود، این بود که فکر کردم...» مریم گفت: «خوب پس بلند شوید بریم پینگ‌پنگ بازی کنیم. قول می‌دهم که موقع بازی به فیزیک فکر کنیم. همهٔ بچه‌ها با اشتیاق برای بازی شتافتند، اما زکیه حوصلهٔ بازی نداشت. بعد یک لنگه از کفشهایش را درآورد و به آن خیره شد. این عادتش بود. عادتی که زاییدهٔ احساس تنهایی بود. او غالباً می‌نشست و به کفشش خیره می‌شد. این کار تا حدی حالش را بهتر می‌کرد و کمکش می‌کرد که بهتر فکر کند. ناگهان متوجه شد که سایهٔ کفشش روی زمین افتاده و هرچه کفش را به زمین نزدیک می‌کند، سایه کوچکتر می‌شود. در اطراف سایه محدودهٔ نیمه تاریکی وجود داشت که نیم سایه را تشکیل داده بود. او از اینکه اولین مطالب فیزیک را پیدا کرده بود خیلی خوشحال بود. صدای بچّه‌ها توجه او را به بازی جلب کرد. زهره با خوشحالی فریاد می‌زد: «وقتی توپ پینگ‌پنگ به میز می‌خورد دوباره به بالا برمی‌گردد و این درست همان چیزی است که قانون سوم نیوتون بیان می‌کند. یعنی هر عملی عکس العملی دارد مساوی با آن و در خلاف جهت آن پس وقتی

توپ به میز نیرو وارد می‌کند، میز هم به توپ نیرو وارد می‌کند و آن را به طرف بالا پرت می‌کند.»

خانم ناظم از پشت میکروفن اسامی تعدادی از دانش‌آموزان را اعلام می‌کرد. به خوبی می‌شد صدای خانم ناظم را از دیگران تشخیص داد؛ زیرا هر صدا دارای طنین است که آن را از صداهای دیگر مشخص می‌کند. مریم اندکی به این مطلب فکر کرد اما در همین حال یکی از بچه‌ها با آینه‌ای که در دست داشت روی تختهٔ یکی از کلاسها نور می‌انداخت. مریم فریاد زد: «بچه‌ها چون زاویهٔ تابش با زاویهٔ بازتابش برابر است، هنگامی که نور با زاویه به آینه می‌تابد، با همان زاویه و در جهت دیگر از آینه منعکس می‌شود و باعث می‌شود که نور بر روی تخته بیفتد.» ساعت زینب صفحه‌ای منشوری داشت و نور را به رنگ‌های مختلف تجزیه می‌کرد. زیرا هر نور دارای طول موج خاصی است و طول موج نورها با هم تفاوت دارد به همین دلیل نور به هفت رنگ دیده می‌شود و این درست همان رنگ‌هایی است که هنگام شستن ظرف بر روی حبابها می‌بینیم و یا هنگامی که خودکار را در نور حرکت می‌دهیم رنگ‌های مختلفی بر روی دفتر می‌افتد که همان رنگ‌های رنگین‌کمان است.)

زنگ مدرسه به صدا درآمد. بچه‌ها گروه گروه از مدرسه خارج می‌شدند. زهره و مریم و زکیه و دیگران در حالی که مشغول صحبت راجع به فیزیک بودند، به ایستگاه رسیدند. دوچرخه سواری را دیدند که رکاب نمی‌زند ولی چرخهای دوچرخه‌اش به چرخیدن ادامه می‌دهد و دوچرخه راه خودش را می‌رود. زکیه گفت: ببینید: حرکت این دوچرخه قانون اول نیوتون را نشان می‌دهد که هر جسمی حالت سکون یا حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت خود را ادامه می‌دهد مگر آنکه نیرو یا نیروهایی از خارج بر آن اثر کند که البته در این مورد به دلیل وجود نیروی اصطکاک هوا و زمین با چرخها پس از مدتی دوچرخه متوقف می‌شود. همانطور که بچه‌ها در ایستگاه منتظر بودند، متوجه شدند صدای اتومبیلهایی که به آنها نزدیک می‌شوند، زیرتر و آنها که دور می‌شوند، بم‌تر از حالت عادی به گوش می‌رسد که بیانگر قانون دوپلر در صوت است. اتوبوس رسید. سوار شدند و اتوبوس حرکت کرد. در میان راه ناگهان اتوبوس ترمز شدیدی کرد و تمامی مسافران به جلو پرت شدند. در حالی که زهره دستش را که کمی درد گرفته بود فشار می‌داد می‌گفت: «اینجا هم قانون اول نیوتون ــ چون ما دارای اینرسی حرکتی بودیم ــ ما را به جلو پرت کرد.»

با دیدن باغبان شهرداری در پارک و ماشین چمن‌زنی او مریم به یاد آورد که خانم معلم در درس تجزیه نیروها از این وسیله مثال زده بود.

کم‌کم اتوبوس خلوت شد و بچه‌ها روی صندلی نشستند. زکیه به مریم گفت: مریم به نظر تو از نظر فیزیک چه رابطه‌ای میان فشار دادن شاسی زنگ اتوبوس و به صدا درآمدن زنگ هست؟ مریم کمی فکر کرد و گفت: این دیگر خیلی ساده است: انرژی الکتریکی به انرژی صوتی تبدیل می‌شود.

(سر کوچه زکیه از مریم خداحافظی کرد و به خانه رفت. تشویق امروز خانم معلم او را بیشتر به فیزیک علاقه‌مند کرده بود. در واقع فکر فیزیک او را رها نمی‌کرد. هنگام غذا خوردن مرتباً قاشق را در دستش می‌چرخاند و ملاحظه می‌کرد که تصویرش در روی و پشت قاشق تفاوت دارد. زیرا روی قاشق تشکیل آینهٔ مقعر و پشت قاشق تشکیل آینهٔ محدب می‌دهد. در این افکار بود که صدای در کتری توجه او را به خود جلب کرد. آب کتری در حال جوشیدن بود و بر اثر شدت ضربه‌هایی که بخار به در کتری وارد می‌کرد، در کتری بلند می‌شد. هنگام خوردن چای زکیه قاشق را در لیوان چای شکسته می‌دید، زیرا سرعت نور در دو محیط چای و هوا فرق می‌کرد و همچنین سطح آب را در لیوان به دلیل اینکه نیروهای چسبندگی آب و شیشه بیشتر از نیروهای پیوستگی آب است، مقعر می‌دید.)

(زکیه با دقّت به اطراف اتاق نگاه می‌کرد که نگاهش به دریچهٔ کولر متوقف شد. چرا دریچهٔ کولر در قسمت بالای دیوار قرار داشت؟! فهمید که چون هوای گرم سبکتر از هوای سرد است و در بالا قرار می‌گیرد و هوای سرد نزدیک زمین. کولر، هوای گرم نزدیک سقف را خنک می‌کند و هوای سرد بر اثر جریان همرفت به تمامی اتاق منتقل می‌شود. در این وقت او با خوشحالی پنجره را باز کرد و با برادرش مشغول صحبت شد. علی از زکیه پرسید: «چرا وقتی سنگ را در آب می‌اندازم به ته آب می‌رود، امّا چوب در سطح آب می‌ماند؟» زکیه گفت: «چون چگالی چوب از آب کمتر است و روی آب قرار می‌گیرد اما چگالی سنگ از آب بیشتر است و سنگ به ته آب می‌رود». زکیه احساس کرد برادرش، اگرچه هنوز در سال سوم راهنمایی درس می‌خواند، هم‌صحبت خوبی برای اوست، این بود که سعی کرد او را هم تشویق به سؤال کردن بکند... اوایل شب بود که علی از توی ایوان نگاهی به آسمان انداخت. ناگهان سؤالی به‌خاطرش رسید. از خواهرش پرسید: «تو می‌دانی چرا امشب ماه در آسمان دیده نمی‌شود؟» زکیه گفت: آره که می‌دانم: «مقداری از سطح ماه که توسط آفتاب روشن می‌شود و از سطح زمین آن را مشاهده می‌کنیم همواره در تغییر است، ماه از خود نوری ندارد و همیشه نیمی از آن توسط خورشید روشن می‌شود. هرگاه نیمهٔ تاریک ماه رو به زمین قرار بگیرد؛ ماه در آسمان مشاهده نمی‌شود که به این حالت محاق می‌گویند. هرگاه تمام قسمت روشن ماه رو به زمین قرار بگیرد، ماه به‌صورت یک قرص کامل در آسمان دیده می‌شود که به آن بدر می‌گویند. اگر ماه و خورشید هر دو در یک طرف زمین واقع شوند، در بیشتر طول روز ماه در آسمان پیداست. برعکس، وقتی ماه و خورشید در دو طرف مخالف زمینند، ماه بیشتر در شبها پیداست. راستی علی می‌دونستی که همیشه یک طرف ماه رو به زمین قرار می‌گیره و پشت آن را هیچ‌وقت نمی‌بینیم؟! چون مدت حرکت وضعی ماه درست معادل حرکت انتقالی آن و برابر $۲۷\frac{۱}{۳}$ روز است.» و با اشتیاق به علی نگریست. اما علی خیلی وقت پیش خوابیده بود و زکیه به ستارگان می‌اندیشید. ناگهان به یاد قوانین کپلر افتاد و آنها را در ذهن خود مرور می‌کرد تا به خواب رفت.)

۱ ــ این مطلب به کمک زهرا رضائی و زکیه مروی از دبیرستان امام رضا در مشهد و با راهنمایی دبیر فیزیک سرکارخانم سهیلا آگاه تهیه شده است.

خلاقیت*

گرد بینیگ

جایزهٔ نوبل در سال ۱۹۸۶ به گرد بینیگ (Gerd Binnig) بـه خـاطـر طـراحـی میکروسکوپ تونل‌زنی روبشی اهداء شد.

خلاقیت یک موضوع فراگیر است

این فکری بود که از ذهنم گذشت تا با آن مطلب خود را شروع کنم. اما همین‌که دقیق‌تر به این موضوع نگاه می‌کنم، آنچه را که با آن درگیر شدم تازه می‌فهمم : برای این‌که هرچه بیشتر دربارهٔ آنها فکر می‌کردم، موضوع، کلی و فراگیرتر به نظرم می‌رسید. و در مرحله‌ای، احساس کردم که نمی‌تواند مبحث کلی‌تری باشد، چون عملاً با همهٔ موضوعهای اساسی این جهان در تماس است از جمله : خلقت جهان، تحول زندگی و جهان، معنای زندگی. چرا همهٔ اینها روی می‌دهند و به چه سمتی می‌روند؟ زیرا همهٔ اینها به نحوی با خلاقیت، با خلق چیزی جدید ارتباط دارند.

اگر تعریفهای مرسوم خلاقیت را در فرهنگ لغت بگردیم، خواهیم دید که به‌طور انحصاری به انسان ــ به فکر، تخیل و ذهن، به امواج مغزی و ایده‌های او ــ اشاره می‌کنند و هیچ یادی از طبیعت و جهان نمی‌شود. از این‌رو خلاقیت همیشه به انسان مربوط می‌شود. این رویکرد به نظر من بسیار محدود است. پس آیا انسان به‌واقع تنها موجود زنده یا «نهادی» است که می‌تواند خلاق باشد. اختراع گازانبر توسط انسان به‌راستی یک عمل خلاقانه است. اما مادر طبیعت مدتی پیش، آن را به صورت چنگالهای یک خرچنگ، اختراع کرده بود. یا سوزن آمپول را در نظر بگیرید. این سوزن را نیز مدتها پیش طبیعت به شکل دندان مار سمّی اختراع کرده بود. تشابه‌های هر دو، اختراع انسان و اختراع طبیعت روشن هستند. حال از خود می‌پرسیم : «آیا توسعهٔ انسان خلاقانه‌تر از توسعهٔ طبیعت است؟» گاهی نتیجه‌ها چنان به هم شبیه‌اند که نمی‌توان از تطابق صحبتی نکرد. می‌توان فهمید که انسان از طبیعت الهام می‌گیرد. در حوزهٔ علم بیونیک [علم بیوالکترونیک] کوششهایی می‌شود که از طبیعت درس بگیریم و «تکنولوژی طبیعی» را به «تکنولوژی انسانی» منتقل کنیم. به یقین انسان چیزهای زیادی را تاکنون از طبیعت یادگرفته است، و این کار را همچنان ادامه می‌دهد. به‌علاوه، او بقیهٔ طبیعت را به عنوان مبنایی به‌کار می‌برد تا راه خلاقانه خود را ادامه دهد. به گمان من انسان نه تنها در موارد بسیار به نتیجه‌های مشابهی با بقیهٔ طبیعت می‌رسد بلکه راههای منتهی به آنها، شباهتها را بیشتر از تفاوتها آشکار می‌کنند.

