سال یازدهم
پاییز ۱۳۷۵
شماره ۴۱
بها ۱۵۰ تومان

رشد آموزش فیزیک

عکس جلد، برگرفته از کتاب زیر به انتخاب مدیر داخلی است.

Teacher's Annotated Ed
Physics Principles and Problems
Murphy. Hollon. Zitzwitz. smoot
1972, Charles Merrill Publishing
Company.

رشد آموزش فیزیک

سال یازدهم ــ پاییز ۱۳۷۵ ــ شمارهٔ مسلسل ۴۱

نشریه گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی

اعضای هیأت تحریریه رشد فیزیک: منیژه رهبر، محمدرضا اجتهادی، حسن عزیزی، سیدجعفر مهرداد.

مدیر مسؤول: حسن ملکی

سردبیر: منیژه رهبر

مدیر داخلی: محمدعلی سعادت‌بخت

تولید: اداره کل چاپ و توزیع کتابهای درسی

مدیر تولید: سید احمد حسینی

صفحه‌آرا: زهره بهشتی‌شیرازی

طرح 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 اب (تلفن ۷۳۳۵۱۱۰)

پیشگفتار ــ از بابل تا همدان		۳
گزارش پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک (تیر ماه ۷۵)	سردبیر	۴
نقش فیزیک در محیط‌زیست	سخنرانی هوشنگ شهرزی	۵
محاسبات ابعادی	سخنرانی محمد خرمی	۱۹
پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینهٔ الکترومغناطیس	سخنرانی احمد پورارس	۳۵
اخبار علمی: فیزیکدانها اولین باد اتم را تولید کردند	آندرو والتون	۳۱
تولید یک عنصر جدید دیگر	رابرت گرشنگ	۳۲
اطلاعیه ششمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران (فروردین ۷۶)		۳۳
جایزهٔ انجمن فیزیک ایران به دبیر برگزیدهٔ فیزیک ۷۶		۳۵
موسکهای ابتیکی	دیوید والس	۳۶
کتابهای تازهٔ فیزیک		۳۷
بهسامان		۳۸
ارزشیابی دروس فیزیک ۱، ۲، ۳ و ۴ نظام جدید آموزش متوسطه از دید دبیران و دانش‌آموزان	علیرضا کیامنش، غلامعلی احمدی	۴۰
پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینهٔ مکانیک و اکوستیک	سخنرانی محمود بهمن‌آبادی	۴۷
مجله و خوانندگان		۵۳
درک و آموزش فرآیندهای مهم در تفکر علمی (قسمت آخر)	سخنرانی فردریک رایف	۵۴
فیزیک در برنامه درسی نیوزیلند (قسمت دوم)	وزارت آموزش نیوزیلند	۶۱

• مجله رشد آموزش فیزیک سه شماره در سال تحصیلی برای دانش‌افزایی دبیران و دانشجویان مراکزهای تربیت معلم و دیگر علاقمندان منتشر می‌شود • مقاله‌های طرح شده لزوماً 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 مجله و تولید مجله ارسال دارند. خط فاصله است: ۱ ــ مطلبهای ارسالی خود را با قلم سیاه بنویسید که فاصلهٔ بین خطهای آن حداقل ۲ cm باشد. ۲ ــ مشخصه‌های مؤلف (آخرین مدرک تحصیلی، محل خدمت یا اشتغال، نشانی و تلفن تماس) بنویسید. ۳ ــ مقالهٔ اصلی همراه ترجمه ارسال شود. ۴ ــ کیفیت عکسها و شکلها و نمودارها برای چاپ مناسب باشد. 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.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
تعمیم تعلیم عبادت است

رشد آموزش فیزیک

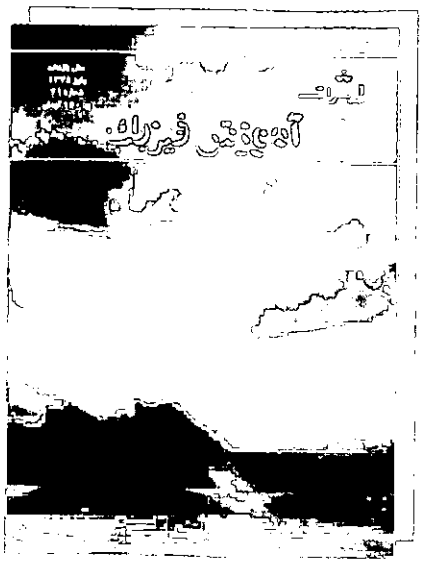
سال یازدهم ــ پاییز ۱۳۷۵ ــ شمارهٔ مسلسل ۴۱

نشریه گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی

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

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

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



عکس جلد، برگرفته از کتاب زیر به انتخاب مدیر داخلی است.

**Teacher's Annotated Ed
Physics Principles and Problems
Murphy. Hollon. Zitzwitz. smoot
1972, Charles Merrill Publishing
Company.**

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)

پیشگفتار ــ از بابل تا همدان		۳
گزارش پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک (تیر ماه ۷۵)	سردبیر	۴
نقش فیزیک در محیط‌زیست	سخنرانی هوشنگ سپهری	۵
محاسبات ابعادی	سخنرانی محمد خرمی	۱۹
پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینهٔ الکترومغناطیس	سخنرانی احمد پرورش	۲۵
اخبار علمی: فیزیکدانها اولین پاد اتم را تولید کردند	آندرو والتون	۳۱
تولید یک عنصر جدید دیگر	رابرت کرتینگ	۳۲
اطلاعیه ششمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران (فروردین ۷۶)		۳۳
جایزهٔ انجمن فیزیک ایران به دبیر برگزیدهٔ فیزیک ۷۶		۳۵
موشکهای اپتیکی	دیوید واس	۳۶
کتابهای تازه فیزیک		۳۷
بهسامان		۳۸
ارزشیابی دروس فیزیک ۱، ۲، ۳ و ۴ نظام جدید آموزش متوسطه از دید دبیران و دانش‌آموزان	علیرضا کیامنش، غلامعلی احمدی	۴۰
پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینهٔ مکانیک و آکوستیک	سخنرانی محمود بهمن‌آبادی	۴۷
مجله و خوانندگان		۵۳
درک و آموزش فرآیندهای مهم در تفکر علمی (قسمت آخر)	سخنرانی فردریک رایف	۵۴
فیزیک در برنامه درسی نیوزیلند (قسمت دوم)	وزارت آموزش نیوزیلند	۶۱

• 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

از بابل تا همدان

در پنجسال گذشته پنج کنفرانس آموزش فیزیک توسط وزارت آموزش و پرورش، اداره آموزش و پرورش استان و انجمن فیزیک ایران، برنامه‌ریزی و برگزار شده است.

اولین کنفرانس (۲۳ ـ۲۵ اردیبهشت ۱۳۷۱ بابل)
دومین کنفرانس (۸ ـ ۱۰ اردیبهشت ۱۳۷۲ کرمان)
سومین کنفرانس (۱۴ ـ ۱۶ تیر ۱۳۷۳ کرمانشاه)
چهارمین کنفرانس (۸ ـ۱۰ تیر ۱۳۷۴ مشهد)
پنجمین کنفرانس (۱۲ ـ ۱۴ تیر ۱۳۷۵ همدان)

مطالب مورد بحث در کنفرانسهای آموزش فیزیک عبارت است از تازه‌های فیزیک، چگونگی آموزش مفاهیم و مطالب کتب درسی فیزیک، روشهای تدریس فیزیک، آزمایشهای فیزیک دبیرستانی، معرفی کتب آموزشی فیزیک، جلسه‌های پرسش و پاسخ برای دبیران، بررسی عملکرد درسی دانش‌آموزان، بررسی تأثیر جابجایی بخشهایی از کتاب فیزیک، هدایت پروژه‌های دانش‌آموزی، چگونگی تحقیق و مقاله‌نویسی در آموزش فیزیک، ساخت وسایل آزمایشگاهی و ...

برنامه‌های جنبی کنفرانس‌ها نیز شامل کارگاه آموزشی، فیزیک‌سرا (نمایش پدیده‌های فیزیک)، نمایشگاه صنایع آموزشی، نمایشگاه کتاب، پوستر و وسایل فیزیکی، بازدید و گردش علمی و ... است.

پیشرفت شگفت‌انگیز علوم فیزیک در چند دهه اخیر، لزوم تغییر و اصلاح برنامه‌های درسی و نیاز معلمان به آموزش و مهارت بیشتر، تشکیل چنین کنفرانسها را ایجاب می‌کند.

در طی این کنفرانسها، تشکیل «فیزیک سرا» با نمایش پدیده‌های فیزیکی پیشرفت قابل توجهی کرده است. به طوری که در بسیاری از نقاط کشور اقدام به تشکیل «فیزیک‌سرا» شده است.

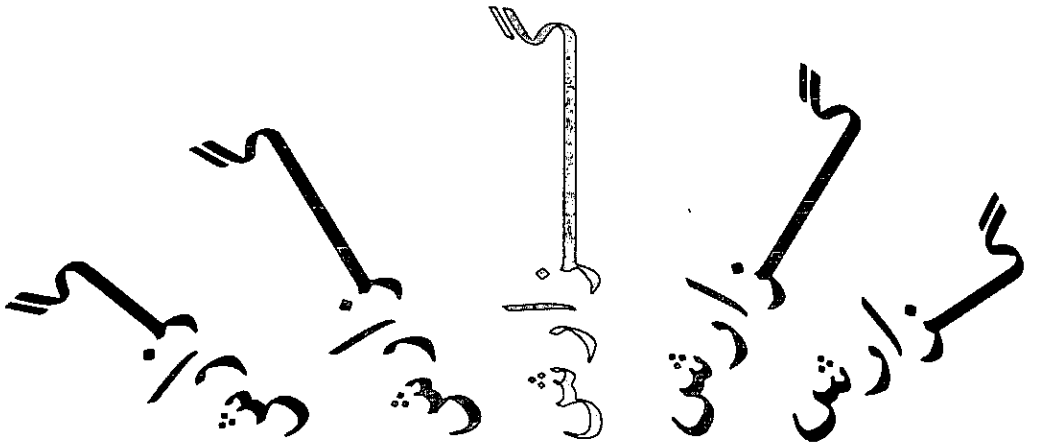
شرکت بازدید کنندگان فیزیک‌سرا در انجام بعضی از آزمایشها و آشنایی مردم کوچه و بازار با پدیده‌های فیزیکی راه پیشرفت علوم را هموارتر می‌سازد. وجود این گونه مراکز اندیشه جوانان کشور را به سوی امور علمی سوق می‌دهد و سطح ادراک علمی جامعه را بالا می‌برد.

تشکیل «فیزیک‌سرا» ها که از این کنفرانسها مایه گرفته خود پایه ترویج علوم در جامعه ما شده است.

در پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک، «فیزیک سرا» پربارتر از کنفرانسهای پیشین، با استفاده از آزمایشهای ساده و نمایش پدیده‌های فیزیکی عرضه شد و مورد توجه بازدید کنندگان قرار گرفت.

در این کنفرانس مقاله‌هایی با عنوان مخابرات فیبرنوری، نقش فیزیک در محیط زیست، محاسبات ابعادی، مروری بر مفاهیم اولیه ترمودینامیک، نجوم نوین و ... ارائه شد. بررسی تأثیر جابه‌جا کردن بخشهایی از فیزیک۱ بر عملکرد دانش‌آموزان، آشنایی با پرتو ایکس و کاربرد آن، بررسی عملکرد درسی دانش‌آموزان، هدایت پروژه‌های دانش‌آموزی، تعریف پروژه‌های نظری محاسباتی در دبیرستان، ارزشیابی دروس فیزیک نظام جدید آموزش متوسطه، رنگین کمان، جلسه‌های پرسش و پاسخ «الکترومغناطیس»، «اپتیک» «مکانیک و آکوستیک»، بخشهای دیگر مطالب این کنفرانس بود.

انتظار می‌رود که دبیران فیزیک کشور با ارائه مقاله‌های سودمند علمی و آموزشی بیش از پیش فعالانه در این گونه مجامع علمی شرکت کنند و با بذل همت به سرانگشت تدبیر، گره مشکلات علمی و آموزشی خود را بگشایند.



پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک

دکتر منیژه رهبر

پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک از ۹ تا ۱۱ تیرماه جاری در همدان برگزار شد. این کنفرانس در حضور آقای دکتر نجفی وزیر آموزش و پرورش و معاونان ایشان، نمایندگان همدان در مجلس شورای اسلامی، و دیگر مقامات استان همدان، اعضای هیأت مدیره انجمن فیزیک ایران، استادان دانشگاه و دبیران شرکت کننده با قرائت آیاتی از کلام الله مجید و نواختن سرود جمهوری اسلامی ایران گشایش یافت. در این مراسم ابتدا آقای فخر موسوی مدیر کل آموزش و پرورش استان همدان به شرکت کنندگان خیر مقدم گفتند و گزارشی از فعالیتهای انجام شده در جهت برگزاری کنفرانس را به استحضار رساندند. سپس وزیر آموزش و پرورش طی سخنانی، اهمیت آموزش فیزیک را تشریح و بر جنبه‌های علمی این آموزش تأکید نمودند. سپس پیام آقای دکتر منصوری رئیس انجمن فیزیک ایران قرائت شد و در پایان خانم دکتر پورقاضی دبیر کمیتهٔ علمی کنفرانس گزارش فعالیتهای این کمیته را به اطلاع شرکت کنندگان رساندند.

در این کنفرانس سخنرانیهایی در زمینهٔ مخابرات نوری، بررسی عملکرد دانش‌آموزان سال دوم و سوم راهنمایی در دروس علوم، بررسی تأثیر جابه‌جایی بخشهایی از کتاب فیزیک ۱ بر عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان سال اول نظام جدید در دزفول و اندیمشک، چگونه پروژه‌های دانش‌آموزی را هدایت کنیم؟ تعریف پروژه‌های نظری محاسباتی در دبیرستان، محاسبات ابعادی، آشنایی با پرتو ایکس و کاربرد آن در تشخیص و درمان، مروری بر مفاهیم اولیهٔ ترمودینامیک، نقش فیزیک در محیط زیست، نجوم نوین، رنگین کمان، نظام جدید آموزش متوسط و جلسه پرسش و پاسخ الکترومغناطیس، اپتیک، و مکانیک و اکوستیک عرضه شد.

در مراسم اختتامیه کنفرانس آقای مهندس خرم استاندار همدان گزارشی از فعالیتهای عمرانی و فرهنگی همدان را برای شرکت کنندگان در کنفرانس تشریح کردند و اظهار داشتند که مقام همدان در میان استانها طی چند سال گذشته از همه نظر ارتقاء قابل توجهی یافته است.

در کنار کنفرانس شرکت صنایع آموزشی یک کارگاه آموزشی برای دبیران ترتیب داده بود که مورد استقبال فراوان قرار گرفت. همین طور طبق معمول همهٔ کنفرانسهای فیزیک، فیزیک‌سرا و نمایشگاه و فروشگاه کتاب نیز دایر بود که مورد استقبال قرار گرفت.

در پایان به شرکت کنندگانی که مقاله‌های پژوهشی آنها را کمیته علمی پذیرفته بود و در کنفرانس ارائه گردید لوح تقدیر اهداء شد و از کمیته اجرایی کنفرانس که با مهمان‌نوازی و خوشرویی کنفرانس را به بهترین نحو برگزار کرده بود تقدیر و تشکر شد.

پنجمین کنفرانس آموزش فیزیک
همدان ۱۲ تا ۱۴ تیر ماه ۱۳۷۵

نقش فیزیک در محیط زیست

هوشنگ سپهری عضو هیأت علمی دانشگاه گیلان

مبانی فیزیک محیط‌زیست

مقدمه

محیط‌زیست یعنی خانه ابناء بشر به علت عدم توجه و مراقبت و کنترل، توسط خود انسانها در معرض تخریب و نابودی است. غیر از اعمال تخریبی برنامه‌ریزی شده و گسترده‌ای چون جنگ و انفجارات هسته‌ای و آسیبهای طبیعی غیرمترقبه چون زلزله، سیل، توفان و نیز بیماری‌های فراگیر که بشر کنترل کمتری بر آنها دارد، انسانها به دست خود با به کارگیری شیوه‌های نامناسب در زندگی و حرفه خود ــ که گاهی ناآگاهانه است ــ محیط‌زیست خود را چنان با آلودگی‌ها تخریب می‌کنند که خود و نسلهای آینده را نیز در معرض مصائب جدی قرار می‌دهند. آثار این صدمات که تا حدود زیادی زاییده تکنولوژی شتابدار و بدون کنترل موارد آلودگی‌هاست نه‌تنها در اطراف خانه‌های مسکونی و محیط شهرهای ما نمایان است، بلکه در سطح قاره‌ای و جهانی به‌صورت اثر گلخانه‌ای و شکاف لایه اوزون نیز خود را نشان داده است. اما متأسفانه بشر همچنان در خواب است و نسبت به عوارض این ضایعات ناآگاه و بی‌توجه!

تا اوایل دهه ۱۹۷۰ که عمق فاجعه‌های زیست‌محیطی به‌ویژه در سطح جهانی کاملاً آشکار نبود مسایل محلی و منطقه‌ای چون آلودگی‌های هوا و آب، افزایش جمعیت، جنگل‌زدایی و نظایر آن توسط زیست‌شناسان، شیمی‌دانان، اکولوژیستها، متخصصان بهداشت کشاورزی و محیط‌زیست عمومی مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گرفت و نتایج پژوهشها و توصیه‌های لازم در راستای حفظ محیط‌زیست به مسئولان امور و عامه مردم اعلام می‌شد. اما از دهه هفتاد به بعد مسایلی چون شکاف لایه اوزون، اثر گلخانه‌ای، آلودگیهای گرمایی و صوتی پای فیزیکدانها را به میان کشید و اتفاقهایی چون حادثه چرنوبیل مسئولیت آنان را در حفظ و سلامت محیط‌زیست جدیت بخشید.

فیزیک محیط‌زیست رشته‌ای است بسیار جوان که از ابتدای دهه ۱۹۷۰ در دنیا بوجود آمد و با اینکه مسایل محیط‌زیست امروز در دنیا بسیار داغ است اما در ایران که پایتخت آن اولین شهر آلوده دنیاست تعداد متخصصان عمومی محیط‌زیست اندک بوده و شمار متخصصان رسمی فیزیک محیط‌زیست شاید از دو سه نفر تجاوز نکند. این رشته، کاربردی از فیزیک در محیط‌زیست و بیوفیزیک است. در این نوشته ابتدا به مسایل خاصی از محیط‌زیست که به گونه‌ای با فیزیک مرتبط می‌شوند و در واقع قبل از پیدایش علم فیزیک محیط‌زیست مورد بحث بوده‌اند، می‌پردازیم و سپس مطالب نظری و بنیادی این علم را مطرح می‌کنیم و سرانجام برنامه‌های فیزیکی دراز مدت را برای حفظ محیط‌زیست بیان می‌کنیم.

چشم‌انداز فیزیک محیط‌زیست

موجود زنده (ارگانیزم) برای رشد و تولید مثل کامل باید با محیط‌زیست خود سازش پیدا کند. بعضی از موجودات زنده ریز (میکرو ارگانیزمها) می‌توانند در دماهای بین ۶- و ۱۰۰ درجه سلسیوس رشد کنند و هنگامی که خشکانده شوند می‌توانند حتی تا دمای ۲۷۲- درجه سلسیوس باقی بمانند. از سوی دیگر شکلهای پیشرفته‌ترحیات که واکنشهای فیزیولوژیک حساس نسبت به محرکهای فیزیکی خارجی نشان می‌دهند به گستره نسبتاً کوچکتری از محیط‌زیست سازگار شده‌اند. محیط‌زیست فیزیکی گیاهان و جانوران دارای پنج بخش اصلی است که بقای گونه‌ها را تعیین می‌کند:

الف) محیط‌زیست چشمه‌ای از انرژی تابشی است که توسط فرایند فوتوسنتز در سلولهای سبز گیراندازی شده و به شکل کربوهیدراتها، پروتئینها و چربیها ذخیره می‌شود. این مواد منبع اصلی انرژی سوخت‌سازی برای همه شکلهای حیات در خشکی و دریاها هستند.

ب) محیط‌زیست منبعی از آب، نیتروژن، مواد معدنی و عناصر کمیاب لازم برای تشکیل بخشهای مختلف سلولهای زنده است.

ج) عواملی چون دما و طول روز تعیین‌کننده آهنگ رشد و نمو گیاهان، نیاز جانوران به غذا و شروع چرخه‌های تولیدمثل در گیاهان

و جانوران هستند.

د) محیط‌زیست تأمین‌کننده محرکهایی به شکل نور و گرانش است که توسط گیاهان و جانوران احساس می‌شوند و چارچوبهای مرجع زمان و مکان فراهم می‌آورند. این محرکها، ساعتهای بیولوژیکی را تنظیم می‌کنند و بدین‌ترتیب یک حس تعادل به‌وجود می‌آورند.

هـ) محیط‌زیست، توزیع و قابلیت زیست عوامل بیماری‌زا و انگلها را که به موجودات زنده حمله می‌کنند و نیز آمادگی موجودات زنده را برای حمله تعیین می‌کند.

برای شناخت و کشف روابط بین موجود زنده و محیط‌زیست، زیست‌شناس باید درصدد یافتن حلقه‌های ارتباط بین فیزیولوژی، بیوشیمی و زیست‌شناسی مولکولی از یک سو و هواشناسی، خاک‌شناسی و اقیانوس‌شناسی از سوی دیگر باشد. یکی از این حلقه‌ها فیزیک محیط‌زیست است که در واقع علم اندازه‌گیری و تحلیل برهم‌کنش میان موجود زنده و محیط فیزیکی آن است. حضور یک موجود زنده، محیط‌زیست آن را طوری تغییر می‌دهد که محرکهای فیزیکی دریافتی از محیط‌زیست نیز تا حدودی توسط واکنش فیزیولوژیک آن موجود زنده به محیط‌زیست تعیین می‌شود.