انسان فقط بخشی از طبیعت است

این روزها به انسان اغلب به‌عنوان موجودی جدا از طبیعت نگاه می‌کنند اما به نظر من این‌طور نیست. اگر بخواهند برخورد بهتری با طبیعت داشته باشند، باید آن را شریک انسان به‌حساب آورند. به نظر من، این درست نیست. ما شریک طبیعت نیستیم، بلکه بخشی از آن هستیم. ما یک مفهوم زیر گروهی هستیم. زیرا انسان در اصل تفاوتی با بقیهٔ طبیعت ندارد. این واقعیت که ما انسان را از طبیعت جدا می‌کنیم و او را بالاتر از آن قرار می‌دهیم احتمالاً ریشه‌ای در مسیحیت دارد که انسان را موجودی بسیار ویژه می‌داند از این نظر که فقط انسان روح جاودان دارد و تنها او تصویر خدا است. من این را که انسان موجودی بسیار متفاوت با بقیهٔ جهان است تصوری باطل می‌دانم زیرا انسان فقط بخشی از طبیعت است.

اکنون ممکن است فکر کنید : «اگر بگوییم که انسان فقط بخشی از

طبیعت است او را دست کم گرفته‌ایم» اما مایلم، با یک مثال، به‌طورغریزی نشان دهم که با این نظر نمی‌توان موافق بود. ساختاری مثل تپهٔ مورچگان را در نظر بگیرید. از نظر مورچه، این تپه، ساختار بلند و عظیمی است. در گفتن اینکه این تپه یک ساختار طبیعی است مشکلی نداریم. اما هنگامی‌که، مثلاً، به ساختمان امپایراستیت (Empire State Building) نگاه می‌کنیم، در ساختار طبیعی خواندن آن مشکل داریم. اما این ساختمان، ساختار طبیعی است، یک فرآوردهٔ طبیعی است، زیرا محصول ما است؛ و چون ما بخشی از طبیعت هستیم پس فرآورده‌هایمان نیز طبیعی هستند.

بنابراین واژهٔ «مصنوعی» را نمی‌توان متضاد واژهٔ «طبیعی» درنظر گرفت، بلکه یک مفهوم زیر گروهی است. اگر منطقی فکر کنیم، می‌توان این را موازی دید، اما غریزه‌های ما در جهت متضاد هستند. روشن است که این احساس به تربیت ما بستگی دارد. پس هم‌چنین فکر می‌کنم که اگر حس کنیم که ما بخشی از کل هستیم به‌جای آنکه حس کنیم بالاتر از آن هستیم، برخی از مسائل محیطی ما چندان جدی نخواهند بود.

دربارهٔ تعریفی از خلاقیت

مایلم تعریفی از خلاقیت ارائه کنم؛ یک تعریف کلی که به من امکان دهد تحول جهان را توصیف کنم. تاکنون در توصیف مفهوم جهان، یکتایی انسانها را نادیده گرفته‌ام. انسان با اراده و وجدانش، البته، یکتاست. اما باید از خود نیز بپرسیم که آیا ممکن است که حیوانات یا حتی سنگها و اتمها نیز نوعی اراده و وجدان، که به نوعی یکتاست، داشته باشند. حتی می‌توان تصور کرد که در آینده کامپیوترهایی ساخته شوند که دارای اراده‌ای قابل مقایسه با ارادهٔ انسان باشند. به گمان ما حتی این ایده‌ها ارزش انسان را پایین می‌آورد زیرا انسان را در سطح کامپیوتر، یعنی مادهٔ بی‌جان، قرار می‌دهد. حتی پیش از آنکه معلوم شود زمین مرکز عالم نیست انسانیت دچار مشکلاتی بود. این آگاهی نیز کاهش ارزش انسان در نظر گرفته شد. اما ریشه مشکل احتمالاً این است که انسان بیش از اندازه برای خود ارزش قائل است و طبیعت بی‌جان را ــ که آنقدرها هم که ما فکر می‌کنیم بی‌جان نیست ــ دست‌کم می‌گیرد.

ما باید به این فکر عادت کنیم که مادهٔ بی‌جان چیز پیش پا افتاده‌ای نیست. به عنوان مثال، تمام شگفتیهای جهان در یک سنگ وجود دارد، زیرا همهٔ قانونهای طبیعت (و از این‌رو همهٔ امکاناتی که از آنها نتیجه می‌شود) در آن منعکس است. بعلاوه، سنگ ساختار ساده‌ای نیست که زمانی این‌طور فکر می‌کردیم. سنگ نوعی زندگی دارد. سنگ نیاز دارد که با محیط خود ارتباط برقرار کند، و مانند ما با محیط خود برهم‌کنش دارد. سنگ دمای خود را با تابش نور به محیط خود اعلام می‌کند. اگر داغ‌تر باشد، رنگ کاملاً متفاوتی از طیف (مثلاً قرمز روشن) و با شدتی بیشتر از هنگامی گسیل می‌کند که سرد است و نور فروسرخ گسیل می‌کند. به‌علاوه، با جذب بقیهٔ اشیاء جرمش را به محیطش نشان می‌دهد. اگر مغناطیس باشد، ذره‌های مغناطیسی را جذب می‌کند. اگر دارای بار ساکن باشد، غبار را جذب می‌کند و با آن پوشیده می‌شود. بنابراین با محیط خود به مقدار زیاد برهم‌کنش دارد. ما گاهی این را دست‌کم می‌گیریم.

ضمناً اثبات ارادهٔ انسان، اگر آن را توانایی تصمیم‌گیری آزادانه درنظر بگیریم، مشکل است. شوپنهاور داستان جالبی در این‌باره گفته است: شخصی بیهوده می‌کوشد که به دوستش ثابت کند که فکرمستقلی دارد. چگونه کار می‌کند؟ ــ با انجام کاری که ظاهراً دلیلی ندارد ــ پس دلیلش این است که این کار را انجام می‌دهد تا دقیقاً برای دوستش ثابت کند که فکر مستقلی دارد.

تصور اینکه انسان در تصمیم‌گیری آزاد نیست و فقط بخشی از یک برنامه در حال انجام است بحثی نگران‌کننده است. فرض کنید این ایده به واقعیت نزدیک باشد. پس چیزی مانند خلاقیت نمی‌تواند وجود داشته باشد. حداقل، نه به صورتی‌که ما مطابق غریزه‌هایمان درک می‌کنیم. اما، این درک غریزی خلاقیت به ارزیابی بیش از اندازهٔ انسان و یکتایی او در نظر خدا مربوط می‌شود. ما شاید خودمان را با این فکر گول بزنیم که می‌توانیم مانند خالق هستی [خدا] خلاق باشیم، اینکه می‌توانیم اشیاء کاملاً جدیدی را تولید کنیم. اما همهٔ احتمالهای موجود وابسته به قانونهای طبیعت‌اند و نمی‌توانیم آنها را تغییر دهیم. حداقل تا به حال راهی برای انجام آن نیافته‌ایم. اشیاء چنان‌که باید اتفاق می‌افتند، و این جنبهٔ آماری، که آن را هم نمی‌توانیم تغییر دهیم، نیز نقشی دارد. این بحث را با نقل مطلبی از ورنرهایزنبرگ رو به پایان می‌برم: «انسان می‌تواند آنچه را که می‌خواهد انجام دهد، اما نمی‌تواند آنچه را که می‌خواهد بخواهد».

ما باید در دیدگاه خود از خلاقیت یک برنامه، تجدیدنظر کنیم. به‌طور دقیق، انسان واقعاً به برنامه‌ها یا کامپیوترها نیاز دارد زیرا آنها می‌توانند چیز جدیدی را خلق کنند. اگر آنها واقعاً می‌توانند چیز جدیدی را خلق کنند، به یک معنا آنها هم خلاق هستند. کامپیوتر را برنامه‌نویس خود «تغذیه» می‌کند، می‌توانیم بگوییم: «کامپیوتر از طریق برنامه‌نویس خود خلاق است.» یا با اشاره به خودمان: «انسان از طریق قانونهای طبیعت خلاق است.» یا اگر انسان می‌خواهد با دیدگاهی مذهبی آن را فرمولبندی کند: «انسان از طریق خالق هستی [خدا] خلاق است» کامپیوتر ابزار ماست (خوشبختانه برعکس نخواهد شد)، و ما ابزار خدا یا ابزار قانونهای طبیعت هستیم.

ترجمهٔ محمدعلی سعادت‌بخت

زیرنویس:

* Creativity

مرجع:

Internalizing Physics, 48 Document Series, Education Sector, UNESCO, P 80 -83

ترجمه به انگلیسی از کتاب «AUS DEM NICHTS» صورت گرفته است.

مرحله اوّل نهمین المپیاد فیزیک ایران

جمعه ۷۵/۳/۴

قسمت اول ــ آزمون عملی

مدت امتحان: ۰/۵ ساعت

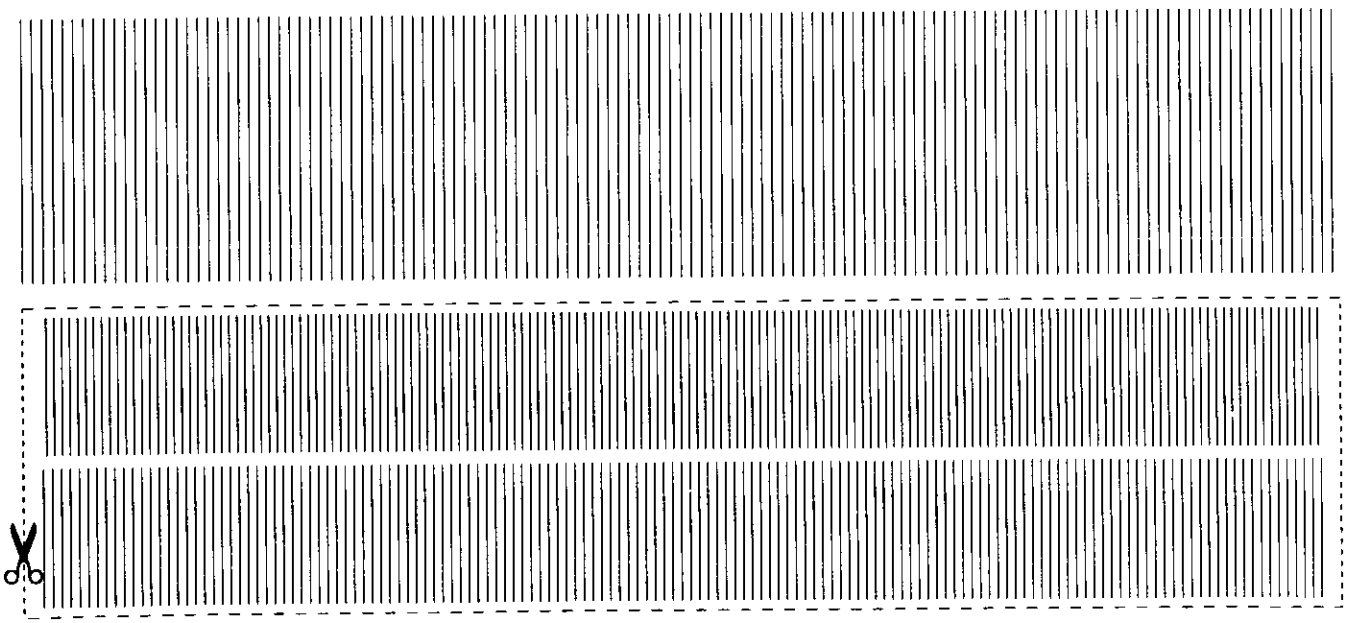
یک وسیلهٔ ساده برای اندازه‌گیری دقیق طول

دو قطعه نوار از جنس طلق شفاف توسط مسؤولان برگزاری امتحان در اختیار شما قرار می‌گیرد*. روی یکی از این نوارها خطوطی با فاصلهٔ ۱/۰ واحد و روی نوار دیگر خطوطی به فاصلهٔ ۱/۱ واحد چاپ شده است. دقت کنید که هر دو نوع این نوارها در اختیار شما قرار گرفته باشد. واحد روی طلق یک واحد اختیاری است.

الف : به کمک این نوارها بیشترین دقتی که برای اندازه‌گیری طول برحسب واحد اختیار شده بدست می‌آید چقدر است؟ دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری را به اختصار شرح دهید.

ب : به کمک این وسیله با بیشترین دقت ممکن فاصلهٔ بین دوخط A و B را برحسب واحد روی طلق بدست آورید.

ج : دقیق‌ترین مقدار را برای فاصلهٔ بین خطوط موازی نشان داده شده در شکل زیر بیان کنید (برحسب واحد روی طلق). روش انجام کار خود را به اختصار شرح دهید.



* **تذکر** : تصویر دو نوار از جنس طلق شفاف در فوق آورده شده‌اند، با بریدن آنها می‌توانید آزمایش را انجام دهید.

قسمت دوم ــ مسأله های تشریحی

مدت امتحان: ۳ ساعت

تذکر : به غیر از مسأله سوم بقیهٔ مسأله‌ها برای نظام جدید و نظام قدیم مشترک است.