هنگامی که یک ارگانیزم با محیط‌زیست خود برهم‌کنش می‌کند، فرایندهای فیزیکی مربوط به آن ساده نیستند و خوشبختانه فیزیکدانها آموخته‌اند که به هنگام تفسیر پدیده‌های طبیعی، رفتار یک سیستم را مشاهده کنند و سپس ساده‌ترین روش را برای توصیف آن با استفاده از متغیرهای حاکم جستجو کنند. قانون بویل ــ ماریوت و قوانین حرکت نیوتون مثالهای کلاسیک از این مقوله محسوب می‌شوند. هنر فیزیک محیط‌زیست در انتخاب تقریبهای نیرومندی نهفته است که حاوی اصول بقای جرم، تکانه و انرژی است.

رسم بر این شده است که تقریبها را با عنوان مدل بیان کنند. این مدلها ممکن است نظری یا تجربی باشند. برای تشریح اهمیت مدلها (که در واقع ساده‌سازی واقعیت است) توزیع دمایی بر روی برگ لوبیای واقعی تهیه شده است که در شکل زیر می‌بینید.

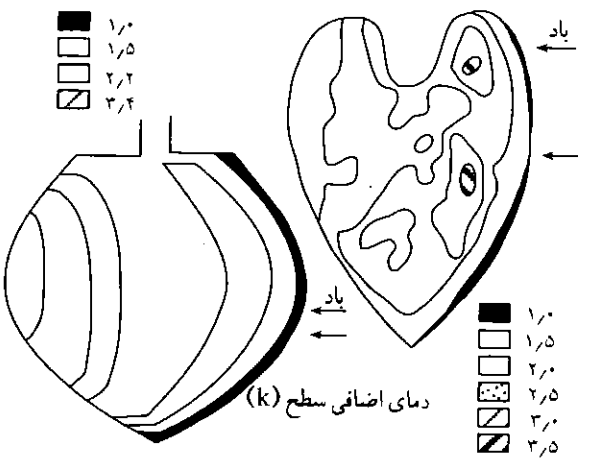
اگرچه مدلها برای تشخیص حساسیت سیستمها نسبت به متغیرهای زیست‌محیطی می‌توانند مفید باشند ولی به‌نظر می‌رسد به ندرت در فهم اصول فیزیک محیط‌زیست سهیم باشند.

موضوعات مرکزی فیزیک محیط‌زیست عبارتند از: تبادل تابش، گرما، جرم و تکانه بین موجود زنده و محیط‌زیست.

دیگر مواردی که فیزیک در محیط‌زیست سهیم است، ابداع مانسته‌های الکتریکی ساده برای توصیف آهنگ انتقال و تبادل کمیتهای گفته شده میان موجود زنده و محیط‌زیست آن است. مفهوم مقاومت الکتریکی عمدتاً به‌عنوان وسیله‌ای برای بیان عوامل فیزیکی که آهنگ تعرق و فوتوسنتز را کنترل می‌کنند، برای گیاه‌شناسان آشناست و جانورشناسان بویژه برای توصیف عایق‌بندی توسط لباس، پوششهای جانوری، یا لایه‌ای از هوا از آن استفاده کرده‌اند. در مبحث خردهواشناسی Micrometeorology، مقاومتهای آئرودینامیکی حاصل از ضرایب انتقال تلاطمی کمیتها را می‌توان برای محاسبه شار (در صورت معلوم بودن گرادیان مربوطه) به‌کار برد. مقاومتهایی که بر اتلاف آب از گیاهان حاکم‌اند اینک در مدلهای اتمسفری که شامل رفتار سطح زمین است، جایگزین شده‌اند. بنابراین قانون اهم به‌عنوان یک اصل وحدت‌بخش مهم فیزیک محیط‌زیست، مبنای یک زبان مشترک برای زیست‌شناسان و فیزیکدانها قرار گرفته است.

قوانین فیزیک پایه بویژه قوانین گازها، اصول گرما، تبدیل حالت ماده و روشهایی از اندازه‌گیری مقدار بخار آب، فشار اشباع شده و رطوبت نسبی در فیزیک محیط‌زیست کاربرد دارند. چگونگی تعیین ترابری کمیتهایی چون جرم، تکانه و انرژی توسط جو و سطوح مبادله‌کننده (خاک، گیاه، پوشش جانوری) در آن بحث می‌شود. دو سیستم اصلی ترابری یعنی حرکت ذرات و امواج الکترومغناطیس و بالاخره قانونهای تابش، گسیل، جذب و تابندگی برای کاربردهای زیست‌محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در بحث تابش به‌عنوان یک کمیت اقلیم‌شناسی و خرد اقلیم‌شناسی مفهوم نسبت تابش سرخ پایین به سرخ بالا (۶۶۰nm به ۷۳۰nm) که آهنگ مراحل رشد در گیاهان را کنترل می‌کند بررسی می‌شود. برنامه‌ریزی در سیستمهایی که در آنها دما به‌طور سیستماتیک تغییر می‌کند مورد بحث قرار می‌گیرد که با استفاده از روابطی که برای فیزیکدانان و مهندسان آشناست فرایندهایی را که بر گیاهان و جانوران اثر می‌کند، توضیح می‌دهد. از آنجا که موضوع فیزیک محیط‌زیست از سال ۱۹۷۳ به حد بلوغ رسیده است مطالب نظری بیشتر و کاربرد ریاضیات عالی در آن فراوان‌تر



توزیع دمای سطح برای یک برگ حقیقی Phaseolus تیره‌ای از لوبیا (شکل راست) و نیز برای یک مدل (شکل چپ) در محیط‌زیستهای نظیر هم که با یک دوربین نگاره‌ساز گرمایی اندازه‌گیری شده است. مقادیر مشخص شده در راهنما نشانگر دماهای میانگین نوارهای تکدما در دمانگاشتهای اولیه است. نوارهای باریک تکدما که در اندازه‌گیریها بر روی مدل به‌کار رفته‌اند مناطق سفید واسط میان نواحی با دمای قید شده را به‌وجود آورده‌اند.

بچشم می‌خورد. مراجع مورد استفاده در این شاخه، حاصل کارهای فیزیولوژیستها، متخصصان اکولوژی گیاهی، خاک‌شناسی و علوم کشاورزی است که این روزها از واژه‌ها، اصطلاحات و نمادهای مشترک بهره می‌جویند. حتی برخی از متخصصان فیزیولوژی انسانی، فیزیک محیط‌زیست را به شیوه خاص خود و مستقل از توسعه همزمان و موازی اکولوژی گیاهی و جانوری مورد بحث و تحقیق قرار می‌دهند.

یک شکاف بسیار مهم میان فیزیک محیط‌زیست آن‌طور که در زیست‌شناسی به‌کار می‌رود و فیزیک مدرن که اینک در گروههای فیزیک دانشگاهها ارائه می‌شود وجود دارد. فکر می کنید چند دانشجوی کارشناسی فیزیک مطلع‌اند که مفاهیم فیزیک و تجهیزات پیچیده فیزیکی اینک به‌طور گسترده‌ای در علوم کشاورزی و اکولوژی کاربرد دارند؟ و اینکه اساس نظری این کار در مطالبی قرار دارد که همچون «خواص ماده» کم‌کم از سرفصل فیزیک کلاسیک حذف می‌شوند؟

در حال حاضر معدودی از گروههای فیزیک دانشگاههای اروپا و آمریکا وجود دارند که در آنها دانشجویان دوره کارشناسی و بالاتر به مسایل زیست‌محیطی مطروحه در این گفتار علاقه دارند، در حالی که برخی از این مسائل با محیط‌زیست بلافاصله دانشجو سر و کار دارند و بنابراین واجد اهمیت آموزشی قابل توجه در تأمین رفاه بشری و در رابطه با آب و هوا، نرمشهای بدنی و کارایی سیستمهای گرمایش خانگی است. سایر مسایل دارای ابعاد جهانی هستند و نیازمند به پژوهشهای میان ــ رشته‌ای فشرده برای سالهای آینده است. از جمله : پخش آلودگی جوی و نتایج آن در امور کشاورزی، اثرات احتمالی تغییرات اقلیمی بر تولید مواد غذایی، اسکان گروهی، و اکوسیستمهای طبیعی، تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در مورد آبرسانی و تولید محصولات کشاورزی.

موضوعات کلی زیست‌محیطی مرتبط با فیزیک

۱ــ آلودگیها

یکی از مهمترین مسائل زیست‌محیطی، موضوع آلودگیهاست که آلودگی آب، هوا، صوتی، گرمایی و هسته‌ای قابل ذکرند. اگرچه در زمینهٔ آلودگی آب و آلودگی هوا فیزیک هم نقش دارد امّا آلودگیهای صوتی، گرمایی و هسته‌ای به دلیل ماهیت مطلب در حوزهٔ عمل فیزیکدانان قرار می‌گیرد و ما به اجمال دربارهٔ آنها توضیح می‌دهیم.

۱ــ۱ آلودگی صوتی

چنانچه بر اهل فیزیک روشن است صوت از ارتعاش اجسام جامد و مایع و گاز حاصل می‌شود و تراز صوتی برحسب دسی‌بل و با فرمول $dB = ۱۰\log \frac{I}{I_۰}$ سنجیده می‌شود که در آن I شدت صوت برحسب وات بر مترمربع و $I_۰$ شدت صوت مبنا با بسامد ۱۰۰۰ هرتز در آستانه شنوایی است که $۱۰^{-۱۲}$ وات بر مترمربع است. کمترین مقدار تراز صوتی، صفر دسی‌بل و بیشترین آن که ایجاد درد در گوش می کند ۱۴۰ دسی‌بل است. جدول زیر ترازهای مختلف را نشان می‌دهد.

شماره	نوع صدا	تراز برحسب دسی‌بل
۱	صدای پچ‌پچ	۲۰
۲	میومیوی گربه	۲۵
۳	صدای خفیف خیابانها	۴۰
۴	مکالمات معمولی	۶۰
۵	وسایل حمل و نقل سنگین مثل کامیون	۸۰
۶	اگزوز موتور سیکلت	۱۱۰ــ۱۱۵
۷	موتور هواپیماهای معمولی	۱۱۰ــ۱۲۰
۸	هواپیمای جت موقع بلند شدن از زمین	۱۵۰
۹	موشک	۱۸۰
۱۰	انفجارهای خیلی شدید	بالاتر از ۱۸۰

اثرات زیست‌محیطی صوت

صدا بر موجودات زنده اثرات متفاوتی دارد. صدایی با شدت ۸۰ دسی‌بل برای مدت طولانی موجب کری دائم می‌شود و اگر با شدت بیش از ۸۰ دسی‌بل برای مدت کوتاهتری ایجاد شود، کری موقت و گاهی دائم به‌وجود می‌آورد. صداهایی در حدود ۱۳۰ دسی‌بل باعث احساس درد و گاهی خونریزی داخلی می‌شود که به علت حساسیت و ظرافت دستگاه شنوائی معمولاً آسیبهای وارده قابل جبران نیست. فشار زیاد محیط (هوا یا آب) ضایعاتی در گوش پدید می‌آورد که غواصان و کارکنان زیردریایی و کاربران چتر نجات آن را به‌صورت ناراحتیهایی در گوش احساس می‌کنند. انفجار شدید علاوه بر تولید صدای مهیب موجب پراکنش هوا و ایجاد خلأ می‌شود که درنتیجه فشار ثابت داخل بدن انسان و گوش درونی در مواجهه با این کمبود فشار بیرونی، آسیبهای شدیدی به اعضای مختلف و به‌ویژه پرده گوش وارد می کند. موزیکهای پر سر و صدا نیز موجب سنگینی گوش و یا کری می‌شوند.

در بعضی کشورهای صنعتی حداکثر شدت صدا در کارخانه‌ها ۸۵ دسی‌بل تعیین شده است. تأثیر سر و صدا بر کار اندامهای جانوران و نیز بر رشد گیاهان مورد بررسی قرار گرفت و اثرات نامطلوب آن در هرمورد به تأیید رسید.

طی ۳۰ سال اخیر سر و صدا در دنیا بیش از دو برابر شده است و اثرات بیشینه آن در انسان به صورت انقباض عروق محیطی بدن، بالا رفتن فشارخون، لکنت زبان، کوری، صرع، تشدید پرخاشگری و مرافعه‌جویی در محیطهای کاری پر سر و صدا ظاهر می‌شود.

نکته مهم این است که ممکن است انسان در محیط کار و یا محل سکونت کم‌کم به سر و صدا عادت کند و حتی ممکن است در یک

کارخانه پر سر و صدا به خواب عمیقی فرو رود ولی مسلماً از این سر و صدا زیانهای روحی و جسمی زیادی عایدش می‌شود.

اخیراً محققان متوجه شدند که نوجوانان ۱۰ تا ۲۰ ساله فعلی نسبت به نوجوانان نسل گذشته به میزان زیادی ثقل سامعه (سنگینی گوش) دارند و اگر افزایش سر و صدا به همین سرعت پیش رود، در چند نسل بعد انسانها یا بکلی کر خواهند بود و یا قدرت شنوایی خیلی ضعیفی خواهند داشت. البته سکوت کامل نیز موجب عوارض عصبی می‌شود. کسانی که ساعتها در اتاقهای فرمان جلوی دستگاههای کنترل می‌نشینند و مراقب دستگاهها هستند دچار اوهام و خیالات می‌شوند. یکی از پیشنهادها برای رفع این عوارض کم کردن ساعات کار، تعویض و استراحتهای کوتاه‌مدت و یا پخش موسیقی ملایم است.

نقش طراحی و معماری فضای سبز در کاهش آلودگی صوتی

در مبارزه با آلودگی صوتی باید در مرحله برنامه‌ریزی شهری و تهیه طرحهای جامع شهری وارد عمل شد. استفاده از گیاهان مناسب با برگهای خاص به‌عنوان دیوارهای سبز صوت‌شکن نه‌تنها به‌طور علمی و فیزیکی موجب کاهش شدت صوت است، بلکه تأثیر روانی خوبی بر بیننده و رهگذر دارد. بهتر است در این زمینه از روشهای احداث فضای سبز شبه‌جنگلی متراکم و یا ردیف کاریهای متوالی و یا تلفیقی از اینها استفاده کرد. کاربرد گونه‌های درختی با ساقه‌های تنومند و برگهای پهن و ضخیم که حتی‌المقدور همیشه سبز و عمود بر جهت انتشار صوت که پس از خشک شدن نیز روی شاخه بمانند ارجح است.

گزارش اندازه‌گیری شدت صوت در تهران

برای تعیین وضعیت سروصدای تهران ایستگاههای مختلفی درنظر گرفته شد و نتایج اندازه‌گیری شده در سالهای ۱۳۵۶، ۱۳۶۲ و ۱۳۷۱ با یکدیگرمقایسه شد. برای اندازه‌گیری صدا در این نقاط از Sound-Level Meter یا دستگاه اندازه‌گیری صدا ساخت کارخانه Bruel & Kjaer مدل ۲۲۰۸ استفاده شد که در ارتفاع ۱۸۰ سانتی‌متری از سطح زمین و عمود بر خیابان قرار داده شد. فاصله اندازه‌گیری هر روز در هر ایستگاه ۳۰ دقیقه بود و زمان آن بین ۸ صبح تا ۷ بعدازظهر بوده است، قرائت عقربه دستگاه در هر ۳۰ دقیقه در مدت ۱۵ ثانیه انجام می‌شد. میانگین تغییرات سروصدا در سالهای مختلف در برخی ایستگاههای اندازه‌گیری به قرار زیر بوده است:

نام ایستگاه	اختلاف تراز صوتی در سالهای ۵۶ و ۵۲	اختلاف تراز صوتی در سالهای ۶۲ و ۷۱
۱ــ ایستگاه آل‌احمد ــ شهرآرا	۵/۷ دسی‌بل	۳/۳ دسی‌بل
۲ــ ایستگاه استاد معین ــ هاشمی	۵/۴ دسی‌بل	۰/۵ دسی‌بل
۳ــ ایستگاه بلوار کشاورز	۹/۴ دسی‌بل	۰ دسی‌بل
۴ــ ایستگاه آزادی ــ باربد	۰/۵۸ دسی‌بل	۲/۵۸ دسی‌بل
۵ ــ ایستگاه اسدآبادی ــ معلم	۰/۸ دسی‌بل	۲/۵ دسی‌بل

این جدول نشان می‌دهد که میزان سروصدا در طی ۱۵ سال اخیر در تهران روند افزایشی داشته است که در بعضی ایستگاهها شیب منحنی تند و در بعضی مناطق کند بوده است. با توجه به اینکه عمده مناطق آلوده‌کننده صدا در مناطق شهری بجز فرودگاه مهرآباد افزایش جمعیت و بالطبع افزایش عبور و مرور وسایل نقلیه است، میزان سروصدا در تهران همچنان افزایش خواهد یافت. در این میان دو منطقه خیابان آزادی در حوالی دانشگاه صنعتی شریف به علت فعال شدن شهرک‌های اکباتان، آپادانا، شهید فکوری از ترافیک سنگینی برخوردار بوده است و دیگری اسدآبادی که دچار افزایش ساخت و سازی و رونق ساختمان سازی و شهرسازی بوده است از افزایش دسی‌بل بیشتری برخوردار بوده است.

یکی از آخرین اندازه‌گیریهایی که با حضور دانشجویان درس فیزیک محیط‌زیست انجام گرفت در روز دوشنبه ۲۴ اردیبهشت ۷۵ بوده است که در محل آزمایشگاه مرکزی سازمان حفاظت محیط‌زیست و با جدیدترین دستگاه اندازه‌گیری GA 101 صورت گرفت. این دستگاه که قابل اتصال به کامپیوتر نیز هست هر ۱۵ دقیقه یکبار و هر بار ۱۵ ثانیه تراز صوت را در محل سازمان در خیابان استاد نجات‌اللّهی اندازه گرفت.

۱ــ۲ آلودگی گرمایی

آلودگی گرمایی یا گرمای اتلافی از مشخصه‌های همه نیروگاههایی است که با بخار آب کار می‌کنند زیرا بخار آبی که توربین را ترک می‌کند هنوز گرم است و باید خنک و چگالیده شود، تا چرخه عمل را کامل کند. برای سرد کردن این نیروگاهها معمولاً از جریان آب رودخانه و یا برجهای خنک‌کننده (بویژه در نیروگاههای اتمی) استفاده می‌کنند. روش اولی چنانچه بدقت انجام نگیرد، منجر به افزایش چند درجه به دمای آب می‌شود که ممکن است آبزیانی نظیر ماهی و صدف و ارگانیزمهای پلانکتونی را از بین ببرد و تغذیه ماهیهای بزرگ را دچار مخاطره سازد.

از آنجا که آب گرم اکسیژن کمتری نسبت به آب سرد، در خود نگه می‌دارد و نیز افزایش دما آهنگ سوخت و ساز و درنتیجه مصرف اکسیژن توسط باکتریها و ماهیها را بالا می‌برد، از بین رفتن ماهیها درنتیجه کمبود اکسیژن تشدید می‌شود.

افزایش دما بر ترکیب گونه‌ها و درنتیجه بر کل زنجیره غذایی اثر می‌گذارد. بسیاری از گونه های با ارزش یعنی جلبکها و گیاهان تک‌یاخته‌ای نسبت به جلبکهای سبز ـ آبی مضر در دماهای پایین‌تری رشد می کنند بنابراین آلودگی گرمایی منجر به جانشینی جلبکهای (خزه‌های) مضر به‌جای خزه‌های مطلوب می‌شود.

افزایش دما ممکن است رابطه صید ـ شکارچی را معکوس کند. مثلاً ماهی قزل‌آلا در دماهای پایین‌تری نسبت به ماهی آبنوس که صید آن است، زندگی می کند. درنتیجه جمعیت گونه ماهی آبنوس نسبت به قزل‌آلا درحال افزایش است. اگرچه برای برخی ماهی‌های مطلوب نظیر ماهی خاردار و گربه ماهی ممکن است این افزایش دما مفید باشد.

درنتیجهٔ افزایش دما ممکن است اثرات توأم و مشترک چندین عامل (سینرژیسم) بوجود آید. مثلاً ماهی‌ها که در دماهای پایین نسبت به امراض مقاومند، در دماهای بالاتر ممکن است پذیرای این امراض شوند و نیز این افزایش دما می‌تواند ماهی را نسبت به سایر آلاینده‌ها نظیر فلزات سنگین و آفت‌کش‌ها حساس‌تر کند. البته روش خنک‌سازی توسط برجهای خنک‌کننده، که بر اثر دادن گرمای اضافی به اتمسفر تخلیه می‌شود زیانهای زیست‌محیطی زیادی دربر ندارد.

۱ـ۳ آلودگی تابشی (اتمی و...)

این آلودگی بیشتر ناشی از واکنشهای هسته‌ای در راکتورها، نیروگاههای هسته‌ای و آزمایشهای هسته‌ای است و مقداری هم از تابش زمینه‌ای ناشی از پرتوهای کیهانی و تابشهای حاصل از مواد رادیواکتیو طبیعی است.

وقتی مواد رادیواکتیو نظیر اورانیوم شکافته می‌شود عناصر حاصل از شکافت معمولاً از عناصر سبکتری (تقریباً نصف جرم اتمی عنصر مادر) نظیر ید، سزیوم، استرانسیوم، کبالت یا هر یک از ۳۰ عنصر مختلف شیمیایی هستند. این اتمهای جدید عموماً ایزوتوپهای ناپایدار عناصر مربوطه خود هستند که هر آن در معرض تغییرند.

این ایزوتوپهای ناپایدار با پرتاب ذرات اضافی و یا گسیل تابشهای پرانرژی پایداری خود را بدست می‌آورند. علاوه بر فرآورده‌های مستقیم شکافت، سایر مواد درون یا اطراف راکتور نیز ممکن است درنتیجه جذب نوترونهای حاصل از شکافت خود رادیواکتیو شوند. این محصولات مستقیم یا غیرمستقیم شکافت را بسماند یا فضولات رادیواکتیو می‌نامند (Radioactive Wastes) و فروریزه‌های رادیواکتیو حاصل از انفجار بمب هسته‌ای از همین نوع هستند.