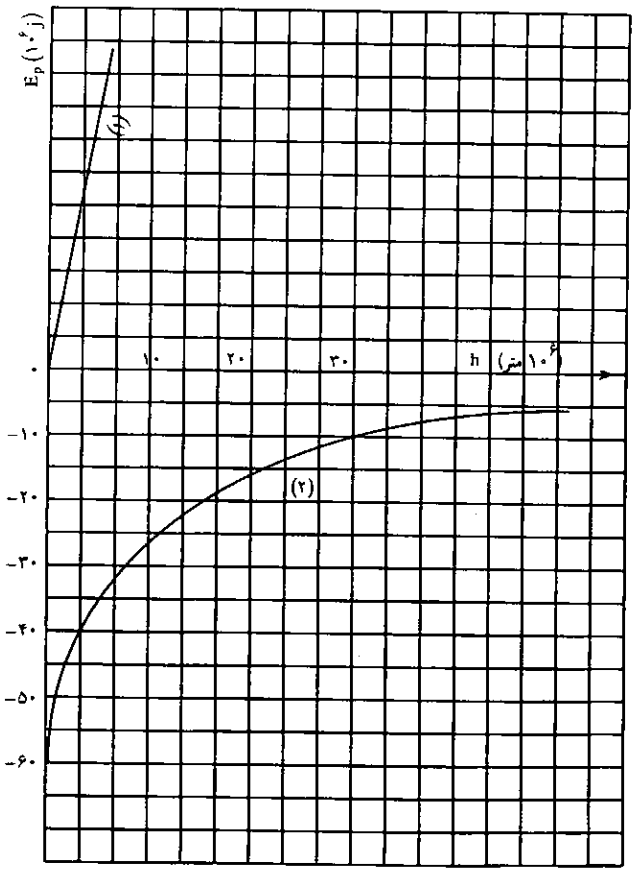
۱ ــ جسمی به جرم ۱ کیلوگرم را درنظر می‌گیریم. اگر وزن این جسم با افزایش ارتفاع از سطح زمین ثابت بماند، تغییرات انرژی پتانسیل (E_p) آن برحسب ارتفاع ازسطح زمین (h) بصورت خط راستی است که در شکل با شمارهٔ ۱ مشخص شده است. ولی چون وزن این جسم با فاصله از سطح زمین کم می‌شود تغییرات انرژی پتانسیل برحسب ارتفاع از سطح زمین یک خط خمیده است که در شکل با شماره ۲ مشخص شده است. محور افقی مجانب این منحنی است.

الف : در هر یک از دو منحنی مبدأ انرژی پتانسیل کجا انتخاب شده است؟

جسم را با سرعت ۸ km/s در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. با فرض اینکه هوا در برابر حرکت جسم مقاومتی نداشته باشد.

ب : سرعت جسم در ارتفاع ۵۰۰۰km از سطح زمین چند متر بر ثانیه است؟

ج : جسم حداکثر تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟



د : جسم را حداقل با چه سرعتی در راستای قائم به طرف بالا پرتاب کنیم تا دیگر به زمین برنگردد؟ (این سرعت را سرعت فرار می‌نامند.)

۲ ــ در لوله‌ای فلزی مطابق شکل آب گرم با سرعت $V = 50cm/s$ جریان دارد. آب با دمای $\theta_1 = 60°C$ از یک سر لوله وارد و از سر دیگر با دمای $\theta_2 = 45°$ خارج می‌شود، زیرا از سطح لولهٔ فلزی گرما به هوای مجاور داده می‌شود.

الف : در هر ثانیه چند ژول گرما به محیط داده می‌شود؟ گرمای ویژهٔ آب $c = 4200 \frac{J}{kg.K}$ است.

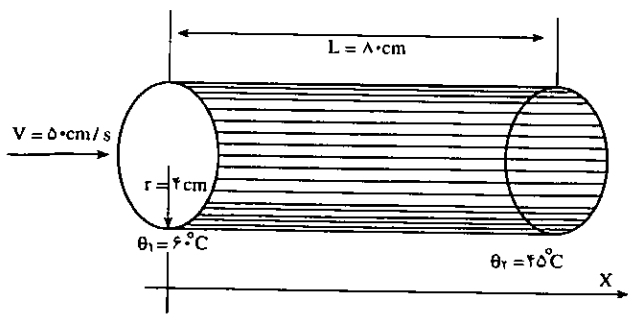
فرض کنید تغییرات دمای لوله از θ_1 تا θ_2 در طول آن یکنواخت و دمای آب درهرجا با دمای سطح لوله در آنجا برابر باشد. همچنین فرض کنید u، گرمایی که در واحد زمان از واحد سطح لوله به هوای مجاور داده می‌شود، (برحسب $\frac{J}{m^2.s}$)از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$u = \alpha(\theta - \theta_0)$$

که در آن θ دمای نقطه‌ای از سطح لوله، $\theta_0 = 20°C$ دمای هوای مجاور لوله و α یک ضریب ثابت است.

ب : نمودار تغییرات θ برحسب X را رسم کنید.

ج : با محاسبهٔ گرمایی که در هر ثانیه از تمام سطح لوله به هوای مجاور داده می‌شود و استفاده از نتیجهٔ قسمت الف، ضریب ثابت α را در SI محاسبه کنید.



مخصوص نظام قدیم

۳ ــ شخصی به جرم $m = 50kg$ در حالی که یک سر فنر سبکی به ثابت $k = 400N/m$ را در دست گرفته است، روی یک

ترازوی فنری ایستاده است. به سر دیگر فنر جرم $m = ۲kg$ آویخته شده است. $(g = ۱۰ m/s^۲)$

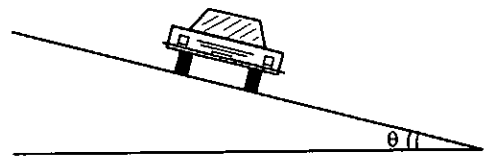
الف : اگر وزنهٔ m در حال تعادل و شخص بی‌حرکت باشد، ترازوی فنری چه مقداری نشان می‌دهد؟

حال این شخص با دست دیگرش وزنهٔ m را به اندازهٔ $d = ۵cm$ پایین می‌کشد و سپس آن را رها می‌کند. با این کار وزنهٔ m در دو طرف وضع تعادل به اندازهٔ d بالا و پایین می‌رود.

ب : حداقل و حداکثر مقداری که ترازوی فنری نشان می‌دهد، چقدر است؟

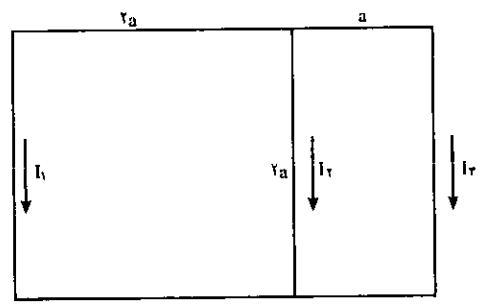
مخصوص نظام جدید

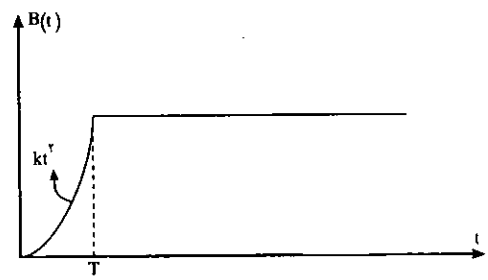
۳ ــ در جاده‌ای با شیب عرضی θ و ضریب اصطکاک μ ، اتومبیلی مسیر دایره‌ای شکل به شعاع r را می‌پیماید. حداقل و حداکثر سرعت اتومبیل را برای اینکه سُر نخورد، به دست آورید.



۴ ــ مداری مطابق شکل از سیمهایی با مقاومت واحد طول λ تشکیل شده است. ابعاد سیمها در شکل داده شده است. میدان مغناطیسی متغیر با زمانی B(t) به طور عمود بر صفحهٔ مدار و به طرف داخل اعمال می‌کنیم.

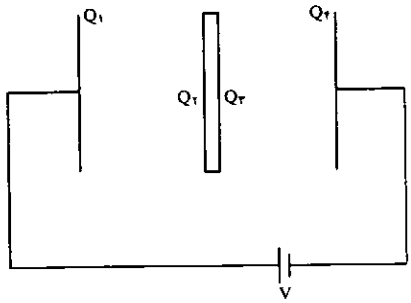
تغییرات میدان مغناطیسی B(t) با زمان در نمودار نشان داده شده است که در آن K و T ثابت و t زمان است. جریان داخل هر سیم را به صورت تابعی از زمان به دست بیاورید و آن را رسم کنید.





۵ ــ خازن مسطحی به ظرفیت C را به دو قطب یک باتری به اختلاف پتانسیل V وصل کرده‌ایم. روی یک تیغهٔ بسیار نازک فلزی که ابعاد آن با ابعاد صفحات خازن برابر است بار Q قرار می‌دهیم. و آن را بطوری که با صفحات خازن تماس پیدا نکند در بین آنها وارد می‌کنیم. تیغه مطابق شکل درست در وسط دو صفحهٔ خازن قرار می‌گیرد.

بارهای روی صفحه‌های خازن و دوطرف تیغهٔ فلزی را مطابق شکل $Q_۱$ تا $Q_۴$ نامگذاری کرده‌ایم. بارهای مذکور را به دست آورید.



۶ ــ در آسمان ستاره‌هایی وجود دارند موسوم به ستاره‌های مزدوج که در واقع از دو ستارهٔ نزدیک به هم که دور یکدیگر می‌چرخند تشکیل شده‌اند. درپاره‌ای شرایط ممکن است پدیدهٔ گرفت یا کسوف از دید ناظر زمینی رخ دهد، یعنی یکی از دو ستاره تمام یا بخشی از ستارهٔ دیگر را بپوشاند و مانع رسیدن نور آن به ناظر شود، در این صورت دستگاه را ستارهٔ مزدوج گرفتی می‌نامند.

فرض کنید دستگاه ذکر شده از دو ستاره به شعاع یکسان r که در فاصلهٔ بسیار دوری از زمین قرار دارند تشکیل شده و درخشندگی آنها (شدت نوری که به ناظر زمینی می‌رسد) $I_۱$ و $I_۲$ باشد $(I_۱ > I_۲)$. برای سهولت روشنی قرص تصویر هریک از دو ستاره، یعنی نوری که از واحد سطح تصویر به ناظر می‌رسد را یکنواخت درنظر می‌گیریم. فرض کنید ستارهٔ ۱ ساکن است و مرکز ستارهٔ ۲ روی دایره‌ای به شعاع R دور آن می‌چرخد. زاویه امتداد دید ناظر با عمود بر صفحهٔ مدار ستارهٔ مزدوج را زاویهٔ شیب مداری می‌نامیم و به i نشان می دهیم.

الف : چه شرطی روی R ، i و r باشد تا : ۱ ــ اصلاً گرفت رخ ندهد، ۲ ــ گرفت جزئی رخ دهد، ۳ ــ گرفت کلی رخ دهد.

ب : به علت دوری فاصله، ناظر از مجموعهٔ دو ستاره یک تصویر تقریباً نقطه‌ای در تلسکوپ خود مشاهده می‌کند، به دلیل پدیدهٔ گرفت درخشندگی تصویر به طور متناوب تغییر می‌کند. بافرض آنکه چرخش ستارهٔ ۲ دور ۱ کاملاً یکنواخت باشد، منحنی تغییرات درخشندگی ستاره مزدوج برحسب زمان را برای حالت گرفت جزئی در یک دورهٔ کامل رسم کنید. فقط رفتار منحنی، یعنی کاهش یا افزایش درخشندگی مدّنظر است و جزئیات کمّی لازم نیست. دربارهٔ نقاطی که رفتار منحنی تغییر می‌کند توضیح دهید.

ج : برای حالت گرفت کلی، مقدار درخشندگی ستاره در مواقعی که کمینه می‌شود، چقدر است؟

پاسخهای تشریحی نهمین المپیاد فیزیک ایران

در شماره‌های قبل آزمونهای مرحله مقدماتی گزینش دانش‌آموزان تیم نهم المپیاد فیزیک ایران آورده شد. دراین شماره پاسخهای تشریحی این آزمونها آورده می‌شود.

لازم بذکر است که پاسخها بوسیله طراحان ارائه شده که بوسیله آقایان محمود بهمن‌آبادی و محمدرضا اجتهادی جهت چاپ در نشریه تنظیم و آماده شده است.

آقایان دکتر سپهری ـ دکتر شیرزاد ـ دکتر آقا محمدی ـ شیوایی ـ محمودزاده ـ بهمن آبادی ـ تولا و اجتهادی در طرح این مجموعه و آقای دکتر خرمی دربازدید نهایی آن جهت آماده سازی برای آزمون همکاری داشته‌اند.

حل مسأله ۱

الف ـ مبدأ انرژی پتانسیل در منحنی شمارهٔ (۱) سطح زمین انتخاب شده زیرا انرژی پتانسیل در $h=0$ یعنی در سطح زمین صفر است.

ـ مبدأ انرژی پتانسیل در منحنی شمارهٔ (۲) بینهایت است زیرا انرژی پتانسیل در فاصلهٔ بینهایت از سطح زمین صفر می‌شود.