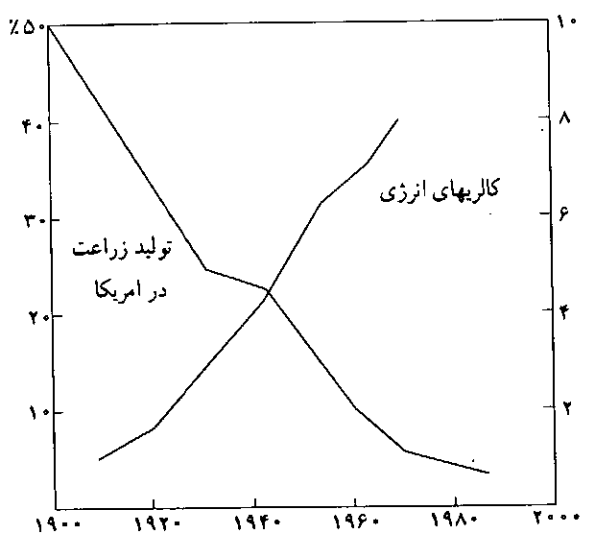
گسیلها و بویژه تابشهای رادیواکتیو ممکن است همانند گلوله‌های ریز در بافتهای بیولوژیک نفوذ کرده بدون اینکه احساس شوند مولکولهای بافت را تخریب کنند. دُزهای کم این تابش بدون کشتن سلولها به مولکولهای DNA که مواد ژنتیکی درون سلولها هستند آسیب می‌رسانند. این سلولها با DNA صدمه دیده شروع به تقسیم و رشد خارج از کنترل می‌نمایند و سرطان بدخیم بوجود می‌آورند. چنانچه این سلولها، یاخته‌های جنسی و اسپرم باشند، نواقص مادرزادی ایجاد می کنند.

در دُزهای بالاتر آسیبها می‌تواند چنان باشد که تقسیم سلولی را کلاً متوقف کند که از همین خاصیت برای از بین بردن تومورهای سرطانی استفاده می‌شود. البته این تابش باید بر روی تومور متمرکز شود تا مفید واقع شود و الا تابش آن بر سراسر بدن یک توقف همه‌جانبه در تکثیر و ترمیم بافتهای خونی، پوستی و غیره بوجود می‌آورد که طی مدت چند روز تا چند ماه موجب مرگ می‌شود و بالاخره تابشهای بسیار بالا موجب از بین رفتن سلولها و مرگ سریع می‌شود که معمولاً در انفجارات هسته‌ای رخ می‌دهد. البته چنین مواردی که مرگهای دسته جمعی را دربر دارد فقط در جنگ هسته‌ای پیش می‌آید که درحال حاضر احتمالش اندک است ولی نگرانی عمده در پرتوگیری با **دزهای کم** است که برای تعداد زیاد انسانها محتمل است و افزایش موارد سرطان و نواقص مادرزادی را به همراه دارد.

۲ـ انرژی و منابع آن

انرژی را قابلیت انجام کار تعریف می کنیم. این تعریف شامل : گرمایش، سرمایش، روشنایی، پردازش و تولید همه مواد و نیز همه نوع فعالیتهاست. با تأمین انرژی کافی می‌توان بقدر کافی کار تولید کرد تا بتوان تقریباً همه نوع منابع و امکانات را بدست آورد. برعکس در غیاب انرژی همه منابع را نمی‌توان بدست آورد. درنتیجه، انرژی را باید مهمترین عامل همه منابع بحساب آورد.

از طریق فوتوسنتز، انرژی خورشیدی (به‌صورت نور) در گیاهان سبز گیراندازی و ذخیره می‌شود و سپس به شکل مواد آلی پرانرژی یا غذا به سایر موجودات زنده یا ارگانیزمها انتقال می‌یابد. بنابراین ادامه کار بدن ما بستگی به عمل این اکوسیستم طبیعی دارد. اما پیشرفت تمدن، بویژه تمدن تکنولوژیک به بشر می‌آموزد که چگونه منابع انرژی بیشتری را در اختیار آورد تا کار مطلوب را تولید کند. این امر به انسان امکان می‌دهد که تولید را افزایش دهد و خود را از زحمت و رنج فیزیکی خلاص کند.



جمعیت کشاورز ساکن روستاهای آمریکا در سالهای مختلف (چپ) و انرژی هزینه شده برای تولید یک کالری ماده غذایی.

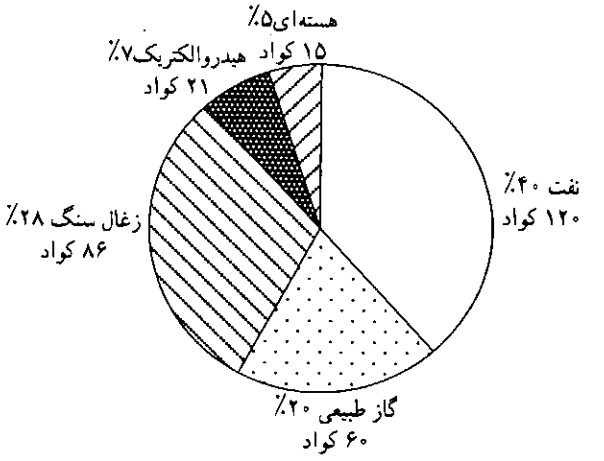
صنعتی شدن اساساً یک فرایند جانشین‌سازی کار ماشین با کار انسانی است. این مطلب را می‌توان این‌گونه نشان داد که تقلیل در جمعیت کشاورز (عمدتاً نیروی کار کشاورزی) با افزایش در انرژی هزینه شده برای تولید هر کالری همراه است. این نمودار نشان می‌دهد که چگونه نیروی انسانی که بر روی مزارع کار می‌کنند کاهش می‌یابد در حالی که برای هر کالری تولید شده از مواد غذایی، به تدریج کالری‌های بیشتری صرف می‌شود. انرژی از نظر دوام منابع به دو قسمت تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم می‌شود.

الف ــ انرژیهای تجدیدناپذیر

منابع این انرژی‌ها که عمدتاً سنگهای معدن و سوختهای فسیلی هستند، پایدار نیستند و در نتیجهٔ مصرف از بین می‌روند.

۲ــ۱ انرژی سوختهای فسیلی

سوختهای فسیلی شامل چوب، نفت، زغال، زغال‌سنگ، گاز طبیعی، تقریباً ۸۸٪ نیازهای انرژی دنیا را برآورده می‌سازد و باقی کلاً از تأسیسات هیدروالکتریک و نیروگاههای هسته‌ای تأمین می‌شود.



تولید انرژی جهان توسط منابع سوختی [با حذف منبع زیست توده (بیوماس)] در سال ۱۹۸۵

شکل بالا انرژی ایجاد شده توسط هر یک از این منابع را برای سال ۱۹۸۶ نشان می‌دهد واحد بکار رفته کواد (quad) است که برابر 10^{15} BTU و یا تقریباً 10^{18} ژول است. آمار نشان می‌دهد که آمریکا با ۵ درصد جمعیت دنیا ۲۲٪ گسیل کربن کلی را داراست. با صرف یک واحد انرژی مقدار کربن گسیل شده از سوختن زغال ۷۵٪ بیشتر از گاز طبیعی است. به‌طور کلی برای سیستمهای گرمایشی برقی که زغال مصرف می‌کنند اگر از گاز طبیعی مصرف کنند گسیل کربن بسیار کمتری خواهند داشت. متأسفانه بیشتر ذخایر و منابع فسیلی به شکل زغال‌سنگ هستند تا گازهای طبیعی.

۲ــ۲ انرژی هسته‌ای

از آغاز کاربرد سوختهای فسیلی، دانشمندان می‌دانستند که این منابع همیشگی نیستند و بزودی نیاز به سایر منابع انرژی خواهد بود. زمان تصمیم‌گیری پایان جنگ دوم جهانی و انفجار دو بمب هسته‌ای در هیروشیما و ناکازاکی بود. از آن پس اقدامات گسترده‌ای از سوی آمریکا برای استفاده از این انرژی به‌عمل آمد و هم زمان تبلیغات شدیدی برای سالم جلوه‌دادن آن آغاز شد. کمپانی‌های بزرگ آمریکایی به ساختن نیروگاههای هسته‌ای عظیم پرداختند و دولت نیز بودجه‌های کلانی جهت پیشرفت این کار اختصاص داد. از دهه ۱۹۷۰ طرفداران محیط‌زیست که از حوادث مختلفی در رابطه با نشت مواد و آلودگی محیط اطراف نیروگاهها و مسأله دفع پسماندهای اتمی آگاه شده بودند، ندای مخالفت با تأسیس چنین نیروگاههایی بلند کردند و حتی دست به اشغال برخی از آنها زدند. در سالهای اخیر جنبش سبزها که در اروپا و آمریکا قوت گرفت و در آلمان به صورت یکی از احزاب سیاسی قوی به صحنه آمد و نیز حوادث برملا شده‌ای چون حادثه نیروگاه چرنوبیل اذهان جهانیان را بیشتر متوجه خطرات استفاده از این انرژی کرد.

چگونگی تولید انرژی هسته‌ای

به‌طور خلاصه از طریق دو فرآیند اساسی که مستلزم تغییر اتم است این انرژی تولید می‌شود. اول شکافت هسته‌ای (فیسیون Fission) که طی آن اتم بزرگ یک عنصر به دو اتم کوچکتر یا دو عنصر سبکتر تجزیه می‌شود. دوم همجوشی هسته‌ای (فوزیون Fusion) که طی آن دو اتم کوچک با هم ترکیب شده یک اتم بزرگ‌تر مربوط به یک عنصر متفاوت را تشکیل می‌دهند. در هر دو فرآیند جرم کل فراورده‌های حاصل کمتر از جرم مواد اولیه است. این تفاوت جرم طبق رابطه معروف جرم ــ انرژی اینشتین ($E = mc^2$) تبدیل به انرژی می‌شود. تبدیل یکباره و بدون کنترل این فرآیندها، بمبهای اتمی و هیدروژنی را با انرژیهای عظیم و ویرانگر بوجود می‌آورد و تبدیل کنترل شده آنها بویژه در نیروگاههای هسته‌ای انرژی گرمایی لازم برای تهیه بخارآب و به راه انداختن توربوژنراتورها و تولید برق را بوجود می‌آورد. البته کنترل فرآیند همجوشی و استفاده مسالمت‌آمیز از انرژی آن هنوز میسر نشده است. از عناصر قابل استفاده در زمینه شکافت مشخصاً ایزوتوپهای اورانیوم $^{235}_{92}U$ و $^{238}_{92}U$ کار برد ندارند که خواص شیمیایی هر دو یکسان است ولی از نظر سایر خواص با هم متفاوت‌اند. اولی که ایزوتوپ پرتوزاست، از نظر شکافت هسته‌ای مناسب است. نسبت ^{235}U در نمونه معدنی موجود در زمین کمتر از یک درصد است و بیش از ۹۹٪ آن ایزوتوپ ^{238}U است و برای آماده‌سازی این سوخت باید آن را غنی ساخت. فرآیند غنی‌سازی نیازمند به یک تکنولوژی پیشرفته است که معمولاً در انحصار کشورهای پیشرفته غربی است. برای ساختن بمب هسته‌ای به غنای بیش

از ۹۰٪ نیاز است درحالی که برای استفاده در نیروگاهها و راکتورها غنای حدود ۳۰٪ احتیاج است. به همین دلیل در نیروگاهها و در طبیعت هرگز انفجار هسته‌ای رخ نخواهد داد. شکافت یا همجوشی ناگهانی حدود یک کیلوگرم مواد، نیروی ویرانگری بوجود می‌آورد که در بمب هسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکافت ۰/۵ کیلوگرم سوخت اورانیوم انرژی معادل سوختن ۱۰۰۰ تن زغال‌سنگ بوجود می‌آورد و هر بار سوختگیری راکتور (تقریباً ۳ تن) کافی است که نیروگاه هسته‌ای را به مدت ۲ سال بکار اندازد.

ب ــ انرژیهای تجدیدپذیر

انرژی همواره به طرف سرازیری جریان می‌یابد. این مفهوم در تولید انرژی مفید اساسی است، انرژی را می‌توان از یک شکل به شکل دیگر درآورد و در طی همین فرآیند به‌کار مفید تبدیل کرد ولی در پایان کار گرمای با دمای پایین را نمی‌توان گیر انداخت و دوباره از آن بهره جست. این واقعیت در متن قانون دوم ترمودینامیک گنجانده شده است. درنتیجه هر منبع انرژی سرانجام به پایان می‌رسد. ولی شماری از منابع انرژی همچون خورشید، باد، آب، آبشار، جزر و مد، گرمای حاصل از درون زمین با آهنگ کم و بیش ثابتی برای صدها میلیون سال تدوام خواهد داشت و استفاده بشر به‌طور اساسی آنها را تغییر نخواهد داد، به همین دلیل آنها را عموماً **منابع تجدیدپذیر** می‌نامند.

مزایای توسعه این‌گونه انرژیها بسیار است فقط مسأله در مهار کردن و استفاده از آنها برای انجام کار مفید با هزینه کمتر است. پژوهشهای فراوانی در سالهای اخیر در این زمینه بعمل آمده و پیشرفتهایی نیز حاصل شده است. تقریباً ده درصد انرژی اولیه مصرفی در آمریکا امروزه از همین منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود و همچنان توسعه می‌یابد.

۲ــ۳ انرژی خورشیدی

نور خورشید که از طریق فوتوسنتز به دام می‌افتد منبع انرژی برای همه اکوسیستمهای طبیعی است. این انرژی هم ناآلاینده و هم به‌طور مستمر تجدیدپذیر است (اخترشناسان برآورد کرده‌اند که خورشید تا چندین میلیارد سال دوام خواهد آورد که این خود مقیاس زمانی بی‌نهایت محسوب می‌شود). اکوسیستمهای طبیعی تنها بخشی از یک درصد از نور خورشید را که به زمین می‌رسد مصرف می‌کنند. اینکه ما همه این بخش کوچک را قبل از انعکاس و برگشت آن به فضا بکار می‌بریم یا نه، هیچ‌گونه تأثیر سوئی بر محیط زیست و بر زمین باقی نمی‌گذارد.

با توجه به مزایای انرژی خورشیدی، تعجبی ندارد که حامیان پرحرارت بسیاری داشته و توسعه ویژه‌ای پیدا کرده است. **مرکز منابع تجدیدپذیر** برآورد کرده است که بیش از **یک میلیون خانه** در آمریکا حداقل بخشی از گرمایش را از نور مستقیم خورشید تأمین می‌کنند و کاربردهای دیگری نیز در مقیاس بزرگ درحال انجام است. شگفت اینجاست که این پیشرفتها بیشتر نشده است و حتی در سالهای اخیر علاقه عمومی به این انرژی کمتر شده است زیرا مصرف‌کنندگان معتقدند که خیلی گران و غیرعملی و تکنولوژی آن بقدر کفایت رشد نکرده است بعلاوه پشتیبانی دولتها از پژوهشهای آن تقریباً صفر است. درواقع چهار مسأله اساسی در این رابطه باید حل شود:

۱ــ تجمع و دریافت ۲ــ تبدیل
۳ــ ذخیره‌سازی ۴ــ آماده‌سازی برای استفاده

واقعیت این است که انرژی خورشیدی یک انرژی کم‌چگال است اما به‌طور گسترده‌ای به سرتاسر زمین فرود می‌آید. ولی بیشتر تجهیزات زمین چون موتورها و کوره‌ها نیازمند به انرژی پرچگال هستند. پس باید این انرژی را از سطح وسیعی دریافت کرد و در سطح کوچکی متمرکز ساخت. بعلاوه، این انرژی بیشتر به‌صورت نور است درحالیکه ما نیاز به گرما سوخت برای موتورها و کوره‌ها، یا انرژی الکتریکی داریم.

همچنین برای انتقال آن از جایی به جای دیگر باید حتماً به سایر شکلها تبدیل یابد. این انرژی در ساعات شب و روزهای ابری موجود نیست و در زمستانها نیز کاهش چشمگیری دارد پس نیاز به ذخیره‌سازی است البته با پیشرفت تکنولوژی می‌توان از مراحل سه گانه فوق کسر کرد و هزینه را به حداقل رساند.

انرژی خورشیدی مستقیم

از نظر راههای کاربرد مستقیم این انرژی می‌توان کلکتورهای مسطح و سیاه برای جذب حداکثر گرما، سنگهای بزرگ و دیوار آجری جهت چرخش هوا، پانلهای مخصوص روی پنجره و آب گرم‌کن‌های خورشیدی را نام برد. همچنین تولید الکتریسیته به‌طور مستقیم با استفاده از پیلهای **فوتوولتائیک** یا اصطلاحاً پیلها و باتریهای خورشیدی میسر است. این پیلها عموماً از دو لایه فوق‌العاده خالص سیلیکون نازک که در یک پلاستیک شبکه‌ای جای دارد، تشکیل یافته است که یکی از صفحات به‌عنوان دهنده الکترون و دیگری دریافت‌کننده الکترون است. با تابش نور خورشید بر صفحه اول، الکترونها از جایگاه خود کنده شده و به طرف صفحه دوم که حاوی حفره‌های الکترونی است سرازیر می‌شوند و یک پتانسیل الکتریکی برقرار می‌شود که با اتصال یک سیم بین دو صفحه الکترونهای اضافی به سوی دیگر سرازیر شده و جریان الکتریکی ایجاد شده می‌تواند یک موتور را براه اندازد. با تابش مستقیم آفتاب بوسیله یک سلیکون ۵ سانتی‌متری می‌توان انرژی به اندازه یک باتری چراغ دستی بوجود آورد که البته با اتصال هر تعداد از آنها به یکدیگر می‌توان به هر قدرت مطلوب دست یافت.

«برج قدرت» یکی دیگر از وسایل استفاده از انرژی خورشیدی است. گروهی از آینه‌ها که با نظم خاص و مکانیسمی، همواره در جهت خورشید قرار دارند در سطح چندین هکتار، نور آن را روی یک دیگ بخار که بر روی برجی قرار گرفته است متمرکز می‌سازند و در آنجا آب بخار شده یک توربوژنراتور سنتی را بکار می‌اندازد و الکتریسیته تولید می‌شود.

«استخرهای خورشیدی» شامل مقداری آب نمک در زیر و آب خالص در بالا مورد استفاده است که نور خورشید باعث گرم شدن لایه زیری شده و لایه بالایی موجب حفظ گرما می‌شود (نظیر اثر گلخانه‌ای). گرمای ذخیره شده یا صرف گرمایش مستقیم می‌شود و یا برای تولید الکتریسیته بکار می‌رود.

و بالاخره روش تولید هیدروژن به کمک گرمای خورشیدی قابل ذکر است که از تولید فرآیند فوتوسنتز در مرحله مقدماتی استفاده می‌کند. در این مرحله اتمهای هیدروژن از مولکول آب جدا شده و با کربن گیاه تولید مواد آلی می‌کند و اکسیژن آزاد می‌شود. با ابداع یک سیستم پایدار و مصنوعی می‌توان این مرحله را تکرار کرده و هیدروژن بدست آورد. از هیدروژن می‌توان بجای هر نوع سوخت و بویژه گاز طبیعی برای به راه انداختن دستگاهها استفاده کرد.

انرژی خورشیدی غیرمستقیم

علاوه بر روشهای مستقیم ذکر شده، انرژی خورشیدی به‌طور غیرمستقیم نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. تابش خورشیدی ضمن برهم‌کنش با هوا، آب و مواد زنده (biota) جذب شده و به سایر اشکال انرژی چون باد، آبشار، زیست توده (biomass) تبدیل می‌شود.

انرژی زیست‌توده (biomass) یا تبدیل زیستی (bioconversion)

اصطلاح بیوماس یا زیست‌توده به تمام مواد حاصل از موجودات زنده اطلاق می‌شود. زیست توده در اساس از فرآیند فوتوسنتز حاصل می‌شود بنابراین انرژی زیست‌توده معرف انرژی خورشیدی گیر افتاده در مواد زیستی است. استفاده از ارگانیزمها برای دریافت، تبدیل و ذخیرهٔ تابش خورشید به‌صورت انرژی شیمیایی تبدیل زیستی نامیده می‌شود. از سوزاندن چوب یا پسماندهای چوب و کاغذ می‌توان برای گرمایش، آشپزی یا تولید برق استفاده کرد. متان (گاز طبیعی) را می‌توان از هضم بی‌هوازی لجن، کود و سایر پسماندهای کشاورزی بدست آورد، و بالاخره، اتانول را که می‌تواند جانشینی برای بیشتر سوختهای مایع باشد می‌توان از تخمیر شکر و دانه‌ها و تقطیر بعدی آن تولید کرد. در سالهای اخیر استفاده از زیست توده برای تولید انرژی توسعه بیشتری یافته است.

۲ــ۴ انرژی گرما ــ زمینی (Geothermal)

همان‌گونه که فوران مواد مذاب (لاوا) از آتشفشانها نشان می‌دهد، بخش درونی زمین بسیار داغ است، انرژی گرما ــ زمینی متضمن استفاده از این چشمه گرما برای تولید انرژی مفید است. این عمل به دو راه میسر است. نخست آنکه آب زیرزمینی می‌تواند در تماس با سنگهای داغ قرار گیرد و آب گرم از طریق منافذ طبیعی به سطح زمین بیاید (نظیر پارک ملی در هاوائی آمریکا) یا با حفر مجراهایی به آبخیزهای فوق گرم می‌توان به آن رسید. دوم آنکه این چاهها ممکن است به درون سنگهای داغ و خشک حفر شوند که در آن صورت آبهایی که به درون چنین چاههایی فرو می‌روند به‌صورت بخار آب جوش برمی‌گردند. در هر دو صورت بخار آب خروجی به درون توربوژنراتورها هدایت می‌شوند تا برق تولید کنند یا چنانچه این چاه نزدیک شهر باشد از این بخارها برای گرمایش مستقیم ساختمانها و خانه‌ها استفاده شود.

از امکانات زمین ــ گرمایی درحال حاضر در بسیاری از نواحی دنیا استفاده می‌شود. در آمریکا کمپانی گاز و برق پاسیفیک از منافذ بخارآب طبیعی در شمال کالیفرنیا برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کند. اما استفاده از انرژی زمین ــ گرمایی در مقیاس وسیع مشکلات زیادی به همراه دارد.