ب ـ در سطح انرژی مکانیکی جسم چنین است.

$$E=-60\times10^{6}\,j$$

$$E_{1c}=\frac{1}{2}mV^{2}=\frac{1}{2}\times1\times64\times10^{6}=32\times10^{6}\,j$$

$$E_{1}=E_{1c}+E_{1p}=32\times10^{6}-60\times10^{6}=-28\times10^{6}\,j$$

چون مقاومت هوا را صفر فرض کرده‌ایم، انرژی مکانیکی ثابت می‌ماند. در ارتفاع ۵۰۰۰km داریم:

$$E_{2p}=-35\times10^{6}\,j$$

$$E_{2c}=E_{2}-E_{2p}=E_{1}-E_{2p}=$$

$$-28\times10^{6}-(-35\times10^{6})=7\times10^{6}=\frac{1}{2}mV_{2}^{2}$$

$$V_{2}^{2}=14\times10^{6}\rightarrow V_{2}=3/74\times10^{3}\ m/s$$

ج ـ در ارتفاع ماکزیمم انرژی جنبشی جسم صفر است، پس انرژی مکانیکی باید با انرژی پتانسیل در آن ارتفاع برابر باشد، یعنی

$$E_{3p}=E_{1}=-28\times10^{6}\,j$$

از روی شکل ارتفاعی که انرژی پتانسیل $-28\times10^{6}\,j$ باشد، برابر با حدود ۷۰۰۰km است.

د ـ اگر قرار باشد جسم پس از پرتاب به زمین برنگردد، باید از زمین بینهایت دور شود. در فاصلهٔ بسیار دور انرژی پتانسیل جسم صفر است. برای آنکه حداقل سرعت پرتاب بدست آید، باید در فاصله بسیار دور از زمین انرژی جنبشی جسم نیز صفر باشد. پس انرژی مکانیکی جسم در فاصلهٔ بسیار دور صفر است. بنابراین باید در سطح زمین نیز انرژی مکانیکی حداقل برابر صفر باشد.

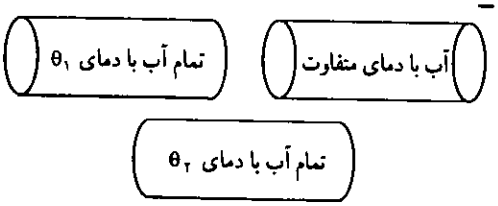
$$E_{4p}+E_{4c}=0$$

$$E_{4p}=-E_{4c}\rightarrow E_{4c}=\frac{1}{2}mV_{e}^{2}=60\times10^{6}\rightarrow$$

$$V_{e}^{2}=120\times10^{6}\rightarrow V_{e}=10/95\times10^{3}\ m/s$$

حل مسأله ۲

الف ـ



در دوطرف لوله مقادیر آب برابر با آب درون لوله درنظر می‌گیریم. پس از مدت $t=\frac{l}{V}$ ، آب با دمای θ_1 درون لوله جاگرفته است، آب درون لوله جای آب با دمای θ_1 را گرفته است. بنابراین پس از مدت t آب درون لوله همان است که بود ولی آب با دمای θ_1 جای آب با دمای θ_2 را

پرکرده است. گرمای از دست داده توسط آب چنین است.

$$Q = \pi r^2 lsc(\theta_1 - \theta_2)$$

$$Q = \pi(0/04)^2 \times 0/8 \times 4200 \times 10^3 (60-45) = 253/4 \times 10^3 \text{ j}$$

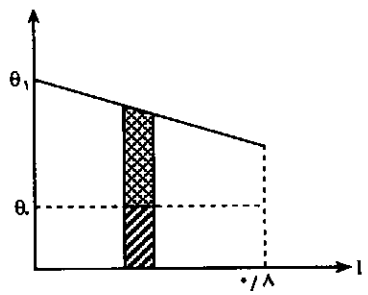
$$t = \frac{l}{V} = \frac{0/8}{0/5} = 1/6 \text{s}$$

$$\frac{Q}{t} = \frac{253/4 \times 10^3}{1/6} = 158/4 \times 10^3 \text{ j/s}$$

ب و ج) تغییرات دما در طول لوله در شکل رسم شده است. گرمایی که از قسمت کوچکی از لوله به طول Δl در یک ثانیه به هوا داده می‌شود، چنین است.

$$\Delta s = 2\pi r \Delta l$$

$$\Delta Q = u\Delta s = 2\pi rk(\theta - \theta_0)\Delta l$$



اما $\Delta l(\theta - \theta_0)$ با مساحت نوار سیاه شده برابر است.

اگر گرمای داده از تمام سطح لوله را در ثانیه بخواهیم، باید مساحت زیر نمودار را در $2\pi rk$ ضرب کنیم.

$$Q = 2\pi rk\left[\frac{(\theta_1 - \theta_0) + (\theta_2 - \theta_0)}{2}\right] \times 0/8 \quad \text{در یک ثانیه}$$

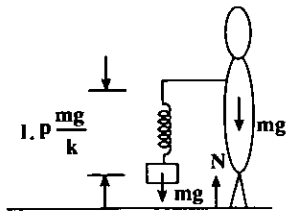
$$Q = 2\pi \times 0/04 k \frac{(60-20)(45-20)}{2} \times 0/8 = 158/4 \times 10^3$$

$$\therefore k = 15/75 \times 10^2 \text{ j/m}^2\text{.s.k}$$

حل مسأله ۳ (نظام قدیم)

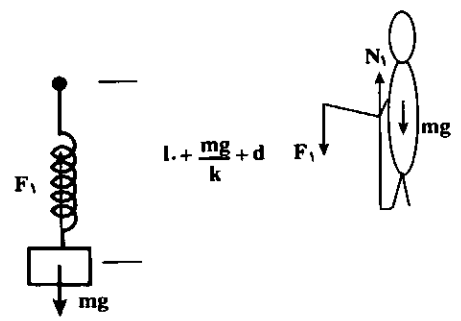
الف ـ $N = Mg + mg = 50 \times 10 + 2 \times 10 = 520 \text{N}$

ب ـ $\Delta l_1 = \frac{mg}{k} + d \rightarrow F_1 = k\Delta l_1 = mg + kd$



$N_1 = Mg + F_1 = 50 \times 10 + 2 \times 10 + 400 \times 0/05$

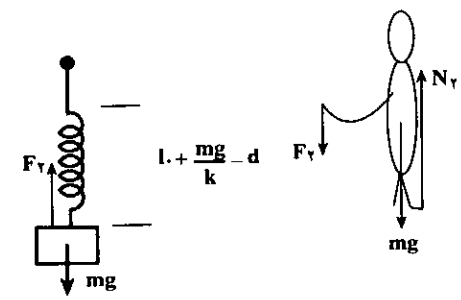
بیشترین مقدار : $\therefore N_1 = 540 \text{N}$



$$\Delta l_2 = \frac{mg}{k} - d \rightarrow F_2 - k\Delta l_2 = mg - kd$$

$N_2 = Mg + F_2 = 500 + 20 - 400 \times 0/05$

کمترین مقدار : $\therefore N_2 = 500 \text{N}$



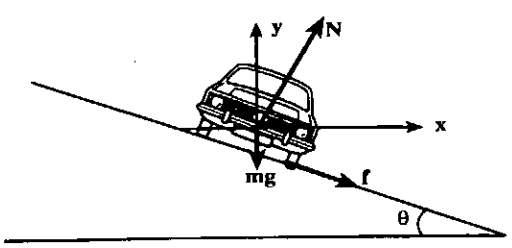
حل مسأله ۳(نظام جدید)

حالت سرعت ماکزیمم وضعیتی است که اتومبیل در آستانهٔ سُرخوردن به سمت بالا قرار می‌گیرد و بنابراین نیروی اصطکاک به سمت پایین سطح شیبدار است.

از قانون دوم نیوتن داریم : $\Sigma F_y = 0$

$$N\cos\theta - mg - \mu N\sin\theta = 0$$

$$\Sigma F_x = m\frac{V^2}{r}$$



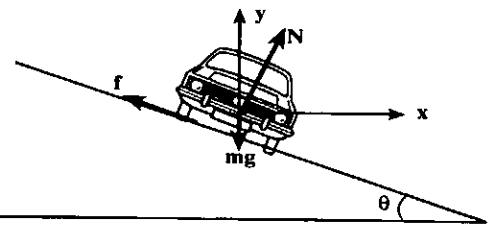
$$N\sin\theta+\mu N\cos V=m\frac{V^2}{r}$$

$$\therefore N=\frac{mV^2/r}{\sin\theta+\mu\cos\theta}$$

$$mg=\frac{mV^2/r}{\sin\theta+\mu\cos\theta}(\cos\theta-\mu\sin\theta)$$

$$\boxed{V_{max}^2=rg\frac{\sin V+\mu\cos\theta}{\cos\theta-\mu\sin\theta}}$$

حالت سرعت می‌نیمم وضعیتی است که اتومبیل در آستانه سُرخوردن به سمت پایین قرار می‌گیرد و بنابراین نیروی اصطکاک به سمت بالای سطح شیبدار است. و باز دوباره از قانون دوم نیوتن داریم : $\Sigma F_y=0$



$$N\cos\theta+\mu N\sin\theta-mg=0$$

$$\Sigma F_x=m\frac{V^2}{r}$$

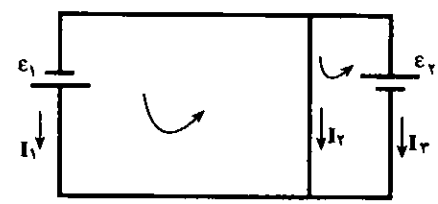
$$N\sin\theta-\mu N\cos V=m\frac{V^2}{r}$$

$$\therefore N=\frac{mV^2/r}{\sin\theta+\mu\cos\theta}$$

$$mg=\frac{mV^2/r}{\sin\theta-\mu\cos\theta}(\cos\theta+\mu\sin\theta)\rightarrow$$

$$\boxed{V_{min}^2=rg\frac{\sin\theta-\mu\cos\theta}{\cos\theta+\mu\sin\theta}}$$

مسأله ۴



با توجه به شکل B(t)داریم :

$$B(t)=\begin{cases}kt^2 & ; t\le T\\ kT^2 & ; t\ge T\end{cases}$$

اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی در هر حلقهٔ مدار می‌شود.

$$\varepsilon_1=\frac{d\varphi_1}{dt}=\frac{d}{dt}(BS_1\cos\alpha)=\frac{d}{dt}(kt^2.4a^2)=8a^2kt\ ;\ t<T$$

$$\varepsilon_2=\frac{d\varphi_2}{dt}=\frac{d}{dt}(BS_2\cos\alpha)=\frac{d}{dt}(kt^2.2a^2)=4a^2kt\ ;\ t<T$$

با توجه به اینکه بعد از زمان $t=T$ میدان مغناطیسی ثابت می شود، نیروی محرکهٔ القایی در مدار صفر شده و جریانی در مدار القاء نمی‌شود. بنابراین تا قبل از زمان $t=T$ داریم :

$$\begin{cases}6a\lambda I_1-2a\lambda I_2-8a^2kt=0\\ 2a\lambda I_2-4a\lambda I_3-4a^2kt=0\\ I_1+I_2+I_3=0\end{cases}$$

$$\therefore\begin{cases}3I_1-I_2=\frac{4akt}{\lambda}\Rightarrow I_2=3I_1-\frac{4akt}{\lambda}\\ I_2-2I_3=\frac{2akt}{\lambda}\\ I_1+I_2+I_3=0\end{cases}$$

با جمع کردن دو معادلهٔ اوّل داریم :

$$3I_1-2I_3=6\frac{ak}{\lambda}t\Rightarrow I_3=\frac{3}{2}I_1-3\frac{ak}{\lambda}t$$

با جایگزین کردن روابط I_2 و I_3 برحسب I_1 در معادلهٔ سوم داریم :

$$I_1+(3I_1-\frac{4ak}{\lambda}t)+(\frac{3}{2}I_2-\frac{3ak}{\lambda}t)=0$$

$$\Rightarrow I_1=\frac{14}{11}\frac{ak}{\lambda}t$$

$$\Rightarrow I_2=\frac{-2ak}{\lambda}t$$

$$\Rightarrow I_3=-\frac{12}{11}\frac{ak}{\lambda}t$$

که علامت منها نشان می‌دهد که جهت جریان نشان داده شده در شکل مدار برعکس است.

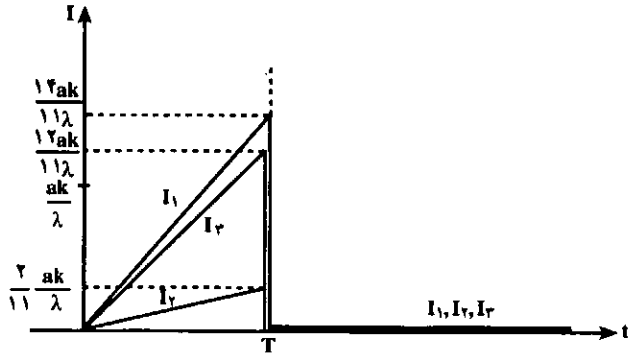
با توجه به مقادیر ε_1 و ε_2 برحسب زمان داریم. (در اینجا مقادیر مطلق I_1 و I_2 و I_3 بیان می‌شود)

$$I_1=\begin{cases}(\frac{14}{11}\frac{ak}{\lambda})t & ; t\le T\\ 0 & ; t>T\end{cases}$$

$$I_2=\begin{cases}(\frac{2}{11}\frac{ak}{\lambda})t & ; t\le T\\ 0 & ; t>T\end{cases}$$

$$I_3=\begin{cases}(\frac{2}{11}\frac{ak}{\lambda})t & ; t\le T\\ 0 & ; t>T\end{cases}$$

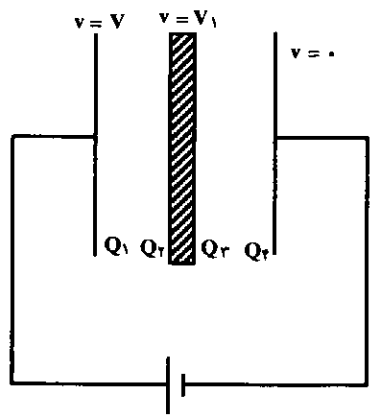
نمودار تغییرات I_1 و I_2 و I_3 به صورت زیر است.



حل مسأله ۵

بنابه القای متقابل و یا بنا به ضرورت صفر شدن میدان الکتریکی در داخل تیغه و در پشت خازنها داریم

$$Q_4 = -Q_3 \quad , \quad Q_2 = -Q_1$$



فاصلهٔ صفحات خازن اصلی نصف شده بنابراین دو خازن به ظرفیت ۲ C داریم. تیغه هم پتانسیل است که آنرا V_1 می‌نامیم. بار کل تیغه نیز Q است، بنابراین

$$\begin{cases} Q_3 + Q_2 = Q \Rightarrow Q_3 - Q_1 = Q \\ 2C(V - V_1) = Q_1 \Rightarrow Q_1 + Q_3 = 2CV \\ 2CV_1 = Q_3 \end{cases}$$

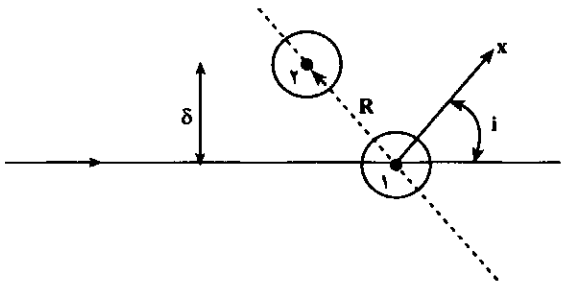
$$\Rightarrow \begin{cases} Q_3 = CV + \frac{Q}{2} \\ Q_1 = CV - \frac{Q}{2} \end{cases}$$

حل مسأله ۶

الف ـ

از خط دید ستارهٔ ۱ (ثابت) و عمود بر سطح مدار ستارهٔ ۲ حول آن (خط x)صفحه‌ای می‌گذرانیم. (مقطع صفحهٔ مدار با صفحهٔ شکل به صورت خط‌چین نشان داده شده). در لحظه‌ای که مرکز ستارهٔ ۲ در این صفحه قرار گیرد، ناظر کمترین فاصلهٔ میان مراکز تصویرهای دایره‌ای دو ستاره را مشاهده خواهد کرد. این فاصله را δ می‌نامیم. از شکل پیداست که :

$$\delta = R\cos i$$



ناظر بر صفحهٔ آسمان دو دایره به شعاع r که جدایی مراکز آنها δ است می‌بیند. برای آنکه کسوف رخ دهد باید δ از $2r$ کمتر باشد. بنابراین :

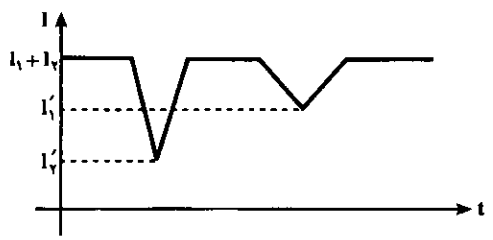
کسوف رخ نمی‌دهد $\quad \delta > 2r \Rightarrow R\cos i > 2r$

کسوف رخ می‌دهد $\quad \delta < 2r \Rightarrow R\cos i < 2r$

کسوف کامل رخ می‌دهد $\quad \delta = 0 \Rightarrow i = \frac{\pi}{2}$

ب ـ

s قسمت پوشانده شده از یک ستاره در حالت بیشینهٔ کسوف است.



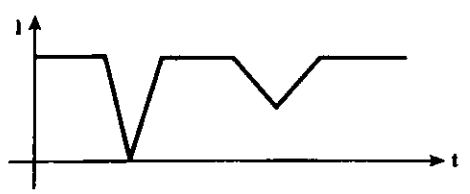
$$I'_1 = I_1 + I_2\left(1 - \frac{s}{\pi r^2}\right)$$

$$I'_2 = I_2 + I_1\left(1 - \frac{s}{\pi r^2}\right)$$

ج ـ

$$S = \pi r^2$$

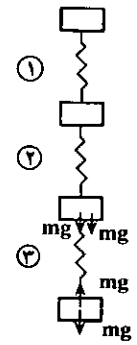
$$I' = I_1, I'_2 = I_2$$



پاسخ آزمونهای چند گزینه ای

پرسشها در شمارهٔ ۴۰ چاپ شده‌اند.

۱ــ درحالی که دستگاه بصورت قائم آویزان است.



بنا به شرط تعادل فنر بالایی با نیروی ۳mg فنر وسطی با نیروی ۲mg و فنر پایینی با نیروی mg کشیده می‌شوند درنتیجه تغییر طول فنرها از حال تعادل برابر است با :

$$\Delta l_1 = \frac{3mg}{k} = \frac{3\times 2\times 10}{10} = 3cm$$

$$\Delta l_2 = \frac{2mg}{k} = 2cm$$

$$\Delta l_3 = \frac{mg}{k} = 1cm$$

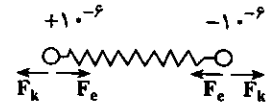
تغییر طول کل دستگاه :

$$\Delta l = 1+2+3 = 6cm$$

طول کل دستگاه : $L = 6+36 = 42cm$

پاسخ (ب)

۲ــ در این شرایط بدلیل تعادل نیروی الکتریکی بین دو بار (F_e) با نیروی فنر برابر و مختلف الجهت هستند.



$$F_e = -9\times 10^9 \frac{10^{-6}\times 10^{-6}}{(10^{-1})^2} = -0/9N$$

$$|F_k| - |F_e| = 0/9N$$

برای تغییر طول داریم

$$\Delta x = \frac{F}{k} = \frac{0/9}{10^2} = 9\times 10^{-3}(m) = 0/9cm$$

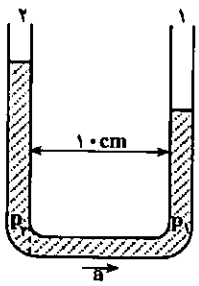
طول عادی فنر $L_0 = 10+0/9 = 10/9cm$

پاسخ (الف)

۳ــ بدلیل آنکه در دستگاه واگن، اندازهٔ سرعت دو گلوله برابر است دو گلوله همزمان به دیواره‌ها می‌رسند.

پاسخ (ج)

۴ــ مقدار آب درون شاخهٔ افقی دارای شتاب $\vec{a}$ می‌باشد درنتیجه مطابق قانون دوم نیوتن نیرویی به آن وارد می‌شود. این نیرو ناشی از اختلاف فشار در دو طرف این شاخه می‌باشد.



$$A(P_2 - P_1) = F = ma$$

$$(P_2 - P_1) = PL\cancel{A}\, a$$

$$P_2 - P_1 = PL\, a \qquad (1)$$

از طرفی با توجه به اختلاف ارتفاع ستونهای مایع :

$$P_2 - P_1 = pg(h_2 - h_1) = pg\Delta h \qquad (2)$$

از معادلات ۱ و ۲ بدست می‌آید که :

$$pLa = pg\Delta h$$

$$\Delta h = L\frac{a}{g} = ۱۰ \times \frac{۳}{۱۰} = ۳cm$$

پاسخ (ب)

۵ ــ از پایین لوله‌ها شروع می‌کنیم و به سوی بالا در هر دو لوله حرکت می‌کنیم.

در پایین بدلیل اینکه مایع در لوله افقی در حال سکون می‌باشد نتیجه می‌گیریم که فشار هر دو لوله یکسان است و در نتیجه اختلاف فشار صفر است.

تا ارتفاع $h_۱$ در هر لوله مایع از یک جنس است درنتیجه فشار هر دو لوله نسبت به انتهای آن به مقدار pgh کاهش می‌یابد و اختلاف فشار صفر می‌باشد.

از ارتفاع $h_۱$ تا $h_۲$ بدلیل بیشتر بودن چگالی در لوله سمت چپ (A) کاهش فشار در لوله A بیشتر از لوله B است و

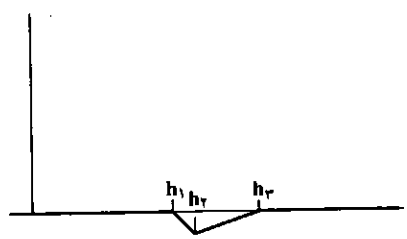
$$P_A - P_B = -P_A gh + (P_A gh_۱ + P_B g(h - h_۱))$$

$$= -g(h - h_۱)(P_A - P_B)$$

که برحسب h خطی با ضریب زاویه منفی و مقدار منفی است.

از ارتفاع $h_۲$ به بعد فشار در لوله A، $P_.$ است و در لوله B بیشتر از آن ولی با زیاد شدن ارتفاع این اختلاف کم می‌شود و درنهایت در نقطه $h_۳$ هر دو لوله فشار $P_.$ دارند و اختلاف فشار صفر می‌شود.

پاسخ (د)



۶ ــ

$$C_۱^۲ = a_۱^۲ + b_۱^۲ \qquad (۱)$$

$$C_۲^۲ = C_۱^۲(۱ + \alpha_c \Delta\theta)^۲ \qquad (۲)$$

$$C_۱^۲ = a_۲^۲ + b_۲^۲ = a_۱^۲(۱ + \alpha\Delta\theta)^۲ + b_۱^۲(۱ + \alpha\Delta\theta)^۲ \qquad (۳)$$

ازطرفی می‌خواهیم

$$= (a_۱^۲ + b_۱^۲)(۱ + \alpha\Delta\theta)^۲ \qquad (۴)$$

با جاگذاری از (۱)

$$C_۲^۲ = C_۱^۲(۱ + \alpha\Delta\theta)^۲ \qquad (۵)$$

با مقایسه (۵) و (۲) :

$$\boxed{\alpha_c = \alpha}$$

پاسخ (ج)

برای حل این پرسش از تشابه مثلثها هم می‌توانیم پاسخ را حدس بزنیم.

۷ــ میزان گرمایی که یک وجه عایق بندی نشده از دست می‌دهد.

$$\frac{۱۵۰۰}{۶} = ۲۵۰J$$

میزان گرمایی که یک وجه عایق‌بندی شده از دست می‌دهد

$$\frac{۶۰}{۶} = ۱۰J$$

میزان گرمایی که یک وجه عایق‌بندی نشده و پنج وجه عایق بندی شده از دست می‌دهد.

$$۲۵۰ + ۵ \times ۱۰ = ۳۰۰J$$

پاسخ (ج)

۸ ــ گرمای از دست داده توسط یک جسم متناسب با تغییر دمای آن است.

برای پاسخ (د) به این نکته توجه کنید که جسم در نهایت با محیط هم‌دما خواهد شد.

پاسخ‌های (ب) و (د) صحیح هستند.

۹ــ بدلیل رسانندگی بیشتر مس اختلاف دمای دو سر آن باید بیشتر از اختلاف دمای دو سر میله آلومینیومی باشد درنتیجه محل اتصال دمایی بیشتر از ۵۰ درجه سانتیگراد دارد و پاسخ (ب) درست می‌باشد.

۱۰ــ بدلیل آنکه آب $۴^\circ C$ بیشترین چگالی را دارد اگر آب از بازهٔ $۰^\circ C$ تا $۱۰^\circ C$ داخل ظرف باشد آب $۴^\circ C$ باید در پایین‌ترین قسمت ظرف قرار گیرد در این حالت اگر آب صفر درجه در ظرف وجود داشته باشد باید بالای آب ۴° و در مجاورت آب با دماهای بیشتر از ۴° قرار گیرد که امکان ندارد پس در هیچ جای ظرف آب صفر درجه وجود ندارد.

پاسخ (ب)

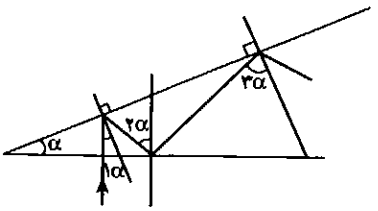
۱۱ــ وقتی شما در مرکز آینه قرار گیرید فقط نورهایی به مردمک چشم شما وارد می‌شود که از مردمک خارج شده باشد. پس شما آینه را سیاه می‌بینید. قبل از این نقطه تصویر معکوس کوچکتری از خود و بعد از این نقطه تصویر مستقیم و بزرگتری از خود را در آینه مشاهده می‌کنید.