آب و بخار آب داغ که به سطح زمین می‌آیند، غالباً به شدت مملو از نمک و سایر آلاینده‌ها بویژه ترکیبات گوگردی است که توربین و سایر تجهیزات را شدیداً دچار خوردگی می‌سازد، و هنگامی که سرانجام به محیط‌زیست رها می‌شوند هم آب و هم هوا را آلوده می‌سازند. آلودگی گوگردی حاصل از نیروگاه زمین ــ گرمایی ممکن است معادل آلودگی نیروگاه حرارتی با سوخت فسیلی باشد که زغال‌سنگ با گوگرد زیاد بسوزاند و آب‌نمک داغ رها شده به نهرها و رودخانه‌ها می‌تواند از نظر اکولوژیکی فاجعه‌آمیز باشد.

ممکن است چاههای «خشک» (بدون آب‌نمک) کمتر آلاینده باشند. اما تا به امروز هیچ چاه خشکی وجود ندارد و عملاً از وضعیت نظری بیرون نرفته است. تولید انرژی زمین ــ گرمایی از چاههای «مرطوب» از سال ۱۹۷۸ تاکنون از ۵۰۰ مگاوات به ۱۵۰۰ مگاوات رسیده است. اما این را می‌توان به استفاده از تجهیزات زمین گرمایی «تمیز» بیشتر نسبت داد. مشکلات و هزینه اکتشاف تشکیلات تمیز اضافی در این رابطه، پتانسیل استفاده از این انرژی را به شدت ذهنی و نظری کرده است.

۲ــ۵ انرژی باد

باد از گرم کردن اتمسفر توسط خورشید حاصل می‌شود. بنابراین انرژی باد هم شکلی از انرژی خورشیدی غیرمستقیم و تجدیدپذیر است. باد در طول تاریخ به‌عنوان یک منبع انرژی همراه آب (انرژی آب) و جانوران اهلی کم و بیش مورد استفاده بوده است. تا دهه ۱۹۳۰ در بیشتر مزارع آمریکا از پروانه‌های بادی یا آسیاب بادی برای پمپاژ آب، یا تولید مقادیر کم الکتریسیته بهره‌برداری می‌شد. اما این مقادیر اندک، انرژی مطلوب برای یک زندگی امروزی را فراهم نمی‌کند. بنابراین در دهه ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ که شبکه‌های سراسری برق این انرژی را با هزینه کم از مراکز تولید منتقل ساخت دیگر کاربرد این آسیابها منسوخ شد. اما اخیراً باز هم انرژی باد و استفاده از این پروانه‌ها به‌عنوان مولدهای بادی، یا توربین‌های بادی مورد توجه قرار گرفت.

استفاده از این آسیابها برای تولید برق در مقیاس زیاد، یک تکنولوژی جدید است و مشکلات خودش را دارد. اما در طول دهه

گذشته توربین‌های بادی تجربی زیادی ساخته شد تا بهترین آن طراحی شود. درحال حاضر دو نوع طراحی وجود دارد: اولاً توربینهای بادی با پره‌هایی شبیه ملخ هواپیما به طول ۳۰ متر ساخته می‌شود، که بر بالای برجی به ارتفاع ۵۰ متر نصب می‌گردد. این نوع ژنراتورها بین ۱ تا ۱۰ مگاوات انرژی تولید می‌کنند که مصرف حدود ۱۰۰۰ خانه را تأمین می‌کنند. (برای مقایسه متذکر می‌شویم که نیروگاههای هسته‌ای به‌طور متوسط ۱۰۰۰ مگاوات برق تولید می‌کنند.) ثانیاً طرح «میدانهای باد» است که آرایه‌هایی بین ۵۰ تا چند صد آسیاب بادی متوسط با پره‌هایی به طول ۷ تا ۱۰ متر که هر کدام ۱۰ تا ۵۰ کیلووات برق تولید می‌کنند. حدود ۱۰۰ میدان باد در کالیفرنیا دایر شده است. البته هر روستایی می‌تواند یکی از این دستگاهها را داشته باشد اما از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه نیست.

تولید برق به کمک باد نیازمند به جریان باد به نسبت مداوم با سرعت حدود ۲۰ کیلومتر درساعت یا بیشتر است. ولی باید استفاده از این وسایل را که البته در برخی از مناطق بادخیز عملی است با مولدهای برق سنتی همراه ساخت تا مجبور به ذخیره انرژی حاصل از باد نشویم.

در آمریکا از سال ۱۹۸۰ استفاده از این ژنراتورها آغاز شد و درسال ۱۹۸۵ حدود ۱۰۰۰ مگاوات برق کشور از این منبع حاصل شد، که معادل یک نیروگاه هسته‌ای است. استفاده از این انرژی نسبت به منابع سوخت زغالی و هسته‌ای که واجد آلودگی و خطرات و صدمات برای محیط زیست است، البته ارجح است و با تکامل تجهیزات از نظر اقتصادی نیز به‌صرفه است. خوشبختانه اولین مولد برق بادی کشورمان در منطقه منجیل ساخته شد و قرار است در برنامه پنج ساله دوم تکمیل شود.

مشخصات فنی نیروگاه بادی منجیل

نیروگاه بادی منجیل در تاریخ ۷۳/۱۰/۲۹ در شهر منجیل احداث و تأسیس گردید. میزان تولید انرژی الکتریکی روزانه ۵ الی ۱۰ مگاوات ساعت، نحوه استاپ / استارت بطور اتوماتیک بر اثر وزش باد، دور پره‌ها ۳۰ دور در دقیقه، دور ژنراتور ۱۵۱۵ دور در دقیقه، وزن هر پره ۱/۵ تن، وزن دماغه ۲/۵ تن، وزن ژنراتور ۱۴/۵ تن، ارتفاع از سطح زمین ۴۲ متر، طول پره‌ها ۱۷/۵ متر، قطر قسمت پایین برج ۲ متر و قطر قسمت بالای برج یک متر، عمر مفید ۲۰ سال و هزینه ساخت ۴۰۰ میلیون تومان باضافه مقداری ارز.

«نحوه راه‌اندازی (استاپ / استارت)»

زمانی که سرعت باد بین ۵ تا ۲۵ متر بر ثانیه باشد پره‌ها کار مفید انجام می‌دهند. در سرعتهای پایین‌تر و بالاتر از این حد پره‌ها بطور اتوماتیک درحالت استاپ قرار می‌گیرند بنابراین زمانی که سرعت باد ۵ متر بر ثانیه یا بیشتر باشد توربین درحالت استارت قرار می‌گیرد. یک خط انتقال نیرو از شهر به محل نیروگاه منتقل تا پس از تبدیل به ۲۲۰ ولت به ژنراتور وصل تا نیروی محرکه آنرا تأمین کند.

این تغذیه از برق شبکه توسط ژنراتور تا زمانی است که ژنراتور بتواند در اثر حرکت پره‌ها انرژی الکتریکی تولید نماید، زمانی که برق تولیدی ژنراتور بیشتر از برق شبکه گردد. برق تولیدی ژنراتور از همان خط دریافتی به شبکه سراسری منتقل می‌گردد و این عمل معمولاً در طی مدت ۱۰ دقیقه انجام می‌شود.

زمانی که سرعت باد بطور متوسط بین ۱۴ الی ۱۸ متر بر ثانیه باشد مقدار ۵۰۰ الی ۵۶۰ کیلووات ساعت برق از طریق نیروگاه تولید و به شبکه سراسری منتقل می‌گردد. بنابراین میزان تولید انرژی بستگی به سرعت باد دارد و میزان تولید آن به نسبت شدت و کاهش سرعت باد در نوسان است.

سیستم کنترل نیروگاه کامپیوتری بوده و همزمان توسط سه گروه اداره می‌گردد.

۱ــ کنترل توسط اپراتور مستقر در محل نیروگاه (منجیل)

۲ــ کنترل توسط سازمان انرژی اتمی ایران مستقر در تهران (از طریق تلفن کامپیوتری)

۳ــ کنترل توسط شرکت سازنده نیروگاه مستقر در کشور دانمارک

قابل ذکر است در صورت بروز حوادث یا هر سانحه هر یک از این سه گروه به طور مستقل می‌تواند جهت رفع نقص یا جهت استاپ / استارت اقدام کند.

تا ۴۰ برنامه در حافظه کامپیوتر ذخیره شده است و کلیه اطلاعات و مشخصات مورد نیاز را در آن واحد در اختیار اپراتور یا بازدید کننده یا سازمان انرژی اتمی ایران (تهران) و یا شرکت سازنده و دانمارک قرار می‌دهد و پس از آن اطلاعات قبلی پاک و اطلاعات جدید جایگزین می‌گردد.

در قسمتهایی از کامپیوتر تعداد زیادی لامپ تعبیه شده است که درحالت عادی همگی روشن هستند و اگر یکی از آنها خاموش شود خرابی آن سیستم بر روی مانیتور چاپ می‌گردد و اپراتور سریعاً متوجه نقص شده و آنرا برطرف می‌نماید.

برخی از اطلاعات موجود در کامپیوتر بشرح ذیل می‌باشد:

دور پره‌ها، دور ژنراتور، سرعت باد، دمای محیط، دمای ژنراتور، افت و خیز لحظه‌ای شدت باد، افت و خیز لحظه‌ای دما، مدت زمان تولید انرژی از بدو تأسیس تاکنون، میزان تولید انرژی از بدو تأسیس تاکنون و...

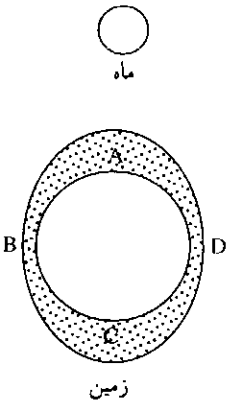
قابل ذکر است که میزان تولید انرژی الکتریکی نیروگاه بادی منجیل از بدو تأسیس تاکنون (۷۵/۲/۲۴) در مدت زمان ۷۷۹۴ ساعت مقدار ۲۵۳۸۹۴۳/۵ کیلووات ساعت بوده است که در طی این مدت خود نیروگاه مقدار ۱۶۹۲ کیلووات ساعت برق از طریق شبکه سراسری مصرف کرده است و همچنین نیروگاه بادی رودبار از بدو تأسیس تا تاریخ ۷۵/۲/۲۴ مقدار ۲۱۱۸۹۴۱ کیلووات ساعت برق تولید کرده است که مجموعاً مقدار ۴۶۵۷۸۸۴/۵ کیلووات ساعت برق تولید شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

کشور ما ایران دارای منابع سرشاری از گاز و نفت خام می‌باشد. بررسی‌هایی که تاکنون انجام شده، طول عمر چاههای نفت برای ۶۰ سال (البته اگر استخراج روزانه در حدود ۳ میلیون بشکه باشد) و گاز برای ۳۰۰ سال پیش‌بینی شده است. پس باید برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه نفت و مشتقات آن چاره‌جویی نمود. یکی از راههایی که می‌تواند ما را به هدف نزدیک کند، کاربرد مولدهای بادی از قبیل آسیابهای بادی، پمپهای آبکش و مولدهای الکتریسیته بادی می‌باشند. توربینهای فوق دارای تکنولوژی چندان پیچیده‌ای نیستند و مناسب مناطق بادخیز ایران بخصوص نواحی شمالی، دشت قزوین و شرق (دارای بادهای موسوم به ۱۲۰ روزه) می‌باشند.

۲ــ۶ انرژی کشندی (جزر و مدی)

همان‌طورکه می‌دانید جزر و مد، حاصل تأثیر گرانش ماه و خورشید بر زمین است. نیروی گرانشی (جاذبه) ماه سبب می‌شود که آبهایی از سطح زمین که درست در مقابل ماه قرار می‌گیرد (نقطه A) به‌طرف آن کشیده شود (مد) و در نقطه مقابل زمین خاک که نزدیکتر به ماه قرار می‌گیرد (نقطه B) به سوی ماه کشیده شود که در آن صورت نیز، آب صعود می‌کند (شکل زیر). بدین‌ترتیب وقتی آبها از دو ناحیه به طرف ماه کشیده شوند در دو نقطه B و D آبها فروکش کرده، جزر خواهیم داشت. این عمل دوبار در روز، به فاصله ۱۲ ساعت و کمی بیشتر صورت می‌گیرد، که دلیل آن گردش وضعی زمین است و به علت حرکت ترکیبی زمین و ماه در رابطه با خورشید هر چهارده روز، زمین و ماه و خورشید تقریباً در یک راستا قرار می‌گیرند، که کشش گرانشی تقویت شده‌ای بر آبهای زمین خواهیم داشت که در یک زمان خورشید و ماه در یک طرف زمین قرار می‌گیرند که اثر جاذبه بیشینه است (مهکشند) و چهارده روز بعد خورشید و ماه در دو طرف زمین قرار می‌گیرند که کشش‌های جاذبه‌ای آنها همدیگر را تا حدودی خنثی می‌کنند و اثر گرانشی خالص کمینه خواهیم داشت (کهکشند).



کشش گرانشی بین ماه و اقیانوسها و قشر جامد زمین منجر به پیدایش جزر و مد می‌شود.

این پدیده واجد مقدار زیادی انرژی دائمی و بدون آلودگی است که طرحهای زیادی برای مهار کردن و استفاده از آن تاکنون پیشنهاد شده است. ساده‌ترین طرحها ساختن یک سد در دهانه یک خلیج و نصب توربین‌هایی در پای آن است. به هنگام رسیدن جریان کشندی آب به درون این توربینها، برق ایجاد می‌شود. وقتی آبها شروع به بازگشت می‌نمایند با معکوس کردن جهت گردش پره‌ها باز هم جریان الکتریکی در همان جهت تولید می‌شود. دو نیروگاه کشندی این چنین، یکی در فرانسه و دیگری در اتحاد شوری سابق، مشغول کارند. مشکل توسعه انرژی کشندی این است که برای تولید فشار آب کافی جهت مؤثر ساختن سدهای کشندی نیاز به تفاوت جزر و مدی حدود ۶ متر یا بیشتر است. کمتر از این مقدار، انرژی خالص تولید شده را به صفر یا مقدار منفی می‌رساند، یعنی انرژی مصرف شده برای ساختن و بکار انداختن تجهیزات بیشتر از انرژی تولید شده است. تنها ۱۵ محل در سراسر دنیا واجد چنین شرایطی هستند که در آمریکای شمالی، در ساحل شرقی کانادا، در خلیج فاندی، در نوااسکوتیا یک نیروگاه کشندی مهم تحت ساختمان است.

اما انرژی کشندی با وجود عدم آلایندگی، برای محیط‌زیست بی‌ضرر نیست. علاوه بر از بین بردن زیبایی مناظر و امکانات تفریحی در این مناطق به علت محبوس ساختن رسوبات توسط سد، ممانعت در مهاجرت ارگانیزمهای دریایی و مهمتر از همه تغییر جریان آب و مخلوط ساختن آب شور و شیرین، واجد اثرات دراز مدت زیست‌محیطی خواهد بود و بعلاوه مزاحم کشتی‌رانی و قایق‌رانی می‌شود.

در نهایت انرژی کشندی درحال حاضر پتانسیل زیادی در افزودن انرژی کل تولید شده در کوتاه مدت یا دراز مدت ندارد که آن هم به بهای از دست دادن برخی مزایای زیست محیطی است.

۳ــ مسایل و مشکلات (فیزیکی)

۳ــ۱ اثر گلخانه‌ای

اثر دی‌اکسیدکربن اخیراً به اثر گلخانه‌ای معروف شده است زیرا نظیر گرمایش خورشیدی است که در یک گلخانه یا در اتومبیل هنگامی که در آفتاب پارک شده است، رخ می‌دهد انرژی آفتاب از شیشه عبور کرده و توسط سطوحی که بر آنها فرود می‌آید جذب می‌شود. وقتی این سطوح گرم می‌شوند شروع به تابش انرژی به‌صورت امواج زیر قرمز یا امواج گرمایی می‌کنند. خاصیت شیشه این است که ضمن اینکه کاملاً نسبت به نور شفاف است، مایل است که جلوی تابش زیر قرمز را بگیرد. بنابراین انرژی داخل شده به‌صورت نور، محبوس شده و موجب افزایش دما می‌شود. در مقیاس جهانی، دی‌اکسیدکربن در اتمسفر نقشی نظیر شیشه در یک اتومبیل یا گلخانه را بازی می‌کند. جو زمین نسبت به نور ورودی بسیار شفاف است اما تابش زیر قرمز توسط دی‌اکسیدکربن جذب شده و موجب گرم شدن جو می‌شود. هرچه مقدار CO_2 در جو بیشتر باشد جذب تابش زیر قرمز بیشتر و

افزایش دما نیز بیشتر خواهد شد. غلظت فعلی CO_2 کم است و در حدود ۳۴۰ppm (یا ۰/۰۳۴ درصد) و همین مقدار برای ایجاد گرمای مطبوع کنونی کافی است. کاوشگرهای فضایی که به زهره فرستاده شدند، جهنمی را که ۹۸٪ دی‌اکسیدکربن موجود در جو آن سیاره بوجود آورده است (تا حدود ۴۷۷°C) گزارش کرده‌اند این دما کافی است که سرب را ذوب کند. اگر جو زهره همانند زمین بود، دمای آن نیز همانند دمای زمین می‌شد فقط چند درجه به‌خاطر نزدیکتر بودن به خورشید گرمتر می‌شد. تجربه نشان می‌دهد که غلظت CO_2 در جو زمین رو به افزایش است و چنانچه به همین آهنگ پیش رویم، ۴۰ تا ۷۰ سال آینده شاهد گرمای بیشتر در جو و تغییرات مهمتری در آب و هوا خواهیم بود.

البته منابع تولید CO_2 در زمین مشخص است که بیشتر حاصل فعالیتهای انسانی است که مهمترین آن جنگل‌زدایی و سوزاندن چوب و تولید زغال بویژه نیاز به انرژی فسیلی پس از انقلاب صنعتی سال ۱۷۶۰ است. در آن سال غلظت CO_2 حدود ۲۴۰ppm بوده که با ۴۰٪ افزایش امروزه به ۳۴۰ppm رسیده است و پس از سال ۲۰۲۵ به حدود ۶۰۰ppm خواهد رسید. البته همه CO_2 ایجاد شده به جو نمی‌رود بلکه مقداری هم جذب آبها می‌شود و در ساختار ارگانیزمهای صدفی کاربرد دارد.

اثرات این مقدار CO_2 برحسب برآورد دانشمندان می‌تواند موجب ذوب کامل یخهای قطبی و افزایش سطح آب دریاها تا ۲۵ متر شود. این امر مناطق پست و تمام سواحل را زیر آب خواهد برد و امواج گرمایی بی‌سابقه حاصل، ممکن است باعث انقطاع تولید در بسیاری گونه‌ها از جمله انسان شود. اقلیم‌شناسان با توجه به کاربرد مدلهای کامپیوتری در مورد عوامل اقلیمی که اثرات فوق را کم‌اعتبار نموده است، به این باور کلی رسیده‌اند که افزایش کلی دما در حدود ۱/۵ تا ۴/۵ درجه خواهد بود. در قطبهای زمین این افزایش احتمالاً ۱۰°C و در استوا به ۲°C–۱ خواهد رسید. البته این مقادیر ضمناً موجب کاهش اختلاف دمای قطب و استوا شده و درنتیجه نیروی محرکه اصلی جریان اتمسفریک را تقلیل خواهد داد. همین موجب تغییر توزیع بارشها در مناطق مختلف خواهد شد.

شمال افریقا که اکنون صحرای وسیعی دارد ممکن است با افزایش باران روبرو شود ولی کانادا و آمریکا احتمالاً دچار کاهش بارندگی خواهند شد. نواحی مرکزی آمریکای شمالی که گندم بیشتر دنیا را تولید می‌کند دچار کم‌آبی بیشتری خواهند شد. خاکها با از دست دادن رطوبت خود به‌صورت خاک خشک درآمده و با وزش بادها روانه آسمان خواهند شد. با توجه به پایین بودن سفره آب درحال حاضر، تا سال ۲۰۴۰ آبهای تحت‌الارضی یا ته خواهد کشید و یا هزینه حفاری و پمپاژ برای کشیدن آب از اعماق زیاد آنقدر بالا خواهد رفت که متوقف خواهد شد. اما به علت تغییرات هوا در هر سال، درک این افزایش دما برای بشر مشکل است و ممکن است آن را ناشی از سایر چرخه‌های اقلیمی بداند. عامل دیگری که اثر گلخانه‌ای را ممکن است جبران کند وجود ذرات معلق در طبقات بالای جو است که نور خورشید را منعکس ساخته و به فضا برمی‌گرداند و درنتیجه موجب کاهش انرژی گرمایی زمین و سرد شدن آن می‌شود. منشأ این ذرات می‌تواند از فورانهای آتشفشانی اخیر گرفته تا فعالیتهای انسانی گسترده باشد. چگونه از عهده این اثر برآییم؟ البته توجه به شرایط آب و هوایی نمی‌تواند به خوبی شرایط CO_2 را به ما نشان دهد و هنگامی که غلظت CO_2 به دو برابر مقدار کنونی‌اش رسید بیش از ۱۰۰۰ سال طول می‌کشد تا جو را به حالت اولیه برگرداند. ممکن است تصور کرد که انتقال کشاورزی به شمال کره زمین که فصل رویش طولانی‌تر است کار را بهتر می‌کند، اما خاک آنجا کم‌عمق و ضعیف است. هیچ روش تکنولوژیکی هم نمی‌تواند تابش CO_2 از سوختهای فسیلی را کاهش دهد. تنها راه، تغییر اساسی در کاربرد انرژی و کشاورزی است. باید از همین الآن شروع کرد، فردا دیر است. چه باید کرد؟

در درجه اول باید به صرفه‌جویی در انرژی و پیدا کردن راههای جانشینی برای سوختهای فسیلی پرداخت. دیگر آنکه بر شیوه‌هایی از کشاورزی تأکید کرد که متضمن نگهداری یا افزایش مواد آلی در خاک باشد و نیز جنگلها را احیا کرد. و بالاخره توسعه و گسترش غلاتی که نسبت به خشکسالی و یا نمک مقاوم‌اند. زیرا که اثر گلخانه‌ای ضمن بالا بردن پتانسیل خشکسالی موقعیت را به سوی نمک‌زایی و بیابان‌زایی پیش می‌برد. البته این نکته مهم است که سیاستهای مقابله با CO_2 شبیه سیاستهای اتخاذ شده در مواجهه با سایر مسایل زیست‌محیطی است.