پاسخ (ج)

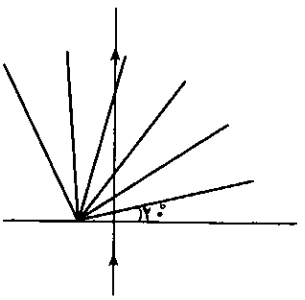
۱۲ــ با کمی دقت در شکل و با استفاده از روابط هندسی

براحتی می‌توان دید که زاویه اولیـن تابش پرتوزای آینه اول α می‌باشد و در هر بازتابش به مقدارa به زاویه تابش افزوده می‌شود از آنجا که زاویه تابش نمی‌تواند بیش از ۹۰درجه باشد این پرتو فقط ۴ بازتاب روی آینه‌ها خواهد داشت و دیگر با سطوح آنها برخورد نمی‌کند.

پاسخ (ب)

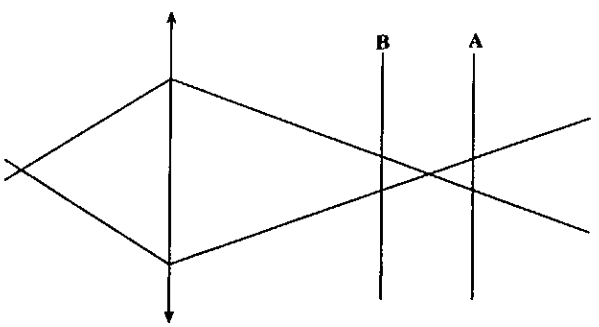


یک راه ساده‌تـر برای رسیدن بـه جواب آن است که به جای تصویرکردن پرتـوی ورودی تصاویر آینـه ها را در یکدیگر رسم کنیم.



حال براحتی ببینید کـه پرتوی ورودی فقط بـا چهار آینه برخورد می‌کند.

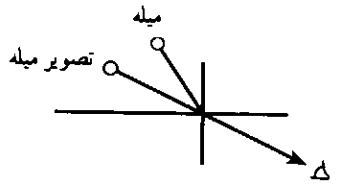
۱۳ـ



امکان دارد پرده یا در وضعیت A باشد یا در وضعیت B در حالت A با دورکردن آن قطر قرص روشن زیاد می‌شود در حالت B قطر قرص اول کم می‌شود و بعد دوباره زیاد می‌شود. پاسخهای (ج) و (هـ) هردو درست هستند.

۱۴ـ در ناحیه‌ای که از بالا نگاه کرده می‌شود باید عمق ظاهری آب کمتری دیده شود پس میله به طرف بالا مـی‌شکند. و ضلع مقابل به تصویر میله باید کمی عقبتر از راستـای آن در خـارج دیـده شود برای درک بهتـر ایـن قسمت از بالا به مسیـر پرتوهای نور توجه می‌کنیم.

پاسخ (الف)



۱۵ـ ماه نور خود را از خورشید می‌گیرد. پس خورشید در سمتی قرار دارد که هلال ماه اشاره می‌کند.

و نیـز خـورشید و ماه هـر دو از یک سو طلـوع می‌کننـد درنتیجه اگر تصویر زمان طلوع ماه را نشان می‌دهد خورشید هنوز طلوع نکرده.

پاسخ (ج)

۱۶ـ به دلیـل آنکه گلولـه با نخ آویزان است وجـود بار آزمون q_0 بـاعث می‌شود که بار q از محل خـود جابجا شود و بسته به نوع بارها دورتـر یا نزدیکتر به نقطه آزمـون قرار گیـرد.

پـاسخ‌های صحیح (الف) و (ب)

۱۷ـ خطوط نیرو راستای نیروی وارد بر بار را نشان می‌دهند و می‌دانیم نیرو و شتاب بردارهای هم جهتی هستند ولی فقط در حرکت مستقیم‌الخط بردارهای شتاب و سرعت هم راستا هستند درنتیجه با توجه به شکل در این میدان در هیچ شرایطی بار بر روی خط نیرو حرکت نمی‌کند.

پاسخ (د)

۱۸ـ اندازه نیرو به شدت میدان بستگی دارد و شدت میدان با چگالی خطوط متناسب است

پاسخ (ب)

۱۹ـ پاسخ های صحیح (الف) ـ (ج) ـ (هـ).

۲۰ـ در داخل فلز میدان صفر و پتانسیل ثابت است. گزینه‌های درست (ب) و (ج).

۲۱ـ مساحت زیر منحنی q.v است که بُعد انرژی دارد.

پاسخ (ب)

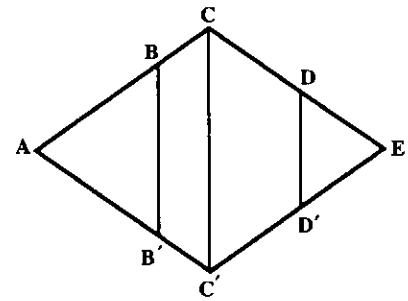
۲۲ـ نسبت $\frac{1}{V}$ در هر نقطه عکس مقاومت است اگر مقاومت کاهش یابد این نسبت بایستی افزایش یابد.

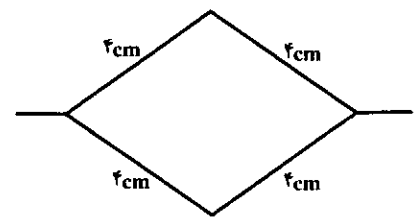
پاسخ صحیح (ج)

۲۳ـ به دلیل تقارن نقاط C وD وB با نقاط D' و C' و B' دوسر اتصالهای عمودی هم پتانسیل هستند و می‌توان از آنها صرفنظر کرد،

که R معادل آن برابر ۴۰Ω می‌شود.

پاسخ (ب)





۲۴ــ هم در لحظه ورود آهنربا به حلقه و هم در خروج، نیرو دافعه است. پاسخ صحیح (الف) است.

۲۵ ــ پاسخ صحیح (ب) است.

۲۶ــ حرکت هر جز حلقه را بطور میانگین می‌توان مانند یک مدار حلقه‌ای جریان تشبیه کرد و با استفاده از قوانین الکترومغناطیس جهت میدان مغناطیسی بدست می‌آید.

پاسخ (ج)

۲۷ــ مطابق قانون لنز هم در هنگام ورود و هم در هنگام خروج نیرو در جهت خلاف حرکت چرخ است و سرعت کم می‌شود.

پاسخ (الف)

۲۸ــ در هنگام ورود قرص در میدان قرار می‌گیرد که جریان‌های القایی بایستی این میدان را تضعیف کنند جریان پاد ساعتگرد است.

در هنگام خروج قرص از میدان خارج می‌شود که جریانهای القایی بایستی میدان را حفظ کنند جریان ساعتگرد است.

پاسخ (د)

پاسخ مسائل کوتاه

۲۹ــ

$$y_A = y_R = y \qquad (۱)$$

$$y_A = -\frac{۱}{۲}gt^۲ + h \qquad (۲)$$

$$y_B = -\frac{۱}{۲}gt^۲ + v_۰t \qquad (۳)$$

$$v_A = gt \qquad (۴)$$

$$v_B = -۲gt + v_۰ \qquad (۵)$$

$$v_A = ۲v_B \qquad (۶)$$

$$(۱,۲,۳) \Rightarrow h = v_۰t \qquad (۷)$$

$$(۴,۵,۶) \Rightarrow v_۰ = \frac{۳}{۲}gt \qquad (۸)$$

$$(۷,۸) \Rightarrow \frac{۱}{۲}gt^۲ = \frac{h}{۳} \qquad (۹)$$

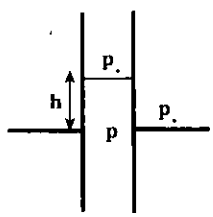
$$(۱,۹) \Rightarrow y = \frac{۲}{۳}h \qquad (۱۰)$$

$$h = ۲۴(m) \Rightarrow y = ۱۶(m)$$

۳۰ــ برای سادگی حل تمام فشارها را برحسب متر آب می‌نویسیم

فشار در سطح تراز مایع داخل لوله $P = P_۰ + h$

$$\frac{P}{P_۰} = ۱ + \frac{h}{P_۰} \qquad (۱)$$



وقتی لوله را با در بسته وارد آب می‌کنیم در ابتدا فشار آب $P_۰$ است و بعد از بالا آمدن آب داخل آن فشارافزایش می‌یابد اگر به طول x آب داخل آن بالا آید.

$$P_۰L = P(L-x) \rightarrow \frac{P}{P_۰} = \frac{L}{L-x} \qquad (۲)$$

$$(۱و۲) \Rightarrow \frac{X}{L} = ۱ - \frac{۱}{۱+\frac{h}{P_۰}} \Rightarrow x = \frac{L\frac{h}{P_۰}}{۱+\frac{h}{P_۰}} \simeq L\frac{h}{P_۰}$$

$$X = ۱\frac{۰/۱}{۱۰} = ۰/۰۱m = ۱۰mm$$

۳۱ــ کار انجام شده در اثر جابجایی پیستون

$$W = F.\Delta L = PA\Delta L$$

$$= ۱۰^۵ \times ۲۲۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰^{-۲} = ۲۲/۴J \simeq ۲۲(J)$$

۳۲ــ

$$V_۰ = ۲۲۴ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰^{-۱} = ۲/۲۴ \times ۱۰^{-۳} \ m^۳ = ۲/۲۴ \ litr$$

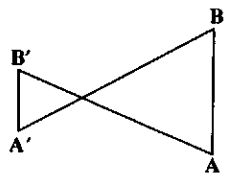
$$\text{تعداد مول‌ها} = \frac{۲/۲۴}{۲۲/۴} = \frac{۱}{۱۰} = ۰/۱ \ mol$$

$$\frac{V_۰}{T_۰} = \frac{V}{T} \Rightarrow T = \frac{V}{V_۰}T_۰ = \frac{A \times ۱۱}{A \times ۱۰} \times ۲۷۳ \simeq ۲۹۰K$$

$$\Delta T = ۲۹۰ - ۲۷۳ = ۲۷ \ K$$

$$Q = ۰/۱ \times ۱۰ \times ۲۷ = ۲۷\ J$$

۳۳ـ



$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \Rightarrow \boxed{\frac{p}{q}=\frac{p}{f}+۱} \qquad (۱)$$

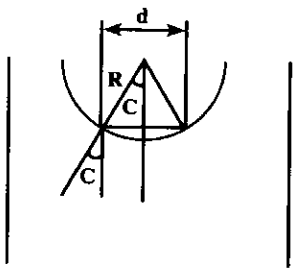
$$\frac{\text{تصویر}}{\text{جسم}}=\frac{A'B'}{AB}=\frac{q}{p} \Rightarrow AB = A'B\left(\frac{p}{f}+۱\right)$$

$$t=\frac{AB}{v}=\frac{A'D'}{v}\left(\frac{p}{f}+۱\right)$$

$$t=\frac{۲\times۱۰^{-۲}(cm)}{۲۰۰۰\left(\frac{cm}{s}\right)}\ \left(\frac{۲۶۰۰(cm)}{۱/۳(cm)}+۱\right)=$$

$$\frac{۲\times۱۰^{-۲}}{۲۰۰۰}(۲۰۰۰+۱)\simeq ۲\times۱۰^{-۲}(s)=۲۰\ ms$$

۳۴ـ



$$\text{سینوس زاویه حد}\ \sin c=\frac{\text{آب } n}{\text{شیشه } n}=\frac{۱/۳}{۱/۵}$$

$$\frac{۱}{۲}d = R\sin c$$

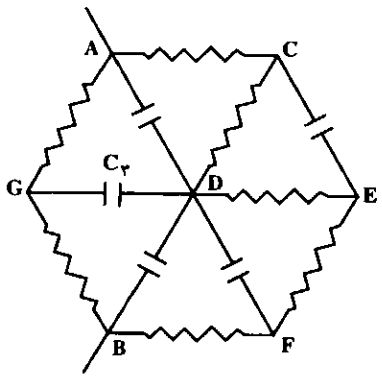
$$d = D\sin c = ۶\times\frac{۱/۳}{۱/۵}=۵/۲cm = ۵۲\ mm$$

۳۵ ـ جریان فقط در شاخه AGB و ACDEFB وجود دارد.

برای راحتی پتانسیل $V_A = ۰$ ، $V_B = ۲۲۰\ V$ در نظر می‌گیریم.

در شاخه $A_{G_۱}B$ پس $R_{BG_۱} = R_{AG_۱}$ $V_{G_۱} = ۱۱۰V$

در شاخه ACDEFB داریم



$$V_{AC}+V_{CD}+V_{DE}+V_{EF}=V_{FB}\ ,$$

$$V_{AC}+V_{CD}+V_{DE}+V_{EF}+V_{FB}=۲۲۰V\ ,$$

$$V_A = ۰ \Rightarrow V_C=\frac{۲۲۰}{۵}V\ ,\ V_D=\frac{۲}{۵}\times۲۲۰\ V = ۸۸V$$

$$V_{DC}=۱۱۰-۸۸=۲۲\ V$$

$$q = CV = ۲\times۱۰^{-۶}\times۲۲ = ۴۴\ \mu C$$

۳۶ـ در هربار تغییر وضعیت کلید از A به B مقداری از بار خازن باردار شدهٔ $C_۲$ در خازن $C_۱$ تخلیه می‌شود تکرار این عمل باعث می‌شود که در نهایت نقطه A و B هم پتانسیل شوند و تغییر وضعیت کلید تأثیری نداشته باشد در این حالت پتانسیل دو سر خازن $C_۱$ نیز ۵V می‌شود.

$$q_۱ = C_۱V = ۲\mu \times \ = ۱۰\mu C$$

برنامهٔ درسی نیوزیلند

وزارت آموزش نیوزیلند

قسمت سوم

فیزیک: پایهٔ ۷

هدفهای پیشرفت

در موضوعهای فهرست شده زیر دانش‌آموزان می‌توانند:

۷ ـ ۱(الف) درکی از مفاهیم، اصول، و مدلها را نمایش دهند، مانند *پایستگی، تکانه، نیروی مرکزگرا*؛

۷ ـ ۱(ب) مفاهیم واصول را به‌کار ببرند تا پدیده‌ها، دستگاه‌ها، و وسیله‌های فیزیکی را توضیح بدهند، مانند *تارهای نوری، دیناموهای دوچرخه*؛

۷ ـ ۲(الف) توضیح دهند که چگونه نظریه‌ها و مدلهای فیزیکی پیشرفت کرده‌اند، مانند *پیشرفت مدلهای اتمی که پیچیدگی آنها افزایش یافته است.*

۷ ـ ۲(ب) شرح دهند که چگونه پیشرفت کاربردهای فیزیکی به تغییرهایی در جامعه می‌انجامد، مثلاً *اثر موتور الکتریکی برزندگی در خانه، اثر موتور احتراق برتحرک مردم*؛

۷ ـ ۳(الف) تحقیقهای* عملی انجام دهند تا رابطه‌ها، الگوها و روندها را در دستگاههای فیزیکی تعیین کنند؛ مثلاً *تغییرهای شدت نور، اندازه‌گیری $\frac{Q}{t}$*؛

۷ ـ ۳(ب) تحقیقهای عملی انجام دهند تا کاربردهای مفاهیم و اصول فیزیکی را بشناسند، مثلاً *دماپاها (ترموستاها)، تنظیمهای صدا.*

* هدفهای پیشرفت برای مهارتهای تحقیق درسطح ۷، زیر عنوان «توسعه مهارتهای علمی تحقیقی و نگرشهای در فیزیک» تشریح شده‌اند.

زمینه‌های نمونهٔ فراگیری

عدسیهای دوربین • لیزرها • مکانیک بدن انسان • ارتباط از راه دور • ساخت مدارهای الکترونیکی • پرتوهای X • طرح‌های جایزه علوم • کامپیوترها • پزشکی • کمک به مردم ناتوان • تکنولوژی آشپزخانه • پرداخت هزینهٔ توان الکتریکی • ایمنی در خانه • امواج آب

تجربه‌های محتمل فراگیری

مثالهای زیر انواع تجربه‌های فراگیری است که بسته به منابع در دسترس، معلمان می‌توانند انتخاب کنند. این مثالها فقط پیشنهاد می‌شوند و جنبهٔ اجبار ندارند. گستره‌ای از وظیفه‌های کاملاً تعریف شده تا تحقیقهای وسیع آورده شده‌اند. اگرچه این تجربه‌های فراگیری زیر عنوانهایی گروه‌بندی شده‌اند ولی گستره‌ای از نتیجه‌های فراگیری از هر تجربهٔ فراگیری امکانپذیر است.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۱(الف)

دانش‌آموزان *می‌توانند* به صورتهای زیر فرا بگیرند:

• برآوردکار انجام شده به هنگام شتاب گرفتن اتومبیل از سکون تا $50 kmh^{-1}$؛

• بحث دربارهٔ نیروهای وارد بر نقطه‌های مهم درطول مسیر توپی که به طور قائم به هوا پرتاب شده است؛

• به کشف، گروهی، معنای واژهٔ معینی درخیلی از متنها و بر سر معنای آن درفیزیک به یک تصمیم کلاسی رسیدن، مثلاً کار، پیل، پتانسیل، موج؛

• مشاهده و تحقیق رفتار چهارچرخه‌هایی که به هم برخورد می‌کنند تا درکی از پایستگی تکانه به‌دست آید؛

• بحث دراین‌باره که هنگام حرکت اتومبیل روی دایره، برمسافر آن به سمت مرکز یا خارج از مرکز نیرو وارد می‌شود؛

• تماشای یک ویدئو درباره امواج اقیانوس و نمایش ویژگیهای این امواج بااستفاده از موج‌نما(ripple tank).

هدف پیشرفت ۷ ـ ۱(ب)

دانش‌آموزان *می‌توانند* به صورتهای زیر فرا بگیرند:

• بفهمند که یک دستگاه الکتریکی خانگی چگونه کار می‌کند؛

• باز کردن چراغ چشمک‌زن از دستگاه راهنمای وسیلهٔ نقلیه ومشاهده توصیف عملکرد آن؛

• مشاهدهٔ بازتابش داخلی یک باریکهٔ نور در درون جریان آب و ارتباط دادن آن به کاربردهای آن درکابلهای تار نوری؛

• تعیین نیروی برآیند وارد بر دیرک چادر مربوط به تعدادی از طنابهای متصل به آن با استفاده از نمودار برداری؛

• ساختن مدلی از چراغ مطالعه برای نشان دادن ترتیبهای مختلف بازوها که درعملکرد آن به‌کار می‌روند؛

• بررسی حرکت ماهیچه‌ها، آویزها، و استخوانها دردست و پای انسان.

تا بفهمند که مطابق کدام اصل فیزیکی کار می‌کنند.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۲(الف)

دانش‌آموزان *می‌توانند* به صورتهای زیر فرا بگیرند:

• بحث دربارهٔ سؤال: «موضوعهای مشترک

فیزیک کدام‌اند؟»

● پیشرفت و امتحان مدل کلی آنها در مورد روشی برای انجام تحقیقهای علمی ؛

● تصمیم گیری دراین مورد که آیا پاسخ رضایت‌بخشی برای این پرسش هست یا نه :«گرانش چیست؟»

● شرکت در پروژهٔ تحقیق کلاسی روی مدلهای اتم، که در آن هر گروه گفتار کوتاهی دربارهٔ فیزیکدان یا مدل اتمی انتخابی آنها ارائه می‌کند، مثلاً مدل کیک کشمشی، آزمایشهای رادرفورد.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۲(ب)

دانش آموزان می‌توانند به صورتهای زیر فرا بگیرند :

● بحث دربارهٔ مزیتهای خاموش کردن مولد برق شهر در دوره‌های معینی از روز به منظور صرفه‌جویی در ؛

● با استفاده از داده‌های مشروط برای ارائه کنفرانس در کلاس دربارهٔ حلهای محتمل مسألهٔ تداخل یا آلودگی امواج رادیویی ؛

● گزارش دربارهٔ جنبه‌هایی از طرح اتومبیل که ایمنی مسافران را در ضمن برخوردها افزایش می‌دهند ؛

● بحث در این باره : «که ایزوتوپهای رادیواکتیو به نفع دنیاست» ؛

● بررسی اینکه چگونه طرح ویل‌چر و دوچرخه در بیست سال گذشته تغییر کرده است که به کاربردهای فنی اصلهای فیزیک و به موارد جدید مربوط می‌شود ؛

● تماشای یک ویدئو دربارهٔ پیشرفت ماشین لباسشویی برای آنکه نشان دهیم که پیشرفت

محتوا	محتوای پیشنهادی اختیاری
مکانیک معادله‌های سینماتیک برای حرکت انتقالی در یک بُعد ؛ حرکت نسبی شامل جمع و تفریق بردارها ؛ مؤلفه‌های بردارها، حرکت پرتابی، حرکت دایره‌ای ؛ اهرمها، گشتاور و اصل گشتاورها ؛ تکانه و پایستگی آن، ضربه و قانون سوم نیوتون ؛ انرژی در برخوردهای کشسان و ناکشسان، قانون هوک، و انرژی پتانسیل کشسانی ؛	*سرعت حدّ* *فشار در شاره‌ها، شارش شاره و اصل برنولی ؛* *قانون دوم نیوتون بر حسب آهنگ تغییر اندازهٔ حرکت ؛*
الکتریسیته تحلیل کمّی جریانها، ولتاژها، و اتلاف توان در مدارهای متوالی / موازی با استفاده از قانون اهم ؛ تقسیم کننده‌های ولتاژ ؛ ویژگیهای رساناهای نا اهمی مانند دیودهای نور گسیل، مقاومتهای وابسته به نور، ترمیستورها ؛	*مقاومت درونی و مقاومت ویژه ؛* *استفاده از قطعه‌ها در مدارهای الکترونیکی، شامل ترانزیستورها، رله‌ها... ؛*
الکترومغناطیس اعمال کمّی نیروی مغناطیسی به رسانای حامل جریان ؛ نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی ؛ ولتاژ القائی که دوسر رسانای راست متحرک در میدان مغناطیسی تولید می‌شود ؛	*نیروی مغناطیسی بین دوسیم موازی حامل جریان ؛تعریف آمپر ؛* *مقایسه روشهای تولید الکتریسیته(هیدروالکتریک، زمین گرمایی ؛ گرمایی،جزر ومدی، خورشیدی، هسته‌ای)*
نور و امواج باز تابش و شکست نور و امواج آب ؛ برهم نهی ؛ طیف الکترومغناطیسی ؛	*ابزار نوری (میکروسکوپها و تلسکوپها...)*
فیزیک اتمی و هسته‌ای مدلهای اتمی، واپاشی پرتوزا، نیمه عمر، گسیلهای آلفا،بتا و گاما.	*کاربردهای فیزیک هسته‌ای در صنعت و پزشکی.*

تکنولوژیهای فیزیکی،وسیله‌های خانگی را بهبود بخشیده‌اند :

● مصاحبه با مدیر شرکت برق شهر دربارهٔ نیازهای انرژی درآینده و پیشرفتهای احتمالی.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۳(الف)

دانش آموزان *می‌توانند* به صورتهای زیر فرا بگیرند :

● طراحی روشی برای تحقیق اینکه چگونه برد یک پرتابه با زاویهٔ پرتاب آن تغییر می‌کند ؛

● انجام تحقیقی برای دیدن اینکه نیروی مرکزگرا با اندازهٔ سرعت چگونه تغییر می‌کند،و پیشنهاد اصلاح‌هایی در دستگاه ؛

● طراحی روشی برای امتحان پیشگویی مکان فرود یک ساچمه که به‌طور افقی از بالای یک میز می‌غلتد ؛

● رسم و تعبیر نمودارهای ولتاژ ـ جریان برای مواد مختلف، مثلاً مایعهای یونی، دیودها،لامپها ؛

● با استفاده از دفتر یادداشت برای اندازه‌گیری نیروی وارد بر مدل انسان که با آهنگهای متفاوت در یک برخورد وسیلهٔ نقلیه مشابه‌سازی شده متوقف می‌شود ؛

● تهیه ویدئو یا عکسبرداری از حرکت توپ بسکت برای آنکه ببینیم که آیا مؤلفهٔ قائم سرعت آن، به راستی ثابت است.

هدف پیشرفت۷ ـ ۳(ب)

دانش‌آموزان *می‌توانند* به صورتهای زیر فرا بگیرند :

● اتصال پتانسیومتر به تقویت کنندهٔ صوتی(audio amplifier) برای کنترل صدا و مقایسهٔ صدای خروجی با دستگاه پتانسیومتر ؛

● اصلاح دوربین برای عکسبرداری درشرایط ویژه، مثلاً فاصلهٔ کم،زاویهٔ باز، نور ضعیف،

● تحقیقی دربارهٔ دستگاه روشنایی اتومبیل ؛

● طراحی روشی برای امتحان دقت اندازهٔ توان یک اجاق میکروویو با گرمادادن به آب ؛

● ساخت یک مولد الکتریکی.