۳ـ۲ شکاف لایه اوزون

تشکیل اوزون (O_3) در جو پایین حاصل آلودگی هواست و به دلیل سمّی بودن برای گیاهان و جانوران بسیار خطرناک است. از سوی دیگر اوزون با موقعیت متضاد در طبقه استراتوسفر یعنی لایه‌ای از اتمسفر به ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ کیلومتری بالای سطح زمین موجود است که برای زندگی انسانها جنبه حیاتی دارد زیرا بشر را از آسیب تابش فرابنفش محفوظ می‌دارد. برخی آلاینده‌ها وجود اوزون را در معرض نابودی قرار می‌دهند این دو مسأله یعنی افزایش اوزون در سطح زمین و کاهش اوزون در استراتوسفر اگرچه به‌طور هم‌زمان وجود دارند، اما به دلیل دوری و اختلاط بسیار اندک این دو طبقه جو، اساساً مستقل از یکدیگرند.

برای درک بیشتر خطر تخلیه اوزون در استراتوسفر باید اشاره کنیم که تابش فرابنفش بخشی از تابش خورشید است که طول موج آن مختصری از طول موج نور مرئی کمتر و درنتیجه دارای انرژی بیشتر از آن است. هنگامی که این تابش به بافتهای زنده نفوذ می‌کند توسط پروتئین‌ها یا اسیدنوکلئیک‌هایی چون DNA جذب می‌شوند. انرژی زیاد این تابش موجب گسیختگی پیوندهای شیمیایی این مولکولها می‌شود. درنتیجه بر

بافتهای زیستی اثر تخریبی داشته و موجب جهش (موتاسیون) و سرطانهای پوستی می‌شود. بخشی از تابش فرابنفش از استراتوسفر به سطح زمین نفوذ می‌کنند و علاوه بر سوختگی‌های پوست، مسئول ۲۰۰ تا ۶۰۰ هزار مورد سرطان پوست به‌طور سالیانه در آمریکاست. اما خوشبختانه ۹۹٪ از این تابش توسط لایه اوزون در استراتوسفر جذب می‌شود. بدون این لایه حفاظتی آسیب‌های وارده بر گیاهان و جانوران واقعاً فاجعه‌آمیز بود و حیات انسانی مفهوم خود را از دست می‌داد.

جالب اینجاست که خود اوزون در استراتوسفر حاصل همین تابش فرابنفش است که بر روی مولکولهای اکسیژن اثر می‌کند و برخی از آنها را شکسته و به اتم اکسیژن تجزیه می‌کند و این اتمها با مولکولهای اکسیژن ترکیب و تشکیل O_3 می‌دهند. البته تمام این اتمهای اکسیژن تولید اوزون نمی‌کنند بلکه برخی از این اتمها با خود O_3 ترکیب شده و مولکولهای O_4 بوجود می‌آورند. بنابراین مقدار اوزون در استراتوسفر پایدار نیست بلکه حاصل یک تعادل و موازنه میان این دو واکنش است.

توازن اکسیژن ــ اوزون استراتوسفر ممکن است توسط برخی مواد شیمیایی که کاتالیزور شکستن اوزون هستند مختل شود که مهمترین آنها اتمهای کلرنوزاد است که مولکول اوزون را به مولکول اکسیژن و اتم اکسیژن تجزیه کرده و خود با اتم اکسیژن ترکیب می‌شود و سپس همین ترکیب خود تجزیه شده و کلر آن به سراغ مولکولهای اوزون دیگری می‌رود (گاهی تا صدها هزار). البته کاتالیزورهایی چون کلر نمی‌توانند همه اوزونها را تخریب کنند زیرا باز هم مقداری از واکنشهای اولیه تشکیل می‌شود اما موازنه را در جهت اکسیژن بیشتر و اوزون کمتر سوق می‌دهد این فرآیند می‌تواند دائمی باشد.

منابع کلر نوزاد و سایر کاتالیزورهای اوزون

در دهه ۱۹۷۰ دانشمندان متوجه شدند که اتمهای کلر نوزاد که به استراتوسفر وارد می‌شوند درنتیجه رها شدن مواد کلروفلوروکربن (CFC) حاصل از گاز فرئون (Freon) به مقیاس وسیع وارد جو می‌شوند. این مواد بویژه در قوطی‌های اسپری و سایر وسایل با گازهای فشرده وجود دارند و کمتر واکنش می‌کنند و در فشارهای کم، مایع می‌شوند. بنابراین یک مقدار اندک از فرئون در قوطی اسپری می‌تواند تا پایان استفاده از قوطی، فشار لازم را ایجاد کند. تا سال ۱۹۷۴ تنها آمریکا تقریباً ۲۳۰ میلیون کیلوگرم از CFC را سالیانه به درون جو می‌فرستاد. CFCها شدیداً فرار و در آب به نسبت نامحلول‌اند. آنها تمایل دارند به حالت گاز باقی بمانند و به راحتی با بارشها از جو خارج نمی‌شوند. بنابراین سر فرصت به استراتوسفر نفوذ کرده و در آنجا تحت تأثیر تابش فرابنفش شکسته شده و اتمهای کلر نوزاد بوجود می‌آورند.

کشورهای تولیدکننده پس از اطلاع از گزارشهای مربوط به آسیب‌رسانی CFCها طی کنفرانسهایی تصمیم به توقف تولید این مواد گرفتند. اما کاربرد عمده فرئون در ساخت یخچالها، فریزرها، تهویه با هوای مطبوع و پمپهای ایجاد گرماست که با نشت یا خراب شدن این وسایل، فرئون نیز آزاد می‌شود. CFCها در حلالهای صنعتی مواد ابری سنتتیک نیز بکار می‌روند و از این مواد نیز رها می‌شوند. بنابراین با وجود توقف ساخت قوطی‌های اسپری، تولید مواد CFC با افزایش ۵ تا ۱۱ درصد در سال ادامه خواهد داشت. تنها ترکیبات CFC نیستند که تهدیدی برای لایه اوزون هستند بلکه کربن تتراکلرید (CCl_4) منبع قابل توجه و بلکه مهمتری برای تولید کلر نوزاد است. بعلاوه، نیتریک اکسید (NO) نیز می‌تواند به همان روش اوزون را بشکند، هواپیماهایی که در ارتفاعات زیاد پرواز می کنند (SST) کودهای ازته و اگزوز اتومبیلها همه منابع مستقیم و غیرمستقیمی برای نیتریک اکسید هستند.

اثرات تخلیه اوزون

تمام این اثرات بر مبنای مدلهای ریاضی است و متأسفانه مملو از عدم قطعیت است. در سال ۱۹۷۹ اعلام شد که رها شدن CFCها با آهنگ سال ۱۹۷۷ منجر به تخلیه ۵ تا ۲۸ درصد اوزون خواهد شد. با در نظر گرفتن متوسط ۱۶/۵ درصد برآورد شده بود که تنها در آمریکا به افزایش چندین صدهزار مورد سرطان پوست خواهیم رسید. با فرض رشد ۷٪ در تابش تا سال ۲۰۰۰ بدون اعمال کنترل حتماً به حدود ۳۰٪ تخلیه اوزون خواهیم رسید.

این ارقام نتایج فاجعه‌آمیزی از آسیبهای تابش فرابنفش به محصولات و جنگلها و اثرات مستقیم بر انسانها و جانوران بیار می‌آورد. برآوردهای جدید ارقام ۵ تا ۱۰ درصد را دقیق‌تر می‌داند. بهرحال نمی‌توان دست روی دست گذاشت و منتظر پیش‌آمدها شد.

چگونه از عهده این مسأله برآییم؟

مسأله این است که اثرات CFC بر لایه اوزون، حتی اگر امروز تولید آنها متوقف شود، تا ۱۵ سال آینده با کار کردن یخچالها، تهویه‌ها و تا ۱۰ سال آینده که به‌تدریج CFCهای طبقه پایین جو به استراتوسفر نفوذ می‌کنند، ادامه خواهد داشت. و بالاخره پس از رسیدن کلر به بالای جو حدود ۵۰ سال به فعالیت خود ادامه می‌دهد تا به تعادل جدید برسد و ممکن است چند صد سال دیگر طول بکشد تا کاملاً این کلرها با فرآیندهای مختلف از جو خارج شوند.

به محض اینکه کلر در جو حضور یابد هیچ راهی برای خارج کردن آن نیست و چون اثرات آن منحصر به یک کشور نیست، بنابراین باید از همین الآن بدون اتلاف یک لحظه وقت، خط‌مشی‌هایی برای کاهش و استفاده از CFCها اتخاذ کرد.

فشار افکار عمومی و نیز اجباری نبودن کاربرد قوطی‌های اسپری، ابتدا ایالات متحده و سپس سایر کشورها را وادار به تحریم تولید CFC

کرد. راههای دیگر برای استفاده CFCها موجود است از جمله حلالهای استفاده‌کننده از این مواد را می‌توان خوب جاسازی و بازیابی کرد. برای ابرهای اسفنجی و نیز مواد سرمازا در یخچالها و کولرها می‌توان از مواد دیگری استفاده کرد. البته مکانیسم کار این دستگاهها باید تغییر کنند و اصلاحاتی در کمپرسورها و سایر قسمتها ایجاد شود.

۳ـ۳ دفع پسماندها و حوادث مرگبار هسته‌ای

الف) دفع پسماندها

همان‌گونه که در مبحث انرژیها اشاره کردیم انرژی هسته‌ای حاصل شکافت هسته‌های سنگین پرتوزا نظیر اورانیوم و تبدیل آن به هسته‌های سبکتر و صرف انرژی آزاد شده برای گرم کردن آب و چرخاندن توربین بخار و تولید الکتریسیته است که در نیروگاههای هسته‌ای انجام می‌شود و در رآکتورهای پژوهشی نیز واکنش‌های مشابه ولی بدون استفاده عملی انرژی گرمایی صورت می‌گیرد.

پاره‌های شکافت تولید شده همیشه پرتوزا (رادیواکتیو) هستند و نگرانی برای دفع مناسب آنها موجب بروز جدلهای بسیار در اطراف رآکتورهای هسته‌ای شده است.

محصولات شکافت نوعی شامل : سزیوم ۱۳۷ که در عضلات متمرکز می‌شود و دارای نیم‌عمر ۳۰ سال است. استرانسیوم ۹۰ که در استخوانها تمرکز می‌یابد و نیم عمرش ۲۸ سال است، و ید ۱۳۱ که در غده تیروئید متمرکز می‌شود و دارای نیم‌عمر ۸/۱ روز است. پرتوزایی این پاره‌های شکافت عمدتاً پس از یک دوره چند صد ساله بسیار ضعیف و ناچیز می‌شود.

پسماندهای هسته‌ای همچنین شامل نوکلئیدهای پرتوزا با نیم‌عمرهای بسیار طولانی است که مهمترین آن پلوتونیم با نیم‌عمر ۲۴/۳۹۰ سال است. اورانیوم ۲۳۸ که حدود ۹۹٪ ترکیب طبیعی این ماده را تشکیل می‌دهد و بطور مستقیم و طبیعی شکافت‌پذیر نیست می‌تواند با جذب یک نوترون مطابق واکنش زیر به پلوتونیوم تبدیل شود :

$$^{238}_{92}U + n \longrightarrow {}^{239}_{92}U \xrightarrow{\beta} {}^{239}_{93}Np \xrightarrow{\beta} {}^{239}_{94}Pu$$

این پلوتونیوم همراه با چندین نوکلئید پرتوزا پسماندهای هسته‌ای را تشکیل می‌دهد که برای دهها هزار سال با پرتوزایی خطرناک باقی می‌ماند و مشکل دفع این پسماندها را روزافزون می‌سازد. خارج کردن پلوتونیوم از پسماندهای هسته‌ای قبل از دفع آن بعنوان راهی برای کوتاه کردن دوره واپاشی پیشنهاد شد. اما مسئله این است که پلونیوم نه‌تنها پرتوزا و به شدت سمّی است بلکه خود از ترکیبات مهم بمبهای اتمی است. یک رآکتور هسته‌ای به تنهایی آنقدر پلوتونیوم درسال تولید می‌کند که می‌توان با آن دهها بمب کوچک هسته‌ای ساخت و بعضی‌ها بر این باورند که جداسازی این ماده از پسماندهای هسته‌ای خطر استفاده غیرقانونی از این ماده را برای ساختن این بمبها افزایش می‌دهد.

رآکتور قدرت تنها یکی از چندین چشمه چرخه سوخت هسته‌ای کامل است که مسئله دفع پسماندها را بوجود می‌آورد. سنگ معدن اورانیوم باید ابتدا از معدن استخراج شود و اورانیوم از آن جدا شود. پسماندهای آن نوعاً شامل فلزات سمی نظیر آرسنیک، کادمیوم، جیوه و نیز هسته‌های پرتوزای ناشی از واپاشی اورانیوم ۲۳۸ است. اورانیوم جدا شده پس از غنی‌سازی یعنی افزایش درصد اورانیوم ۲۳۵ بصورت قرصهای سوختی به محل رآکتور حمل می‌شود. پسماندهای بسیار پرتوزا پس از مصرف به طور موقت در محل انبار می‌شود تا پس از فرآوری مجدد برای دفع نهائی به مخازن مجاز سپرده شود. انتظار نمی‌رود چنین مخازن استانداردی تا قبل از اوایل قرن ۲۱ آماده شود. پسماندهای سطح پایین را می‌توان در زمینهایی با طراحی خاص دفن کرد.

تدارک دفن مناسب پسماندهای پرتوزا در هر مرحله از چرخه سوخت هسته‌ای یک کار مهم و حساس مهندسی است که برخی معتقدند به خوبی قابل انجام است.

ب) حوادث مرگبار هسته‌ای

مهمترین حادثه ممکن در کار رآکتور، توقف سیستم سرمایش و افزایش دما تا حدود ۳۵۰۰°C و ذوب قلب رآکتور و نشت همه مواد پرتوزا به محیط زیست است. حوادث قابل ذکر در جهان عبارتند از :

۱ـ رآکتور ۶۰۰۰۰ کیلوواتی انریکوفرمی در میشیگان چند ماه پس از تأسیس در ۱۹۶۶ طی یک گرفتگی در سیستم خنک‌سازی منجر به ذوب نسبی قلب رآکتور شد که آن را متوقف کردند و یکسال طول کشید تا تعمیر شد.

۲ـ در اکتبر ۱۹۵۷ یک افزایش ناگهانی در دمای رآکتور در انگلستان بسیاری از فرآورده‌های شکافت را به هوا رها کرد و درنتیجه غذا و لبنیات از فاصله ۳۰۰ کیلومتری جمع‌آوری و معدوم شد.

۳ـ در ژانویه ۱۹۶۱ یک صعود قدرت در رآکتور آیداهو موجب انفجار مخزن بخار آب شد و سه نفر را کشت و رآکتور را خراب کرد.

۴ـ در ژوئیه ۱۹۶۴ حادثه‌ای در تأسیسات شیمیایی ـ هسته‌ای ردآیلند یکنفر را کشت و دو نفر دچار تابش بسیار شدید شدند. علت، تغییر در شکل هندسی محلول غلیظ اورانیوم ذکر شد.

۵ـ در دسامبر ۱۹۵۸ در آزمایشگاه علمی لوس‌آلاموس، نیومکزیک در تابش بالا یکنفر را کشت. علت، اشتباه در اختلاط دو ماده شامل پلوتونیوم ذکر شد.

یک گزارش تحقیقی توسط آزمایشگاه مزبور که درسال ۱۹۶۷ برای کمیسیون انرژی اتمی آمریکا تهیه شد بیان می‌دارد که از آغاز استفاده از انرژی تا سال ۶۷ بالغ بر ۳۴ مورد حادثه پیش‌آمد که در شش مورد آن هشت نفر کشته شدند. در چهار مورد نارسایی بخشی از دستگاه آزمایشی در جریان کار، دو مورد دستگاه نگهدارنده، شش مورد مربوط به کنترل ناکافی بر روی سیستم‌های بزرگ و پیچیده و دو مورد نامعلوم اعلام شد.

۶ ـ یک ذوب نسبی در اکتبر ۱۹۶۹ در رآکتور ۵۰۰ مگاواتی در

سن‌لورن فرانسه به علت نشت اورانیوم مذاب در کانال سوخت پیش آمد که چندین ماه رآکتور را از کار انداخت.

۷ـ در ماه مه ۱۹۶۹ در تأسیسات فرآوری پلوتونیوم در کلرادو یک آتش‌سوزی با خسارت ۴۵ میلیون دلار رخ داد. گفته شد که محدوده نشت از کارخانه فراتر نرفت.

۸ ـ درسال ۱۹۷۵ در نیروگاه هسته‌ای براونزفری Broun's Ferry آمریکا یک نشت هوا و گسترش شعله شمع آزمون موجب سوختن مواد عایق سیمهای برق و بروز حریق شد و بیشتر سیستمهای کنترل همه نیروگاه را از کار انداخت خوشبختانه تلاش برای جایگزین کردن میله‌های کنترل سوخت به نتیجه رسید و تلفات جانی پیش نیامد.

۹ـ درسال ۱۹۷۹ در نیروگاه هسته‌ای ناحیه تری‌مایل‌آیلند TMI در آمریکا حادثه دیگری رخ داد که درنتیجه اشتباه انسانی یعنی عدم مهارت کافی گروه کارگردانی نیروگاه در استفاده از سیستمهای ایمنی بوده است. در این حادثه که حدود یک میلیارد دلار خسارات داشته است قلب رآکتور تقریباً ذوب شد. ۳۰۰۰۰۰ نفر از اهالی هاریزبورگ، پنسیلوانیا برای چندین روز از منطقه دور نگهداشته شدند. اگرچه هیچ تلفاتی پیش نیامد اما رآکتور آنچنان خسارت دید و محفظه ایمنی آن چنان با مواد رادیواکتیو آلوده شد که پس از شش سال هنوز عملیات پاکسازی ادامه داشت و به اندازه ساختن یک نیروگاه جدید هزینه دربر داشت.

۱۰ـ درسال ۱۹۸۶ یک زیردریایی اتمی شوروی دچار نقص فنی شد و مدتها در زیردریاها به پراکنش تابشهای مضر و آلاینده می‌پرداخت تا اینکه سرانجام مهار شد.

حادثه چرنوبیل

از آنجا که این حادثه بزرگترین رخداد هسته‌ای در این قرن بوده است با تفصیل بیشتری به آن می‌پردازیم هفت سال پس از حادثه نیروگاه هسته‌ای TMI در ایالات‌متحده حادثه دیگری در شرق روسیه در چرنوبیل رخ داد که طی آن قلب رآکتور به علت نقص اولیه در توربین رآکتور ذوب شد و مواد رادیواکتیو به محیط‌زیست رها شد.

نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل مرکب از چهار واحد رآکتور از نوع WGR (Light Water Graphite Reactor) یا «رآکتور خنک شده با آب معمولی» است هر رآکتور از آب معمولی بعنوان خنک‌کننده، گرافیت بعنوان کند کننده، اکسید اورانیوم با ۱/۸ درصد U_{235} بعنوان سوخت و آلیاژ زیرکونیوم ($Zr-4$) بعنوان غلاف استفاده شده است. ولی فاقد محفظه ایمنی است. قدرت هر واحد ۱۰۰۰ مگاوات است. حادثه چرنوبیل در ساعت ۱/۲۳ صبح ۲۶ آوریل ۱۹۸۶ در واحد شماره ۴ اتفاق افتاد. در موقع حادثه نیروگاه برای تعمیرات مورد نیاز طبق برنامه قبلی آماده خاموش شدن بود. واکنش زنجیری از طریق وارد شدن سریع میله‌های کنترل به قلب رآکتور متوقف شد گرچه اطلاعات مبسوطی در مورد سطح تابش آزاد شده در دست نیست ولی گزارشها حاکی است که حداکثر سطح تابش در داخل منطقه ۳۰ کیلومتری بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌رم بر ساعت که ۱۰ روز بعد به ۲ تا ۳ میلی رم بر ساعت تقلیل یافته و سه روز بعد از آن به ۱۵٪ میلی‌رم بر ساعت رسید.

بعد از ذوب شدن قلب رآکتور، انفجار هیدروژن سقف رآکتور را تخریب کرد و مواد رادیواکتیو را به آتمسفر رها ساخت. در عرض چند روز بعد تمام ساکنان اطراف نیروگاه به شعاع ۳۰ کیلومتری تخلیه شدند و درواقع صد هزار نفر بطور دائم از آن محدوده منتقل شدند زیرا سالها طول می‌کشد تا تابش منطقه به سطح مجاز برسد. اقداماتی برای زدودن ساختمانها و جاده‌ها از غبار رادیواکتیو در منطقه وسیعتری انجام شد. میلیونها تن مواد غذائی، در منطقه ریزش مواد رادیواکتیو، ممنوع‌المصرف اعلام شد. ولی حتی با این اقدامات احتیاطی احتمالاً بسیاری از کسانی که در داخل و خارج منطقه تخلیه بوده‌اند سطحی از تابش را دریافت داشته‌اند که عوارض سرطان یا نقص مادرزادی را به‌دنبال خواهد داشت. درواقع افزایش تشعشع ناشی از حادثه در مناطق وسیعی از جهان از جمله اروپا کانادا و آمریکا دیده شد اما خطرناک نبود.

مراجع:

1. Principles of Environmental Physics, 2nd Ed. 1990, by J.L. Monteith and M.L. Uns worth, Edward Arnold Inc.
2. Introduction to Environmental Engineering and Science, by Gilbert M. Masters, Prentice Hall Inc. 1991.
3. Environmental Science 2nd Ed. 1987, by Bernard J. Nebel, Prentice Hall Inc.
4. Nuclear Dilemma, by Gene Bryerton, Ballentine Books Inc. 1970.

۵. زیستن در محیط‌زیست — جی.تی. میلر ترجمهٔ دکتر مجید مخدوم.
۶. شناخت محیط‌زیست — کامبیز بهرام سلطانی
۷. دانشنامه ـ جلد دوم — ترجمهٔ هوشنگ سپهری و مهوش بدرکوهی

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

محاسبات ابعادی

محمد خرمی
عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

فرض کنید که در جایی آمده است که طول اتاق A برابر است با مجذور طول اتاق B یعنی :

$$L_A = (L_B)^2 \qquad (1)$$

قاعدتاً از این رابطه می‌توان، با داشتن طول اتاق B ، طول اتاق A را محاسبه کرد. حالا اگر طول اتاق B ، ۱m باشد، طول اتاق A چقدر است؟ اگر به جای L_B بگذاریم ۱ ، از رابطه (۱) نتیجه می‌شود که L_A هم ۱ است، یعنی $L_A = 1m$ اما L_B ضمناً برابر است با ۱۰۰cm ، و اگر عدد ۱۰۰ را در رابطه (۱) بگذاریم، L_A برابر با ۱۰/۰۰۰ می‌شود، یعنی $L_A = 10^4 cm = 100m$ ، که با مقدار قبلی سازگار نیست. پس ظاهراً نمی‌توان از معادله (۱) مقدار L_A را معین کرد ؛ نتیجه به واحد به کار رفته بستگی دارد. اشکال کار کجاست؟

برای فهمیدن مشکل، بیاید به جای آنکه بگوییم L_A مجذور L_B است، بگوییم : «مقدار L_A بر حسب متر، برابر است با مجذور مقدار L_B بر حسب متر» حالا ابهامی وجود ندارد. اما چطور می‌توان این عبارت را به شکل ریاضی نوشت؟ راه کار این است.

$$\frac{L_A}{1m} = \left(\frac{L_B}{1m}\right)^2 \qquad (2)$$

$$L_A = \frac{L_B^2}{1m} \qquad (3)$$

حالا فرض کنید که L_B برابر با ۱m باشد. از رابطه (۳) نتیجه می‌شود که :

$$L_A = \frac{(1m)^2}{1m} = 1m$$

اگر L_B را بر حسب سانتیمتر در (۳) بگذاریم هم نتیجه تغییری نمی‌کند :

$$L_A = \frac{(100cm)^2}{1m} = 100cm = 1m$$

در اینجا از رابطه $1m = 100cm$ استفاده شده است.

تفاوت رابطه (۱) با رابطه (۳) در سازگاری ابعادی است. رابطه (۱) از نظر ابعادی نادرست است، زیرا طرف راست آن کمیتی با بعد طول به توان ۲ است و طرف چپش کمیتی با بعد طول اما در رابطه (۳) طرفین رابطه از جنس طول‌اند. این مثال، یکی از ابتداییترین محکها برای بررسی درستی روابط را به دست می‌دهد : رابطه‌ای می‌تواند درست باشد که از نظر ابعادی سازگار باشد.

اکنون ببینیم سازگار بودن از نظر ابعادی دقیقاً یعنی چه، هر کمیتی را می‌توان بر حسب یک یا چند کمیت اصلی نوشت. مثلاً مساحت برابر حاصل ضرب دو طول است. سرعت خارج قسمت طول بر زمان است، و ... وقتی که می‌گوییم کمیت Q را می‌توانیم بر حسب کمیتهای $Q_1, \ldots\ldots, Q_n$ بنویسیم، منظور نوشتن به این شکل است :

$$Q = KQ_1^{\alpha_1} \ldots . Q_n^{\alpha_n} \qquad (4)$$

در اینجا K و α_1 تا α_n اعدادی ثابت و بدون بعداند. در این صورت می‌گوییم بعد Q ، $[Q]$ ، با بعد کمیتهای Q_1 تا Q_n چنین رابطه‌ای دارد.

$$[Q] = [Q_1]^{\alpha_1} \ldots . [Q_n]^{\alpha_n} \qquad (5)$$

در اینجا توجه به دو نکته ضروری است. اولاً کمیت Q می‌تواند در روابط مختلفی ظاهر شود. یکی از اینها را به عنوان تعریف Qمی‌پذیریم. طبیعی است که ساده‌ترین رابطه را برای این کار انتخاب کنیم، اما الزامی برای این وجود ندارد، و همیشه هم معلوم نیست که ساده‌ترین رابطه کدام است. مهم آن است که بعد Q را از هر طریق که بدست آوریم یکی می‌شود.

نکته دوم در مورد انتخاب کمیتهای اصلی است. در اینجا هم راه استاندارد و یکتایی برای انتخاب کمیتهای اصلی وجود ندارد. مثلاً در دستگاه cgs، تنها کمیتهای اصلی طول، جرم، و زمان‌اند. کمیتهایی مثل بار الکتریکی و جریان الکتریکی کمیت فرعی‌اند. در واقع بعد بار الکتریکی از نیروی بین دو بار یکسان به دست می‌آید :

$$F = \frac{q^2}{r^2} \qquad (6)$$

که از آن نتیجه می‌شود که :

$$[q] = [r][F]^{1/2} \qquad (7)$$

یا :

$$[q] = M^{1/2}L^{3/2}T^{-1} \qquad (8)$$

در اینجا بعد جرم، طول، و زمان را، به ترتیب، با M و L و T نشان داده‌ایم و از این استفاده کرده‌ایم که :

$$[F] = MLT^{-2} \qquad (9)$$

که خود این رابطه از قانون دوم نیوتون به دست می‌آید.

در دستگاه MKS، رابطه نیروی الکتریکی و بار الکتریکی تفاوت

کوچکی با رابطه (۶) دارد :

$$F = K\frac{q^2}{r^2} \qquad (۱۰)$$

که در آن K ثابتی بعددار است. در واقع از اینجا بعد ثابت K به دست می‌آید.

$$[K] = [F][r]^2[q]^{-2}$$
$$= ML^3T^{-2}[q]^{-2} \qquad (۱۱)$$

تفاوت دستگاهMKS با CGS در آن است که در MKSدیگر نمی‌توان بعد بار الکتریکی را تنها بر حسب ابعاد طول، جرم، و زمان نوشت : بار الکتریکی کمیتی مستقل از سه کمیت طول، جرم و زمان فرض شده است. پس می‌توان این کمیت را هم کمیت اصلی گرفت. در MKS به جای بار، جریان الکتریکی را کمیت اصلی می‌گیرند. سپس از رابطه :

$$I = \frac{q}{t} \qquad (۱۲)$$

بعد بار الکتریکی می‌شود.

$$[q] = AT \qquad (۱۳)$$

که در آن A بعد جریان است.

موارد دیگری هم وجود دارد. مثلاً در MKS قدیمی، به جای جرم، نیرو را کمیت اصلی می‌گرفتند و جرم را بر حسب آن تعریف می‌کردند ؛ دستگاههایی وجود دارند که در آنها قانون دوم نیوتون را به شکل :

$$F = kma \qquad (۱۴)$$

می‌نویسند، که در آن k ثابتی بعددار است در چنین دستگاههایی، نیرو و جرم هر دو کمیت اصلی‌اند.

برعکس، در فیزیک ذرات پر انرژی معمول است که سرعت نور و کمیت h (ثابت پلانک تقسیم بر 2π) را برابر با ۱ (بدون بعد) می‌گیرند. از یک بودن سرعت نور نتیجه می‌شود که بعد آن هم یک است یعنی :

$$[C] = LT^{-1} = 1 \qquad (۱۵)$$

و این به معنی آن است که بعد طول و زمان دیگر مستقل از هم نیستند، بلکه بعد طول همان بعد زمان است. ثابت پلانک کمیتی از جنس انرژی ضرب در زمان است. بعد انرژی را می‌توان، مثلاً از روی رابطه انرژی جنبشی با جرم و سرعت، به شکل :

$$[E] = ML^2T^{-2} \qquad (۱۶)$$

به دست آورد، پس یک گرفتن ثابت پلانک نتیجه می‌دهد که :

$$ML^2T^{-1} = 1 \qquad (۱۷)$$

از ترکیب دو رابطه (۱۵) و (۱۷) نتیجه می‌شود که :

$$L = T = M^{-1} \qquad (۱۸)$$

یعنی در دستگاهی که در فیزیک ذرات پرانرژی به کار می‌رود، فقط یک کمیت مستقل وجود دارد.

با این مقدمه، مفهوم سازگاری ابعادی را به طور دقیق تعریف می‌کنیم : رابطه‌ای از نظر ابعادی سازگار است که در آن فقط کمیتهای هم بعد با هم جمع (یا از هم کم) شده باشند. (بدیهی است که این معیار، برابری بعد دو طرف تساوی را هم در بردارد، زیرا یکی از طرفین تساوی را می‌توان به طرف دیگر برد) کمیتهای با ابعاد مختلف را می‌توان در هم ضرب (یا بر هم تقسیم) کرد، و هر کمیت را می‌توان به یک توان (بدون بعد) رساند. توجه کنید که در این شرط سازگاری، ثابتهای بعددار را هم باید در نظر گرفت.

مثلاً، رابطه‌ای مثل $x = at$ ، که در آن x طول، a شتاب، و t زمان است، از نظر ابعادی ناسازگار است، زیرا بعد طرف راست LT^{-1} ، و بعد طرف چپ L است. اما رابطه $x = kat$ ، به شرطی که بعد ثابت k برابر با T باشد سازگار است. همچنین رابطه $x = at^2$ ، از نظر ابعادی سازگار است. ضمناً در نظر داشته باشید که سازگاری ابعادی هر رابطه، شرط لازم برای درستی آن است نه شرط کافی. مثلاً در رابطه $x = at^2$ ، اگر a شتاب ثابت یک حرکت متشابه‌التغییر، t زمان حرکت، و x مسافت پیموده شده باشند، رابطه هر چند از نظر ابعادی سازگار است، اما درست نیست. رابطه درست $x = \frac{1}{2}at^2$ است. که البته این هم از نظر ابعادی سازگار است.

شرط سازگاری ابعادی بالا، یک نتیجه بسیار مهم دیگر هم در بردارد و آن اینکه در روابط، هیچ تابعی از کمیتهای بعددار ظاهر نمی‌شود (البته به جز جمع و تفریق کمیتهای هم بعد، ضرب و تقسیم کمیتها، و کمیتی به توان یک عدد بی‌بعد). شاید این گزاره نیازمند توضیح باشد. تابعی مثل sinx را در نظر بگیرید. این تابع را می‌توان در xهای کوچک بسط داد و به این شکل نوشت :

$$\sin x = x - \frac{1}{6}x^3 + \ldots \qquad (۱۹)$$

اکنون فرض کنید که x بعددار باشد. مثلاً بعد طول داشته باشد. در این صورت طرف راست این رابطه از نظر ابعادی ناسازگار است، زیرا کمیتی با بعد L با کمیتی با بعد L^3 جمع شده است.

اما آیا معنی این گزاره آن است که مثلاً سینوس در روابط فیزیکی ظاهر نمی‌شود؟ روشن است که چنین نیست. مثلاً معادله حرکت یک نوسانگر هماهنگ را می‌توان چنین نوشت :

$$x = a\sin\omega t \qquad (۲۰)$$

در اینجا سینوس ظاهر شده است، اما نه به شکل sint متغیر سینوس ωt است، که کمیتی بدون بعد است. به طور خلاصه، متغیر توابع ریاضی باید کمیتی بدون بعد باشد. این کمیت می‌تواند ترکیبی از متغیرها و ثابتهای بعددار باشد، اما این ترکیب باید چنان انتخاب شود که حاصل بدون بعد باشد. نتیجه تابع هم کمیتی بی‌بعد است. این نکته مهم است که یک تابع ریاضی فقط به یک عدد بدون بعد، یک عدد بدون بعد دیگر نسبت می‌دهد. بنابراین، اگر می‌خواهیم متغیر بعدداری را به عنوان متغیر تابعی در نظر بگیریم، باید اول آن را به کمک متغیرها و ثابتهای بعددار دیگر بدون بعد کنیم.

از این مقدمات ساده نتیجه مهمی به دست می‌آید : هر رابطه بین کمیتهای فیزیکی را می‌توان به شکلی نوشت که در آن فقط ترکیبهای بدون بعد این کمیتها ظاهر شده باشد. منظور از یک ترکیب بدون بعد کمیتهای Q_1 تا Q_n عبارتی به شکل $Q_1^{\alpha_1}\ldots Q_n^{\alpha_n}$ است، که در آن α_1 تا α_n اعدادی بدون بعداند.

به کمک این نتیجه می‌توان روشی برای تعیین شکل کلی رابطه بین چند کمیت فیزیکی به دست آورد. ابتدا مراحل کار را بیان می‌کنیم و سپس مثال می‌زنیم. مراحل کار به این ترتیب‌اند.

۱ ــ همه کمیتهای مؤثر در مسئله، اعم از کمیتهای ثابت و متغیر را پیدا کنید. معمولاً این کار مشکلترین قسمت تحلیل ابعادی است.

۲ ــ هر چند کمیت بدون بعد مستقل از هم که می‌توانید، با استفاده از کمیتهای بالا بسازید.

۳ ــ کلیترین شکل رابطه‌ای که بین کمیتهای قسمت ۱ وجود دارد به این صورت است که تابعی دلخواه از کمیتهای قسمت ۲ برابر است با صفر، یا یکی از کمیتهای قسمت ۲ برابر است با تابعی دلخواه از بقیه کمیتها. به عنوان یک مثال ساده برای روشن شدن معنی مراحل بالا، سعی می‌کنیم که معادله حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت را به دست آوریم.

۱ ــ کمیتهای مؤثر در مسئله : هدف به دست آوردن مکان متغیر بر حسب زمان است. پس روشن است که دو کمیت مؤثر در مسئله x (مکان متحرک در زمان t) و t اند. به جز اینها سرعت اولیه متحرک (v_0) ، و مکان اولیه آن (x_0) هم مهم‌اند. پس چهار کمیت مؤثر در مسئله عبارت‌اند از x و x_0 (با بعد L)، t (با بعد T)، و v_0 (با بعد LT^{-1}).

۲ ــ به دست آوردن کمیتهای بدون بعد : یک ترکیب دلخواه از این چهار کمیت به شکل زیر است :

$$Q = x_0^{\alpha} x^{\beta} t^{\gamma} v_0^{\delta} \qquad (۲۱)$$

می‌خواهیم این کمیت بدون بعد باشد. یعنی :

$$[Q] = L^{\alpha} L^{\beta} T^{\gamma} (LT^{-1})^{\delta} = 1 \qquad (۲۲)$$

$$L^{\alpha+\beta+\delta} T^{\gamma-\delta} = 1 \qquad (۲۳)$$

که نتیجه می‌دهد :

$$\alpha + \beta + \delta = 0$$
$$\gamma - \delta = 0 \qquad (۲۴)$$

این، یک دستگاه دو معادله چهار مجهولی است. جواب یکتا ندارد ولی می‌توان دو تا از متغیرهای γ, β, α و δ را بر حسب دو تای دیگر نوشت. مثلاً :

$$\gamma = \delta = -\alpha - \beta \qquad (۲۵)$$

پس Q به این شکل در می‌آید :

$$Q = x_0^{\alpha} x^{\beta} t^{-\alpha-\beta} v_0^{-\alpha-\beta} = \left(\frac{x_0}{v_0 t}\right)^{\alpha} \left(\frac{x}{v_0 t}\right)^{\beta} \qquad (۲۶)$$

پس در حالت کلی، کمیت بدون بعد Q به دو متغیر آزاد β و α بستگی دارد. روشن است که هر Q دلخواه تابع دو متغیر بدون بعد $\frac{x_0}{v_0 t}$ و $\frac{x}{v_0 t}$ است، و این دو کمیت را نمی‌توان بر حسب هم نوشت. پس فقط دو کمیت بدون بعد مستقل وجود دارند که عبارت‌اند از $\frac{x_0}{v_0 t}$ و $\frac{x}{v_0 t}$.

در اینجا لازم است به یک نکته توجه کنیم. این دو کمیت به این شکل به‌دست آمدند که در معادلات (۲۴) α و β را دلخواه گرفتیم و δ و γ را به‌دست آوردیم. می‌شد مثلاً α و γ را دلخواه گرفت و به دست آورد :

$$\delta = \gamma \qquad (۲۷)$$
$$\beta = -\alpha - \gamma$$

در این صورت :

$$Q = x_0^{\alpha} x^{-\alpha-\gamma} t^{\gamma} v_0^{\gamma} = \left(\frac{x_0}{x}\right)^{\alpha} \left(\frac{tv_0}{x}\right)^{\gamma} \qquad (۲۸)$$

در اینجا ظاهراً دو کمیت مستقل دیگر به دست می‌آیند که عبارت‌اند از $\frac{x_0}{x}$ و $\frac{tv_0}{x}$. پس دسته کمیتهای بدون بعدی که به دست می‌آوریم یکتا نیست، اما هر دسته از این کمیتها را می‌توان بر حسب دسته‌ای دیگر نوشت، بنابراین اهمیتی ندارد که کدام دسته را انتخاب کنیم.

۳ ــ کلیترین رابطه‌ای که بین چهار کمیت اولیه وجود دارد به این شکل است.

$$f\left(\frac{x}{v_0 t}, \frac{x_0}{v_0 t}\right) = 0 \qquad (۲۹)$$

تحلیلی ابعادی هیچ شرطی روی شکل این تابع نمی‌گذارد مثلاً رابطه‌ای به شکل :

$$\left(\frac{x}{v_0 t} - 1\right)^2 + \sin\left(\frac{x_0}{v_0 t}\right) = 0 \qquad (۳۰)$$

هم از نظر تحلیل ابعادی درست است. در حالی که می‌دانیم که این رابطه معادله حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت نیست. اما رابطه (۲۹) اطلاعات مهمی در بردارد. از این رابطه مثلاً می‌توان $\frac{x}{v_0 t}$ را بر حسب $\frac{x_0}{v_0 t}$ به‌دست آورد :

$$\frac{x}{v_0 t} = g\left(\frac{x_0}{v_0 t}\right) \qquad (۳۱)$$

که در آن g تابع مجهول دیگری است. اکنون اگر آزمایشگری بخواهد بستگی x به x_0 و t و v_0 را بیابد، لزومی ندارد که x_0 و t و v_0 را به طور دلخواه تغییر دهد و با آزمایش یک تابع سه متغیره (از x_0 و t و v_0) را به دست آورد. کافی است تغییرات $\frac{x}{v_0 t}$ را بر حسب فقط یک متغیر $\frac{x_0}{v_0 t}$ به دست آورد و تابع یک متغیره g را به دست آورد. به علاوه رابطه (۳۱) می‌گوید که اگر x_0 و t و v_0 چنان تغییر کنند که ترکیب $\frac{x_0}{v_0 t}$ ثابت بماند، آنگاه حتماً ترکیب $\frac{x}{v_0 t}$ هم ثابت خواهد ماند.

مثال بالا ارزش، و در عین حال محدودیتهای تحلیل ابعادی را نشان می‌دهد. تحلیل ابعادی شکل روابطی را که بین کمیتهای فیزیکی مورد نظر برقرارند محدود می‌کند، اما لزوماً جواب کامل را به دست نمی‌دهد. گاهی می‌توان با وارد کردن اطلاعات دیگری درباره مسئله، به جواب نزدیکتر شد. مثلاً در همین مثال بالا فرض کنید که این را هم اضافه کنیم که اگر، به جای x_0 ، از نقطه $x_0 + a$ شروع کنیم، آنگاه به نقطه $x + a$ می‌رسیم، یعنی اگر مبدأ حرکت را به اندازه a جابجا کنیم، مقصد هم به همین اندازه جابجا می‌شود. در این صورت از رابطه (۳۱) نتیجه می‌شود که :

$$\frac{x}{v_0 t} + \frac{a}{v_0 t} = g\left(\frac{x_0}{v_0 t} + \frac{a}{v_0 t}\right) = g\left(\frac{x_0}{v_0 t}\right) + \frac{a}{v_0 t} \qquad (۳۲)$$

اما این رابطه شکل g را تقریباً به طور کامل مشخص می‌کند :

$$g(u) = u + k \qquad (۳۳)$$

که در آن k کمیتی ثابت (و بدون بعد) است. پس،

$$\frac{x}{v_0 t} = \frac{x_0}{v_0 t} + k \qquad (۳۴)$$

تنها چیز نامعلومی که در این معادله وجود دارد ثابت k است. تحلیل ابعادی را از این نمی‌توان جلوتر برد. چنان که می‌دانید (این از تحلیل ابعادی به دست نمی‌آید) k برای حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت برابر با یک است.

ضمناً در این مثال، به دست آوردن مستقیم رابطه بین کمیتها از تحلیل ابعادی ساده‌تر است، اما همیشه چنین نیست. مثال‌های زیر، که از مسائل ساده به مشکل مرتب شده‌اند، این موضوع را به خوبی نشان خواهند داد.

I) سقوط آزاد اجسام، با سرعت اولیه صفر، در میدان گرانشی زمین : می‌خواهیم h (ارتفاع سقوط آزاد) را بر حسب g (شتاب گرانش) و t (زمان سقوط) به دست آوریم. کمیتهای مؤثر در مسئله همین سه تا هستند. برای به دست آوردن کمیتهای بدون بعد :

$$Q = h^{\alpha} g^{\beta} t^{\gamma} \qquad (۳۵)$$

$$[Q] = L^{\alpha} (LT^{-2})^{\beta} T^{\gamma} = L^{\alpha+\beta} T^{\gamma-2\beta} = 1 \qquad (۳۶)$$

$$\alpha + \beta = 0$$

$$\gamma - 2\beta = 0 \qquad (۳۷)$$

که نتیجه می‌دهد :

$$\beta = -\alpha$$

$$\gamma = -2\alpha \qquad (۳۸)$$

یا :

$$Q = \left(\frac{h}{gt^2}\right)^{\alpha} \qquad (۳۹)$$

در اینجا فقط یک کمیت بدون بعد مستقل داریم. پس شکل کلی رابطه می‌شود :

$$f\left(\frac{h}{gt^2}\right) = 0 \qquad (۴۰)$$

اما این یک معادله برای کمیت $\frac{h}{gt^2}$ است. اگر ریشه این معادله k باشد، نتیجه می‌شود که :

$$\frac{h}{gt^2} = k \Rightarrow h = kgt^2 \qquad (۴۱)$$

این همان معادله سقوط آزاد است. صرف نظر از اینکه نمی‌دانیم ثابت بدون بعد k چقدر است (در سقوط آزاد $k = \frac{1}{2}$) و جواب درست (صرف نظر از این مقدار ثابت) به دست آمده است.