مثالهای ارزشیابی

فعالیتهای ارزشیابی زیر مثالهایی از انواع وظیفه‌هایی هستند که معلمان می‌توانند برای تهیهٔ اطلاعات تشخیصی (diagnostic)، تکوینی یا مرحله‌ای(formative) و مجموعی (summative) در برنامهٔ ارزیابی خودشان طراحی کنند. مجموعهٔ کوچکی از جنبه‌هایی که معلمان ممکن است برای ارزیابی انتخاب کنند برای هر یک از فعالیتهای نمونه تهیه شده است.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۱ (الف)

● *دانش آموزان سرعت اولیهٔ آب را از لولهٔ آتش نشانی با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از عکس یا تصویر ویدئویی معینی محاسبه می‌کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند تا :

ـ مربوط ساختن اصلها و فرمولهای حرکت پرتابی به وضعیت مورد نظر ؛

ـ تعیین و کاربرد یک عامل مقیاس ؛

ـ انجام اندازه‌گیریهایی از یک عکس ؛

ـ انجام محاسبه‌های مناسب ؛

● *دانش‌آموزان دربارهٔ مفهومها، اصلها، و مدلهای مورد استفاده در توضیح مدارهای الکتریکی امتحان کتبی بدهند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را برای موردهای زیر ارزشیابی کنند :

ـ به‌خاطر آوردن ایده‌های فیزیکی مربوط به موضوع ؛

ـ کاربرد ایده‌های فیزیکی در وضعیتهای آشنا و ناآشنا ؛

ـ ارائه پاسخها به طور منطقی و روشن.

● *دانش‌آموزان دربارهٔ مبحث حرکت موجی از فهرست مفهومها، اصلها، وفرمولهای ریاضی داده شده، نقشه‌ای مفهومی طرح کنند.*

با استفاده ازاین مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را برای موردهای زیر ارزشیابی کنند :

ـ برقرار کردن ارتباطهای مناسبی بین مفهومها واصلها ؛

ـ با استفاده از فرمولهای ریاضی، در جای مناسب، نشان دادن رابطه‌های بین مفهومها و اصلها.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۱ (ب)

● دانش‌آموزان چند بند دربارهٔ اثر گرانش مصنوعی در ایستگاه فضایی درحال چرخش بنویسند.

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را برای موردهای زیر ارزشیابی کنند :

ـ به‌کاربردن مفهوم نیروی مرکزگرا در زمینه‌ای ناآشنا ؛

ـ توضیح اینکه چگونه اصلهای فیزیک را می‌توان در یک کاربرد فنی استفاده کرد.

● *دانش‌آموزان کار انجام یافته در حفر یک سوراخ با دریل را از روی داده‌های فراهم شده تعیین کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

ـ هماهنگ کردن ایده‌های گشتاور و کار ؛

ـ تمرین کردن مهارتهای عددی ؛

ـ برآورد تخمینهای محسوس

هدف پیشرفت ۷ ـ ۲(الف)

● *دانش‌آموزان گزارش مختصری دربارهٔ کشف پرتوزایی یاکشف پرتوهای x توسط رونتگن بنویسند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیرتوانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

ـ ارزیابی نقشی که احتمال در کشف ایده‌های جدید در فیزیک می‌تواند بازی کند ؛

ـ مربوط کردن پیشرفتهایی درفیزیک به منفعتهای بالقوه آنها برای جامعه ؛

ـ کارکردن به طور مستقل.

● *دانش‌آموزان مقاله‌ای کوتاه بنویسند که درآن ایده‌های ارسطویی و نیوتونی دربارهٔ نیرو و حرکت را مقایسه کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

ـ ارزیابی یک ایدهٔ نظری با استفاده از گواه تجربی ؛

- تحلیل مزیتهای توضیح‌های مختلف.

● *دانش‌آموزان دربارهٔ مدلهای اتمی دالتون، تامسون، و راذرفورد یادداشتهایی بنویسند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- نشان دهند چگونه توضیح‌های علمی درپرتو تحقیقهای تجربی بعدی تغییر و پیشرفت می‌کنند ؛
- سازمان‌دهی اطلاعات به طور مختصر و روشن.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۲ (ب)

● *دانش‌آموزان فیلمی چون سندروم چین (The China Syndrome) یا روز بعد (The Day After) را ببینند و دربارهٔ آن بحث کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- تشخیص خطرهای مربوط به استفاده‌های بازرگانی یا نظامی از تکنولوژی هسته‌ای ؛
- شرکت کردن در بحث به‌طور مؤثر.

● *دانش‌آموزان دربارهٔ پیشرفت جدید در یک تکنولوژی فیزیکی روزنامهٔ مربوطه را بخوانند یا مقاله‌های ویدئویی را تماشا کنند و یافته‌های خود را به کلاس ارائه کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- نشان دهند که چگونه این پیشرفت به اصلهای فیزیکی تکیه دارد ؛
- توضیح راهی که در آن، این تکنولوژی روی زندگی مردم تأثیر می‌گذارد.

هدف پیشرفت ۷ ـ ۳ (الف)

● *دانش‌آموزان، به طور گروهی، طرح تحقیقی را ارائه کنند و با استفاده از دوربین ویدئویی یک نمودار سرعت ـ زمان برای ساچمه‌ای که درون روغن سقوط می‌کند تهیه کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- تهیه یک طرح تجربی و اصلاح آن تا آنجا که به خوبی کار کند ؛
- با استفاده از روشهای نموداری خلاصه و ارائه کردن داده‌های تجربی ؛
- استفاده از روشهای ریاضی برای تشخیص رابطه‌های ریاضی که در داده‌های تجربی وجود دارند ؛
- پیشقدم شدن در حل مسأله‌های عملی.

● *دانش‌آموزان، به‌طور گروهی، وسیله‌ای برای اندازه‌گیری توان خروجی یک اتومبیل با کنترل از راه دور را اندازه گیری کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- به‌کاربردن مفهومهای کار و توان برای یک وضعیت عملی ؛
- طرح و اجراء یک تحقیق ؛
- به پایان رساندن یک کار تا تاریخ معین ؛
- نشان دادن پیشقدم شدن ؛
- همکاری با دانش‌آموزان دیگر.

● *دانش‌آموزان تحقیقی را طرح و اجراء کنند تا نشان دهند چگونه مقاومت یک ترمیستور به دما بستگی دارد.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- طراحی یک مدار برای جمع‌آوری داده‌هایی که از آنها مقاومت را می‌توان تعیین کرد ؛
- استفادهٔ درست و مؤثر از دستگاه‌ها و ابزار اندازه‌گیری ؛
- رسم دقیق نمودارهایی از داده‌ها ؛
- تعبیر داده‌های اندازه‌گیری شده خود ؛

هدف پیشرفت۷ ـ ۳ (ب)

● *دانش‌آموزان وسیلهٔ نقلیه‌ای را که از انرژی ذخیره شده در نوارکشی استفاده می‌کند مطابق مشخصه‌های داده شده طراحی کنند و بسازند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- به‌کاربردن اصلهای فیزیکی هنگام حل مسأله ؛
- فکر کردن پیرامون موضوع،

● *دانش‌آموزان یک ماشین اسباب‌بازی را با استفاده از سیم، خط‌کش و وزنه، شبیه سازی کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- استفادهٔ اصلهای فیزیکی مناسب در طراحی ماشین ؛
- به‌کارگیری تجهیزها و ساخت یک ماشین متعادل ؛
- تشخیص محدودیتهای اصلها هنگام کاربرد عملی

● *دانش‌آموزان ساختار یک آبگرمکن را که با رسیدن به سطح دلخواهی خاموش می‌شود تحقیق کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* برای موردهای زیر توانایی دانش‌آموزان را ارزشیابی کنند :

- به‌کاربردن فهم خود از مفهومها و اجزاء الکتریکی در طرح یک کاربرد فنی.

ادامه دارد

ترجمهٔ محمد علی سعادت بخت

مرجع :

Physics in the New Zealand Curriculum, Final Development, Ministry of Education.

رشد

قابل توجه دبیران محترم و علاقه‌مندان به اشتراک مجلات رشد تخصصی

دبیران محترم و سایر علاقه‌مندان می‌توانند برای اشتراک هرکدام از مجلات :

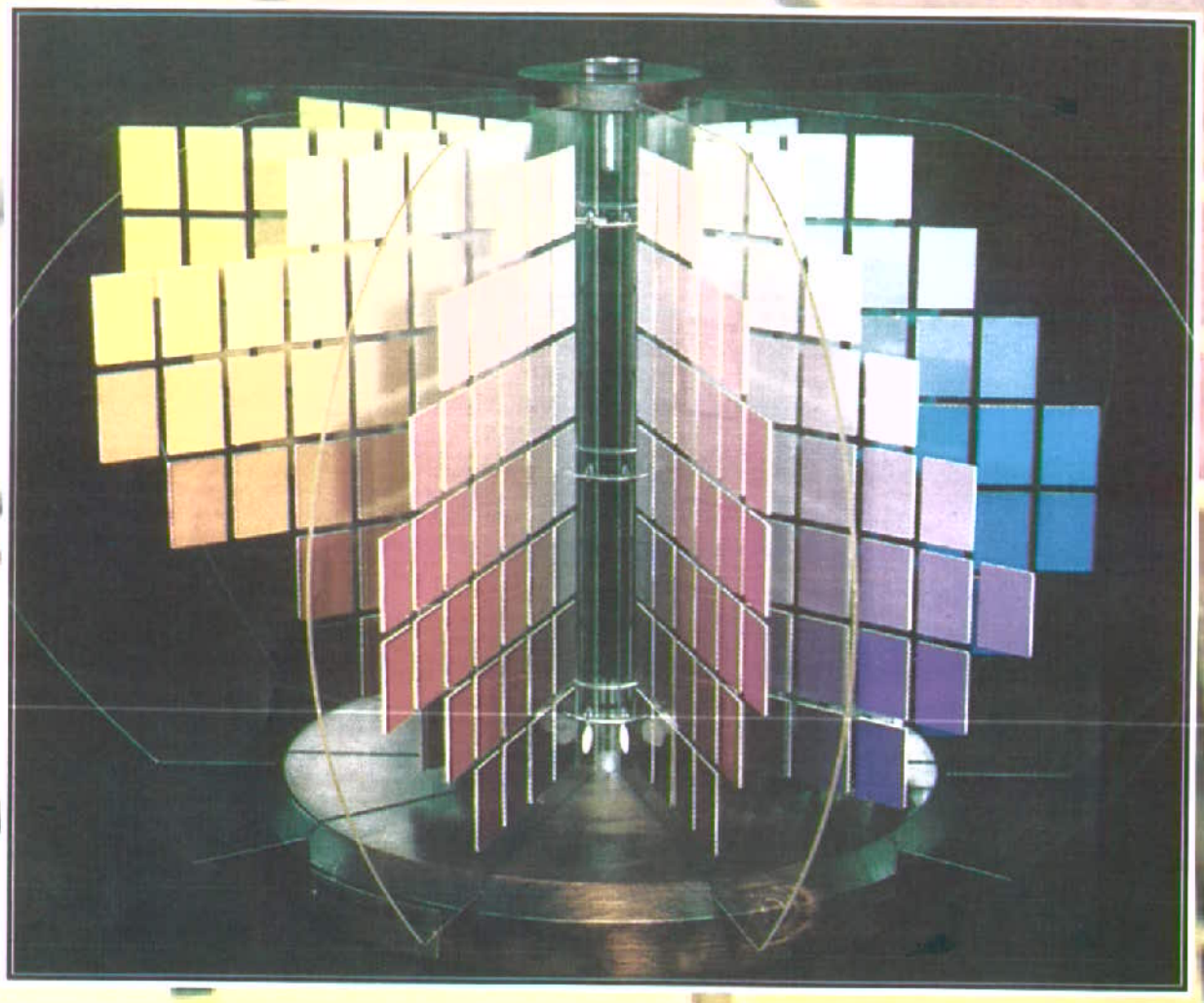
رشد آموزش ریاضی	رشد آموزش شیمی	رشد آموزش جغرافیا
رشد آموزش زیست‌شناسی	رشد آموزش ادب فارسی	رشد آموزش معارف اسلامی
آموزش راهنمایی تحصیلی	رشد آموزش زبان	رشد آموزش فیزیک

که از سوی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش وپرورش انتشار می‌یابد. فرم زیررا تکمیل نموده وبه آدرس تهران ـ جاده آبعلی ـ خیابان سازمان آب خیابان خورشید ـ مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کد پستی ۱۶۵۹۸ـ تلفن: ۷۳۳۵۱۱۰ارسال دارند.

اینجانب با ارسال اصل رسید بانکی شماره به مبلغ ۴۵۰۰ ریال
که به حساب شماره ۲۵۰۰ بانک صادرات شعبه ۳۰۵۷ جاده دماوند به نام شرکت افست واریز نموده‌ام، متقاضی اشتراک سه شماره از مجله رشد آموزش مربوط به سال تحصیلی ۷۶ ـ ۷۵ می‌باشم.
لطفاً مجله را به آدرس شهرستان خیابان کوچه پلاک کدپستی
ارسال فرمایید.

لطفاً برای هر مجله تقاضای جداگانه ارسال دارید.

مرکزتوزیع انتشارات کمک آموزشی



نمایش سه بعد رنگ

رشد
آموزش راهنمایی تحصیلی
رشد آموزش ریاضی
رشد آموزش شیمی
رشد آموزش فیزیک
رشد آموزش جغرافیا
رشد ادب فارسی
سال پانزدهم - زمستان ۱۳۷۵ - شماره ۴۱ - بها ۱۵۰ تومان
رشد آموزش زبان
Roshd
The Foreign Language Teaching Journal
TFLTJ