اما می‌دانیم که این رابطه فقط در حالتی درست است که ارتفاع سقوط آزاد کم باشد. پس، اولاً چرا رابطه (۴۱) به طور کلی به دست آمد، و ثانیاً، ارتفاع کم در مقایسه با چه چیزی؟ برای پاسخ به این پرسش باید دوباره به مرحله اول تحلیل ابعادی برگردیم. ما فرض کرده بودیم که کمیتهای مؤثر در مسئله عبارت‌اند از h، t و g. اما فاصله مبدأ سقوط آزاد تا مرکز زمین هم مهم است. در این صورت چهار کمیت h، g و t و R_0 در مسئله مهم‌اند. در اینجا R_0 فاصله مبدأ سقوط تا مرکز زمین، و g_n شتاب سقوط آزاد در مبدأ سقوط است. اگر باز هم کمیتهای بدون بعد را حساب کنیم، خواهیم دید که جز $\frac{h}{gt^2}$ کمیت $\frac{h}{R_0}$ یا $\frac{gt^2}{R_0}$ هم ظاهر می‌شود. پس در واقع دو کمیت بدون بعد مستقل داریم، و می‌توان گفت که یکی از آنها تابع دیگری است.

$$\frac{h}{gt^2} = f\left(\frac{h}{R_0}\right) \qquad (۴۲)$$

در اینجا یک تابع مجهول باقی می‌ماند. اگر $\frac{h}{R_0}$ خیلی کوچکتر از یک باشد، رابطه بالا به شکل :

$$\frac{h}{gt^2} \approx f(0) = k \qquad (۴۳)$$

در می‌آید، که همان رابطه (۴۱) است. ضمناً از اینجا معلوم می‌شود که رابطه تقریبی (۴۱) زمانی درست است که :

$$\frac{h}{R_0} \ll 1 \qquad (۴۴)$$

یعنی زمانی که h در مقایسه با R_0 کوچک باشد.

II) شدت میدان الکتریکی حاصل از یک صفحه باردار با چگالی یکنواخت σ : در اینجا کمیتهای مؤثر عبارت‌اند از E (شدت میدان الکتریکی)، σ (چگالی سطحی بار)، d (فاصله نقطه مشاهده از صفحه)، و K (ضریب تناسب نیروی الکتریکی در رابطه ۱۱). توجه کنید که ثابت K را هم که بعددار است، جزء کمیتهای مؤثر مسئله در نظر گرفته‌ایم. برای سادگی، خودبار را کمیت اصلی می‌گیریم و بُعد آن را با C نشان می‌دهیم :

$$Q = E^{\alpha} \sigma^{\beta} d^{\gamma} K^{\delta} \qquad (۴۵)$$

بعد K از رابطه (۱۱) به دست می‌آید :

$$[Q] = 1 \Rightarrow$$

$$(MLT^{-2}C^{-1})^{\alpha} (CL^{-2})^{\beta} L^{\gamma} (ML^2 T^{-2} C^{-2})^{\delta} = 1 \qquad (۴۶)$$

یا :

$$\alpha + \delta = 0 \qquad \alpha - 2\beta + \gamma + 3\delta = 0$$

$$-2\alpha - 2\delta = 0 \qquad -\alpha + \beta - 2\delta = 0 \qquad (۴۷)$$

از اینجا نتیجه می‌شود که :

$$\beta = -\alpha \ , \ \gamma = 0 \ , \ \delta = -\alpha \qquad (۴۸)$$

یا :

$$Q = \left(\frac{E}{K\sigma}\right)^{\alpha} \qquad (۴۹)$$

بار هم فقط یک کمیت بدون بعد به دست آمده است. پس :

$$\frac{E}{K\sigma} = K \Rightarrow E = kK\sigma \qquad (۵۰)$$

جواب کامل مسئله $E = 2\pi K\sigma$ است، که ضریب 2π آن از تحلیل

ابعادی به دست نمی‌آید.

III) شدت میدان الکتریکی حاصل از یک میله باردار با چگالی یکنواخت λ : در اینجا مشابه مثال II،

$$Q = E^{\alpha}\lambda^{\beta}d^{\gamma}k^{\delta} \qquad (۵۱)$$

و از یک گذاشتن بعد Q نتیجه می‌شود که :

$$\beta = -\alpha \ , \ \gamma = \alpha \ , \ \delta = -\alpha \qquad (۵۲)$$

یا :

$$Q = (\frac{Ed}{K\lambda})^{\alpha} \qquad (۵۳)$$

پس رابطه مورد نظر می‌شود :

$$E = k\frac{K\lambda}{d} \qquad (۵۴)$$

جواب کامل مسئله $E = ۲\frac{K\lambda}{d}$ است.

IV) شتاب مرکزگرا در حرکت دایره‌ای یکنواخت : ذره‌ای با سرعت V روی دایره‌ای به شعاع R حرکت می‌کند. کمیتهای مورد نظر a (شتاب مرکز گرای ذره)، V (سرعت ذره) و R (شعاع مدار ذره)اند.

$$Q = a^{\alpha}V^{\beta}R^{\gamma}$$

$$[Q] = (LT^{-۲})^{\alpha}(LT^{-۱})^{\beta}L^{\gamma} = ۱ \Rightarrow$$

$$\beta = -۲\alpha \ , \ \gamma = \alpha$$

$$Q = (\frac{aR}{V^{۲}})^{\alpha} \qquad (۵۵)$$

و از آنجا :

$$a = k\frac{V^{۲}}{R} \qquad (۵۶)$$

V) دوره سیاره‌ای که بر مداری دایره‌ای به شعاع R حول خورشید می‌گردد : کمیتهای مؤثر در مسئله عبارت‌اند از R، τ (دوره سیاره)، m_s (جرم خورشید)، m_p (جرم سیاره)، و G (ثابت جهانی گرانشی)، بعد G، با توجه به قانون گرانش نیوتون، می‌شود.

$$[G] = M^{-۱}L^{۳}t^{-۲} \qquad (۵۷)$$

با عملیاتی مشابه با مثالهای قبل، معلوم می‌شود که دو کمیت بدون بعد مستقل از هم وجود دارد :

$$Q = (\frac{G\tau^{۲}m_s}{R^{۳}})^{\alpha}(\frac{m_p}{m_s})^{\beta} \qquad (۵۸)$$

و از اینجا

$$\frac{G\tau^{۲}m_s}{R^{۳}} = f(\frac{m_p}{m_s}) \qquad (۵۹)$$

یا

$$\frac{\tau^{۲}}{R^{۳}} = \frac{۱}{Gm_s}f(\frac{m_p}{m_s}) \qquad (۶۰)$$

اگر $\frac{m_p}{m_s} << ۱$ در عبارت طرف راست می‌توان به جای $\frac{m_p}{m_s}$ مقدار صفر را گذاشت، و طرف راست مستقل از جرم سیاره می‌شود :

$$\frac{\tau^{۲}}{R^{۳}} = \frac{f(۰)}{Gm_s} \qquad (۶۱)$$

این حالت خاص قانون سوم کپلر است : مربع دوره سیارات متناسب است با مکعب شعاع مدارشان.

VI) نیروی اصطکاک شاره‌ها : بر جسمی که نسبت به شاره‌ای در حال حرکت باشد نیروی اصطکاکی وارد می‌شود که ناشی از دو عامل است. یکی برخورد ذرات شاره با جسم، و دیگری گرانروی شاره. هر جسم، از نظر شکل، با یک طول و تعدادی پارامتر هندسی بدون بعد مشخص می‌شود. بین اجسام متشابه، فقط یک پارامتر طول است که جسم را مشخص می‌کند. اکنون نیروی حاصل از برخورد ذرات شاره با جسم را در نظر بگیرید. عواملی که در اندازه این نیرو مؤثرند، عبارت‌اند از اندازه جسم، سرعت جسم نسبت به شاره، و چگالی شاره ؛ به ترتیب، L و v و ρ . پس کمیتهای وارد در این مسئله عبارت‌اند از این سه کمیت به اضافه خود نیرو، F. به سادگی می‌توان دید که تنها کمیت بدون بعدی که از این چهار کمیت ساخته می‌شود :

$$Q = \frac{F}{\rho v^{۲}L^{۲}} \qquad (۶۲)$$

است. پس :

$$F = k\rho v^{۲}L^{۲} \qquad (۶۳)$$

اکنون نیروی ناشی از گرانروی شاره را در نظر می‌گیریم. اگر دو لایه موازی شاره نسبت به هم اختلاف سرعت داشته باشند، نیرویی بر هر یک وارد می‌شود که متناسب است با سطح این دو لایه، اختلاف سرعت دو لایه، و عکس فاصله دو لایه. یعنی :

$$F_z = \eta S\frac{\Delta v}{\Delta x} \qquad (۶۴)$$

در اینجا S مساحت لایه، Δv اختلاف سرعت، و x فاصله‌شان از هم است. η ضریب تناسب است که آن را گرانروی شاره می‌نامند. از رابطه بالا روشن است که :

$$[\eta] = ML^{-۴}T^{-۴} \qquad (۶۵)$$

اکنون نیروی حاصل از این گرانروی را حساب کنیم. در اینجا پارامترهای مؤثر عبارت‌اند از L، v، η خود نیرو، F′ . کمیت بدون بعد حاصل از این چهار کمیت می‌شود :

$$Q = \frac{F'}{\eta Lv} \qquad (۶۶)$$

و از آنجا

$$F' = k'\tau Lv \qquad (۶۷)$$

مقایسه دو رابطه (۶۳) و (۶۷) آموزنده است : چون F با $v^{۲}$ و F′ با vمتناسب‌اند، در سرعتهای کم اثر F′ بیشتر از F است، اما در سرعتهای زیاد بر عکس، حد کمی و زیادی سرعت از جایی تعیین می‌شود که F در حدود F′ بشود. نسبت F به F′ برابر است با :

$$\frac{F}{F'} = \frac{k}{k'}\frac{\rho Lv}{\tau} \qquad (۶۸)$$

این نسبت زمانی از مرتبه یک می‌شود که :

$$R = \frac{\rho L v}{\tau} \sim \frac{k'}{k} \qquad (۶۹)$$

از اینجا عدد بدون بعد R تعریف می‌شود که آن را عدد رینولدز می‌نامند. اگر این عدد از $\frac{k'}{k}$ خیلی کوچکتر باشد، نیروی ناشی از گرانروی مؤثر است و اصطکاک متناسب با سرعت است. اگر این عدد از $\frac{k'}{k}$ خیلی بزرگتر باشد، نیروی ناشی از برخورد مؤثر است و اصطکاک متناسب با مجذور سرعت است.

VII) شعاع اتم هیدروژن : اتم هیدروژن متشکل از یک پروتون و یک الکترون است. چون پروتون خیلی سنگین‌تر از الکترون است (در حدود ۲۰۰۰ بار)، می‌توان به تقریب آن را ساکن گرفت. در این صورت کمیتهای مؤثر در مسئله می‌شوند .a ، شعاع اتم بور ؛ m جرم الکترون ؛ e، اندازه بار الکترون (و پروتون) ؛ و دو ثابت K، ثابت نیروی الکتریکی و h، ثابت پلانک. ثابت پلانک به این علت وارد می‌شود که مسئله یک مسئله کوانتومی است. بعد ثابت پلانک، از رابطه E = hf ، می‌شود :

$$[h] = ML^{۲}T^{-۱} \qquad (۷۰)$$

به روشی مشابه با مثالهای قبل می‌توان دید که :

$$a_{۰} = k\frac{h^{۲}}{Kme^{۲}} \qquad (۷۱)$$

جواب کامل مسئله

$$a_{۰} = \frac{۱}{۴\pi^{۲}}\ \frac{h^{۲}}{Kme^{۲}} \qquad (۷۲)$$

است.

VIII) انرژی حالت پایه اتم هیدروژن : این مثال هم کاملاً شبیه مثال بالاست، جز اینکه، به جای .a ، انرژی .E جزء کمیتهای مؤثر است. نتیجه تحلیل ابعادی این است که :

$$E_{۰} = k\frac{mK^{۲}e^{۴}}{h^{۲}} \qquad (۷۳)$$

جواب کامل مسئله عبارت است از :

$$E_{۰} = ۲\pi^{۲}\frac{mK^{۲}e^{۴}}{h^{۲}} \qquad (۷۴)$$

IX) فاصله‌ای از ستاره که در آن آثار نسبیت عام مهم می‌شوند : میدان گرانشی یک ستاره با جرم آن، M، مشخص می‌شود. می‌خواهیم شعاعی، R، پیدا کنیم که از حدود آن آثار نسبیت عام، در مقایسه با گرانش نیوتونی، مهم می‌شوند. دو کمیت مؤثر در مسئله همان M و Rاند. اما دو ثابت بعددار مؤثر هم وجود دارد : یکی ثابت گرانش G، چون از گرانش صحبت می‌کنیم، و یکی سرعت نور c، چون بحث نسبیتی است. از چهار کمیت G، c، M و R فقط یک کمیت بدون بعد می‌توان ساخت :

$$Q = \frac{GM}{Rc^{۲}} \qquad (۷۵)$$

پس :

$$R \sim \frac{GM}{c^{۲}} \qquad (۷۶)$$

توجه کنید که رابطه (۷۶) را به شکل R از مرتبه $\frac{GM}{c^{۲}}$ نوشته‌ایم، زیرا نمی‌توان یک شعاع دقیق مشخص کرد که درست از آنجا آثار نسبیت عام مهم می‌شوند. یک شعاع خاص برای آثار نسبیتی گرانش ستاره‌ها، شعاع شوارتس شیلد است :

$$R_{sc} = \frac{۲GM}{c^{۲}} \qquad (۷۷)$$

این شعاع افق ستاره است یعنی شعاعی که اگر ستاره از آن کوچکترشده باشد یک سیاه‌چاله تشکیل می‌شود. در شعاعهای کمتر از این، نور هم نمی‌تواند از میدان گرانشی سیاه‌چاله بگریزد.

رابطه (۷۶) به یک درد دیگر هم می‌خورد : این که آثار نسبیت عام در گرانش جرمی ظاهر شود یا نه، به نسبت شعاع آن جسم، r، به R (یا R_{sc}) بستگی دارد. هر چقدر نسبت $\frac{R_{sc}}{r}$ بزرگتر باشد، آثار نسبیتی گرانش مهمتر می‌شود. این نسبت برای خورشید در حدود $۱۰^{-۶}$ برای زمین در حدود $۱۰^{-۹} \sim ۱۹^{-۱۰}$ و برای یک ستاره نوترونی در حدود ۰/۱ – ۱ است.

X) پدیده کازیمیر (نیروی الکترومغناطیسی بین دو صفحه رسانای بینهایت) : دو صفحه رسانای بینهایت بدون بار، که به فاصله d از هم قرار دارند، قاعدتاً نباید نیرویی بر هم وارد کنند، اما یکی از آثار الکترودینامیک کوانتومی این است که این صفحات به هم نیرو وارد می‌کنند. البته این نیرو، یا بهتر است بگوییم نیرو بر واحد سطح، بسیار کوچک است. می‌خواهیم مقدار آن را تخمین بزنیم. کمیتهای مؤثر در مسئله عبارتند از P نیرو بر واحد سطح ؛ d، فاصله دو صفحه از هم ؛ ثابت پلانک h و دو ثابت موجود در الکترومغناطیس،K و c (سرعت نور).

به سادگی می‌توان دید که تنها کمیت بدون بعدی که از این پنج کمیت ساخته می‌شود :

$$Q = \frac{Pd^{۴}}{hc} \qquad (۷۸)$$

است. از اینجا نتیجه می‌شود که :

$$P = k\frac{hc}{d^{۴}}$$

ارزش تحلیل ابعادی باید از مثالهای بالا روشن شده باشد. به ویژه در چند مثال آخر، محاسبات لازم برای بدست آوردن جواب دقیق و کامل ممکن است بسیار سنگین باشد، اما تحلیل ابعادی ساده است و به سرعت، هر چند به جواب کامل منجر نمی‌شود، احساس خوبی از جواب بدست می‌دهد. اگر هدف تعیین تجربی یک کمیت باشد، تحلیل ابعادی می‌تواند حدود آن کمیت را به دست بدهد و دستگاه لازم برای سنجش آن را تعیین کند.

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

پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینه الکترومغناطیس

احمد پرورش عضو هیئت علمی دانشگاه اصفهان

۱ ــ با توجه به اینکه در مدارهایی که مصرف‌کننده‌ها به صورت سری هستند در هر مصرف مقداری انرژی افت پیدا می‌کند. اما شدت جریان در تمام مصرف‌کننده‌ها یکسان است. لطفاً با توجه به جاری شدن الکترونها در کل مدار و عبور از هر مصرف‌کننده، توضیح دهید چرا جریان ثابت است؟ (از لحاظ میکروسکپی).

پاسخ ــ طبق تعریف، جریان I عبارتست از آهنگ انتقال بار از سطح معینی از رسانا (مثلاً از مقطع یک سیم)

$$I = \frac{dq}{dt} \qquad (۱)$$

در فلزات الکترونها تمام جریان را حمل می‌کنند، در حالی که یونهای مثبت سنگین در مکان‌های منظمی در ساختار بلوری، ثابت‌اند. یعنی از هر اتم فقط الکترونهای ظرفیت آن آزادند که در فرآیند رسانش شرکت کنند و سایر الکترونها به یونهای خود قویاً مقیدند. پیش از اعمال میدان الکتریکی به فلز، الکترونهای آزاد و یون‌ها با محیط اطراف خود در تعادل گرمایی به سر می‌برند و دارای یک حرکت گرمایی‌اند. اگر چه این حرکت گرمایی ممکن است بزرگ باشد (سرعت بالایی داشته باشد) اما چون کتره‌ای است، به انتقال منظم بارها منجر نمی‌شود. اگر این فلز تحت میدان الکتریکی $\vec{E}$ (که توسط باتری تأمین می‌شود) قرار گیرد، الکترونها علاوه بر این حرکت گرمایی از طرف $\vec{E}$ یک نیروی $e\vec{E}$ نیز متحمل می‌شوند. معادله حرکت یک الکترون از یک جسم هادی که در میدان $\vec{E}$ قرار گرفته باشد را به صورت زیر می‌نویسیم.

$$m\frac{d\vec{v}_d}{dt} = e\vec{E} - \frac{m\vec{v}_d}{\tau} \qquad (۲)$$

جمله دوم سمت راست ناشی از برخوردهای متوالی الکترون با اتمهای شبکه بلورین فلز است که به صورت یک نیروی بازدارنده عمل می‌کند و از افزایش نامحدود سرعت الکترونها جلوگیری می‌کند. در این معادله τ متوسط زمان میان دو برخورد متوالی است. جواب معادله برای میدان ساکن $\vec{E} = \vec{E}_0$ که در لحظه $t = 0$ به یک الکترون ساکن اعمال می‌شود برابر است با:

$$\vec{v}_d = \frac{e\tau}{m}\vec{E}_0(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}) \qquad (۳)$$

برای رسانای‌های معمولی مانند مس $\tau \cong 10^{-14}\,s$ و از اینرو جمله نمائی به سرعت، با زمان کاهش می‌یابد و عملاً

$$\vec{v}_d = \frac{e\tau}{m}\vec{E}_0 = -\mu_e\vec{E}_0 \qquad (۴)$$

خواهد شد. دراین رابطه μ_e را قابلیت تحرک الکترون می‌نامیم. $\vec{v}_d$ را سرعت سوق الکترون گوییم.

اکنون کمیتی به‌نام چگالی جریان الکتریکی $\vec{J}$ تعریف می‌کنیم که با جهت حرکت بارهای مثبت همسو است و اندازه آن مقدار جریانی است

که از واحد سطح مدار می‌گذرد و یا به عبارت دیگر جریان I که از سطح S مدار می‌گذرد برابر شار $\vec{J}$ از S است.

$$I = \int_s \vec{J} \cdot d\vec{s} \qquad (۵)$$

اگر $\vec{J}$ را در یک جسم رسانا حساب کنیم، خواهیم دید که

$$\vec{J} = \rho \vec{v_d} \qquad (۶)$$

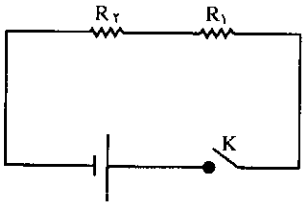
که در آن ρ چگالی بارهای الکتریکی (تعداد الکترونها در واحد حجم فلز) و $\vec{V_d}$ سرعت سوق این الکترون‌هاست. از ترکیب (۴) و (۶) داریم :

$$\vec{J} = -\rho \mu_e \vec{E} \qquad (۷)$$

که آن را معمولاً به شکل

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \qquad (۸)$$

می‌نویسیم، در معادله (۸)، σ را رسانایی الکتریکی (رسانندگی) می‌نامیم. مقدار این ضریب برای فلزات نوعی حدود $10^{7}\ mho/m$ و برای آب دریا $4\ mho/m$ است، برای مثال با بستن کلید k در مدار زیر، الکترونها تحت تأثیر میدان الکتریکی قرار می‌گیرند و جریان برقرار می‌شود. اکنون اگر چه در حالت عمومی $\vec{J_1}$ و $\vec{J_2}$ (چگالی جریان در مقاومت‌های R_1 و R_2) برابر نیستند ولی شار آنها طبق معادله (۵) یعنی I در هر دو مقاومت مدار برابر است. عدم تساوی I در R_1 و R_2 باعث تجمع بار در محل اتصالات می‌شود و نیروهای الکتروستاتیکی قوی ناشی از تجمع‌ها باعث از بین رفتن تجمع بارها می‌گردد.



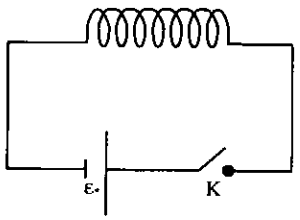
۲ ــ در جریان متناوب هنگامی‌که جریان افزایش می‌یابد جریان خودالقاء در خلاف جهت جریان اصلی و هنگامی‌که جریان کاهش می‌یابد جریان خودالقاء در جهت جریان اصلی است. ولی در فرمول، نیروی محرکه خودالقاء، همواره در خلاف جهت نیروی محرکه اصلی است. چرا؟

پاسخ ــ قانون فارادی (ولنز) بیان می‌دارد که

$$E = -\frac{d\phi}{dt} \qquad (۱)$$

که در آن ϕ شار مغناطیسی $\vec{B}$ است که از سطح حلقه یک مدار می‌گذرد و نیروی محرکه القائی است که در مدار ایجاد می‌شود.

$$\phi = \int_s \vec{B}.d\vec{s} \qquad (۲)$$



وقتی در مدار فوق کلید k را می‌بندیم جریان در مدار برقرار می‌شود ولی به علت محدود بودن سرعت نور (سرعت جابجایی میدان درمدار) مدت زمانی (اگرچه بسیار کوتاه است) طول می‌کشد تا جریان از مقدار صفر به اشباع خود برسد. جریان اشباع برابر $I = \frac{E.}{R}$ است که R کل مقاومت اهمی مدار است. در این مدت زمان میدان $\vec{B}$ در حال افزایش است و در نتیجه یک نیروی محرکه القائی E در حلقه‌ها طبق معادله ۱ ایجاد می‌شود. جهت E به گونه‌ای است که با عامل بوجود آورنده خود **مخالفت** می‌کند. پس اگر جریان افزایش یابد، جریان القائی در خلاف جهت جریان اصلی (که افزاینده است) می‌باشد تا با افزایش آن **مخالفت** کند. اگر جریان کاهش یابد (مثلاً بازکردن مجدد کلید) شار گذرنده از حلقه‌ها کم می‌شود و برای جلوگیری از این کاهش باید جریان القائی با جریان اصلی هم‌جهت باشد تا از کاهش آن جلوگیری کند و یا با کاهش آن **مخالفت** کند.

۳ ــ در کتاب ESSP گفته شده که اگر یک عقربه مغناطیسی مجاور سیم حامل جریان قرار گیرد در راستای عمود بر سیم منحرف می‌شود. و در کتاب فیزیک سوم گفته شده (اورستد) که اگر عقربه در زیر یا روی آن باشد منحرف می‌شود (نه عمود بر آن)، لطفاً رابطه و علت آنها را توضیح دهید و بفرمایید که چرا و چگونه می‌توان انحراف عقربه را با دستور آمپر هماهنگ کرد.

پاسخ ــ اگر یک حلقه (مثلاً مستطیل شکل) حامل جریان I را درون یک $\vec{B}$ یکنواخت قرار دهیم، طبق قانون نیروی لورنتس برسیم حامل جریان نیروی

$$\vec{F} = \oint I\ d\vec{l} \times \vec{B} \qquad (۱)$$

وارد می‌شود که در آن $\vec{dl}$ مماس بر حلقه و همسوی I است. اگر $\vec{B}$ یکنواخت باشد $\vec{F} = 0$ می‌گردد یعنی حلقه حرکت انتقالی نخواهد داشت. اگر زاویه میان بردار عمود بر سطح حلقه، $\vec{S}$ ، و میدان $\vec{B}$ خارجی زاویه θ برقرار باشد، از طرف $\vec{B}$ برحلقه گشتاور $\vec{\tau}$ وارد می‌شود که می‌توان نشان داد برابر است با :

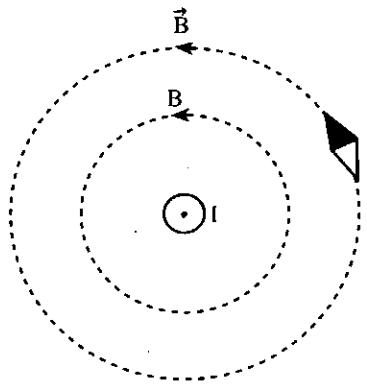
$$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} \qquad (۲)$$

که در آن $\vec{m}$ را گشتاور مغناطیسی حلقه حامل جریان می‌نامیم و برابر است با :

$$\vec{m} = I\ S \qquad (۳)$$

$\vec{C}$ باعث می‌شود تا حلقه به‌گونه‌ای بچرخد تا $\vec{m}$ با $\vec{B}$ همسو گردد (انرژی سیستم می‌نی‌میم یا کمینه گردد). عقربه‌های مغناطیسی حامل $\Sigma\vec{m}$ می‌باشد و به‌همین دلیل یک عقربه مغناطیسی در امتداد شمال ــ جنوب میدان $\vec{B}$ زمین قرار می‌گیرد تا با آن همسو گردد.

در سؤال (۳) میدان $\vec{B}$ ناشی از دو عامل است، یکی $\vec{B}$ زمین و دیگری $\vec{B}$ سیم جریان‌دار. در شکل (الف) سیم بر صفحه کاغذ عمود است و میدان $\vec{B}$ خطوط دایره‌ای هستند و عقربه مماس بر آنها قرار گرفته است ($\vec{B}$ زمین را درمقابل $\vec{B}$ سیم ناچیز گرفته‌ایم).



الف

ب

ج

در شکل (ب) $\vec{B}$ ناشی از سیم وجود ندارد و عقربه در راستای شمال‌جنوب مغناطیسی زمین قرار دارد.

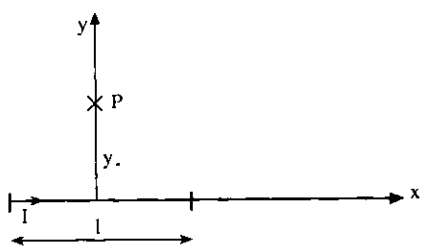
در شکل (ج)، عقربه در اثر $\vec{B}$ سیم چرخیده است و توجه کنید که طبق شکل ج، خطوط $\vec{B}$ سیم در محل مرکز عقربه به طرف راست است و مایل است عقربه را به اندازه ۹۰ درجه در جهت راست بچرخاند.

۴ ــ از سیمی که آن را به صورت مربع درآورده‌ایم جریانی می‌گذرد. اگر شدت میدان حاصل از جریانی که از هر ضلع عبور می‌کند در مرکز مربع، B تسلا باشد مقدار و جهت شدت میدان در مرکز مربع را تعیین کنید.

پاسخ ــ اگر از سیم L جریان I بگذرد، میدان $\vec{B}$ در نقطه P روی عمود منصف سیم و به فاصله y از آن می‌شود.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I l}{2\pi y\sqrt{l^2 + 4y_0^2}}\ \hat{Z} \qquad (۱)$$

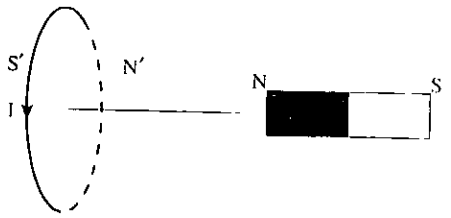
که در آن $\hat{Z}$ بر صفحه کاغذ عمود به طرف خواننده است. از اینرو برای یک سیم مربعی شکل $\vec{B}$ در مرکز مربع چهار برابر رابطه (۱) می‌شود و $y_0 = \frac{l}{2}$ است که l طول مربع است.



۵ ــ در مورد اهمیت علامت منفی که در نیروی محرکه القائی بعنوان قانون لنز گنجانده می‌شود توضیح بیشتری داده شود؟

پاسخ ــ فرض کنید حلقه‌ای در سطح قائم قرار دارد و یک آهنربا روی یک مسیر بدون اصطکاکی به طرف چپ با یک اشاره رانده شود.

در اثر نزدیک شدن آهنربا، شار $\vec{B}$ که از سطح حلقه می‌گذرد افزایش می‌یابد و طبق قانون لنز باید E ایجاد شده در حلقه با این افزایش مخالفت کند. یعنی جریان القائی در سویی باشد که سمت راست حلقه قطب شمال گردد تا آهنربا را دفع کند. اگر علامت منفی قانون لنز نمی‌بود، حلقه آهنربا را جذب می‌کرد و در نتیجه آهنربا به طرف حلقه شتاب می‌گرفت و پس از عبور از آن به طرف راست برمی‌گشت، این آهنربا یک حرکت نوسانی می‌نمود و با یک مصرف انرژی کم می‌توانستیم همواره انرژی الکتریکی دریافت داریم.



۶ــ با توجه به اینکه نیروی اصطکاک را الکترومغناطیسی می‌نامیم و نیروی الکترومغناطیسی پایستار است، چرا کار این نیرو به مسیر بستگی دارد؟ چگونه می‌توان این مسئله را توضیح داد؟

پاسخ ــ می‌دانیم که کار نیروی $\vec{F}$ بین دو نقطه برابر تغییر انرژی جنبشی ΔK است.

$$\int_{1}^{2} \vec{F}.d\vec{l} = K_2 - K_1 = \Delta K$$

اگر $\vec{F}$ پایستار باشد، داریم

$$-\int_{1}^{2} \vec{F}_c.d\vec{l} = U_2 - U_1 = \Delta U$$

که ΔU تغییر انرژی پتانسیل است، از اینرو $\Delta U + \Delta K = 0$ است. علی‌الاصول نیروی اصطکاک از نوع نیروهای الکترومغناطیسی است و از دید میکروسکوپ نیروهای اساسی پایسترانند. به عبارت دیگر کاهش انرژی جنبشی برای جسمی که روی یک سطح اصطکاک‌دار که با سرعت اولیه $\vec{v}_0$ رها می‌شود صرف گرم کردن سیستم و افزایش دمای آن می‌شود. در واقع در اثر افزایش دما انرژی جنبشی ذرات سیستم در مقیاس میکروسکوپ افزایش یافته است و باید این نکته را نیز اضافه کرد که در این مسئله انرژی تابشی ناشی از شتاب ذرات باردار درگیر را نیز باید مدّنظر قرار داد.

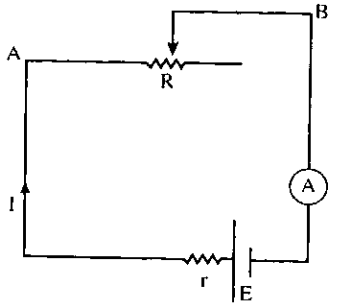
۷ــ از مقایسه نمودار اختلاف پتانسیل برحسب شدت جریان برای دو مدار جریان پیوسته چگونه می‌توان اطلاعاتی در رابطه با مقاومت درونی و نیروی محرکه و پیلها به‌دست آورد، فرض کنید دو نمودار موازی باشند.

پاسخ ــ در مدار زیر داریم

$$V_A - V_B = IR = E - Ir \qquad (1)$$

در روابط بالا، E نیروی محرکه باتری، r مقاومت داخلی باتری و R مقاومت متغیر است.

می‌توان از رابطه (۱) تغییرات $\frac{1}{I}$ را بر حسب R رسم کرد که خطی مستقیم می‌شود و تقاطع آن با محور R برابر مقاومت درونی باتری می‌گردد.



۸ــ آیا شار مغناطیسی که از یک سولنوئید واقع در میدان مغناطیسی می‌گذرد به تعداد حلقه‌های سولنوئید بستگی دارد؟ توضیح دهید.

پاسخ ــ طبق تعریف شار ϕ_B برابر است با

$$\phi_B = \int \vec{B}.d\vec{S} \qquad (1)$$

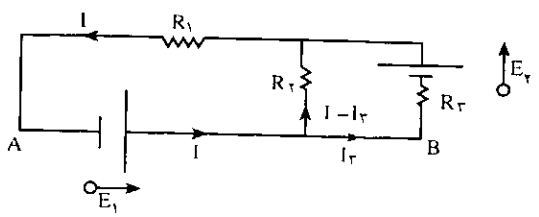
که اگر $\vec{B}$ یکنواخت باشد و زاویه میان $\vec{B}$ و $\vec{S}$ صفر باشد معادله (۲) برقرار است.

$$\phi_B = BS \qquad (2)$$

که در آن S سطح کل حلقه‌ها یعنی سطح هر حلقه ضربدر تعداد حلقه‌هاست. اگر $\vec{B}$ یکنواخت نباشد باید شار گذران از هر حلقه را حساب کرد و بعداً شارها را با هم جمع نمود و این بدان معنی است که ϕ_B به تعداد حلقه‌ها نیز بستگی دارد.

۹ــ در مورد تجزیه مقاومتها و شدت جریانها در یک مدار و نیز کاربرد قانون کیرشهف توضیح دهید.

پاسخ ــ در حل مدارها، E را با یک پیکان به شکل ⟶ که از قطب منفی به قطب مثبت باتری است نمایش می‌دهیم. در هر شاخه مدار نیز جهتی برای جریان I در نظرمی‌گیریم. اگر جهت اختیاری اشتباه باشد جواب منفی (جواب هر شاخه) منفی می‌شود و تنها باید سوی جریان اختیاری را عکس کرد و نیازی به محاسبهٔ مجدد نیست.



مثال :

$$\begin{cases} V_A + E_1 - (I - I_2)R_2 - IR_1 = V_A \\ V_A + E_1 - I_2R_2 + E_2 - IR_1 = V_A \end{cases}$$

و مثلاً

$$V_A + E_1 = V_B \quad و \quad V_A + IR_1 - E_2 + I_2R_2 = V_B$$

۱۰ ــ پتانسیل الکتریکی حاصل از یک بار الکتریکی در محل بار چقدر است؟

پاسخ ــ نظر به اینکه هر ذره باردار q یک نقطه مادی نیست و دارای ابعادی (هر چند کوچک) است، میدان $\vec{E}$ در بخش ΔV از ذره برابر میدان ناشی از بقیه حجم جسم در محل ΔV است. این از بی‌نهایت شدن میدان جلوگیری می‌کند.

۱۱ ــ آیا جریان الکتریسیته همان حرکت الکترونهاست؟ و آیا منظور از حرکت الکترونها همان حرکت انتقالی است یا خیر؟

پاسخ ــ با توجه به جواب ۱ جواب بلی است و مقدار آن چیزی حدود $1mm/s$ (میلی‌متر بر ثانیه) است. یعنی در واقع V_d (سرعت انتقالی الکترونها) بسیار کُند است. مثلاً ۴۰ سال طول می‌کشد تا الکترونهای یک جریان یک آمپری در سیمی به مقطع $1mm^2$ فاصله ۱۰۰ کیلومتر را طی کنند.

۱۲ ــ ایجاد نیروی محرکه بین دو ریل آهن هنگام حرکت قطار را توضیح دهید.

پاسخ ــ اگر ریلها را افقی بگیریم، بردار $\vec{S}$ عمود بر صفحه ریلها و در راستای قائم می‌شود.

اگر $\vec{B}_.$ تصویر $\vec{B}$ زمین در راستای قائم باشد داریم :

$$|E| = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt}(B_.S) = B_.\frac{dS}{dt} = B_.\omega\frac{dx}{dt} = B_.V\omega$$

که ω عرض (فاصله) دو ریل و V سرعت حرکت قطار است.

۱۳ ــ ارتباط بین قانون آمپر و قانون گاوس را بیان کنید.

$$\oint_s \vec{E}.d\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_.} \quad \text{گاوس} \qquad \oint \vec{B}.d\vec{l} = \mu_.I \quad \text{آمپر}$$

پاسخ ــ اصولاً اگر روابطی را قانون بنامیم (واقعاً قانون باشند) از یکدیگر قابل استنتاج نیستند. یعنی اگر برای توجیه پدیده‌هایی از روابطی به‌نام قانون استفاده کنیم از همدیگر بدست نمی‌آیند. بهرحال توجه کنید که قانون گاوس $\oint \vec{E}.d\vec{s} = \frac{q}{\varepsilon_.}$ روی سطح بسته و قانون آمپر $\oint \vec{B}.d\vec{l} = \mu_.I$ روی منحنی بستهٔ انتگرال‌گیری می‌شوند.

۱۴ ــ آیا در اهم‌سنج عقربه‌ای فاصلهٔ درجات می‌توانند مساوی باشند؟

پاسخ ــ اساس کار مولتی‌مترها (اهم‌سنج ، آمپرسنج و ولت‌سنج) عقربه‌ای روی گشتاور اعمال شده از طرف $\vec{B}$ ثابت (که درون دستگاه به شکل یک آهنربای دائمی تعبیه شده است) سیم‌پیچ است که از آن جریان می‌گذرد و به توسط یک فنر به عقربه دستگاه متصل است. جریانی که از سیم‌پیچ دستگاه می‌گذرد در قرائت ولتاژ و جریان از منبع خارجی و در موقع قرائت اهم توسط باتری درون دستگاه تأمین می‌شود. اکنون اگر ولتاژ باطری را $V_.$ ، مقاومت مورد نظر R و مقاومت سیم‌پیچ و مقاومت داخلی باطری $R_.$ باشد داریم :

$$I = \frac{V_.}{R + R_.} \qquad (۱)$$

عبور این جریان گشتاور مغناطیسی

$$\vec{m} = I\vec{S} \qquad (۲)$$

را به سیم‌پیچ منتسب می‌کند که در آن $\vec{S}$ سطح کل (تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ ضربدر سطح هر حلقه) سیم‌پیچ است. $\vec{B}$ آهنربا می‌خواهد $\vec{m}$ را همسوی خود سازد و در نتیجه سیم‌پیچ داخل دستگاه و عقربه متصل به آن می‌چرخد. مقدار این چرخش طبق (۲) با I متناسب است. پس هرچقدر R کمتر باشد I بیشتر و بالعکس به‌ازای R بزرگ، میزان I و در نتیجه چرخش عقربه کمتر می‌شود. رابطه (۱) نشان می‌دهد که $\frac{I}{R}$ ثابت نیست و در نتیجه فواصل روی صفحه اهم‌متر برابر نمی‌شوند.

۱۵ ــ معرفی جامع و قابل فهم مواد دیامغناطیسی، پارامغناطیسی و فرومغناطیسی چیست؟

پاسخ ــ مواد از اتم و اتم از الکترون (e^-) و هسته تشکیل شده است.

پاسخ ماده به میدان $\vec{B}$ خارجی به ویژگیهای اتم‌ها و مولکولهای ماده و هم‌چنین برهم‌کنش بین آنها بستگی دارد. به الکترون اتمها نوعی حرکت مداری و اسپینی منتسب می‌کنیم. از اینرو می‌توان نتیجه گرفت که هر اتم همانند یک گشتاور مغناطیسی است. می‌توان نشان داد که این گشتاور مغناطیسی با تکانه زاویه‌ای اتم متناسب است. مواد دیامغناطیسی شامل اتمهایی هستند که تکانه زاویه‌ای خالص هر یک از آنها صفر است و اعمال میدان $\vec{B}$ خارجی به آنها باعث یک $\Delta\vec{m}$ القائی به اتم می‌شود که در سیستم MKS برابر است با

$$\Delta\vec{m} = -\frac{e^2}{4m_e}R^2\vec{B} \qquad (۱)$$

که در آن e و m_e بار و جرم الکترون و R شعاع مدار است، علامت منفی همان قانون لنز است، وجود این $\Delta\vec{m}$ باعث منشأ دیامغناطیس و رانش ماده دیامغناطیسی (مانند مس و بیسموت و طلا) به‌طرف میدان‌های ضعیف (دفع توسط آهنربا) است. البته این نیروی دافعه بسیار ضعیف است و دستگاه حساسی برای اندازه‌گیری نیاز است. اگر جمع گشتاور مغناطیسی اسپینی و مداری هر اتم صفر نباشد و آن را $\vec{m}_i$ فرض کنیم، این گشتاورها تمایل دارند با $\vec{B}$ خارجی همسو شوند ولی نظریه کوانتومی ایجاب می‌کند که $\vec{m}_i$ها به جای همسو شدن با $\vec{B}$ با زاویه میل ثابتی

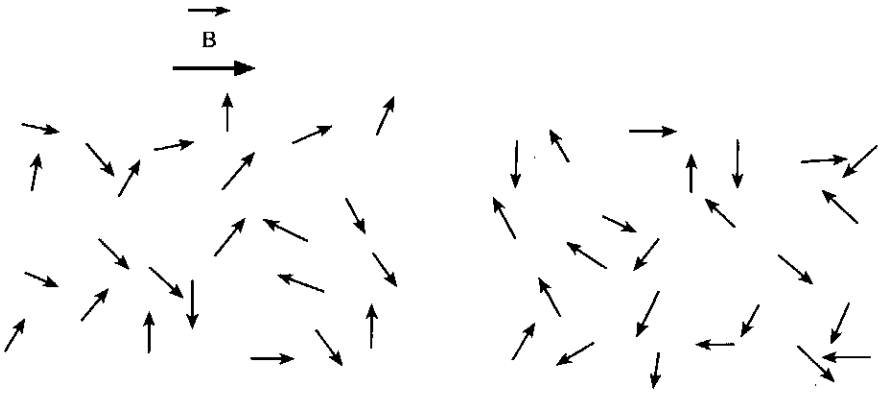
حول $\vec{B}$ یک حرکت تقدیمی انجام دهند. از سوی دیگر انرژی گرمایی دستگاه می کوشد طوری عمل کند که برای $\vec{m}_i$ ها سمتگیری کاملاً کتره‌ای تهیه کند، ولی سمتگیری‌های همسو با $\vec{B}$ یا نزدیک به آن، انرژی مغناطیسی کمتری دارند و درنتیجه مرجح‌اند. در این جا دیده می‌شود که گشتاور مغناطیسی جسم در واحد حجم (یعنی بردار مغناطیس $\vec{M}$) برای ماده‌ای متشکل از یک نوع مولکول (به‌استثنای دماهای نزدیک صفر مطلق) برابر است با (تقریباً)

$$\vec{M} = \frac{Nm_i^2}{3kT}\vec{B}_m \qquad (2)$$

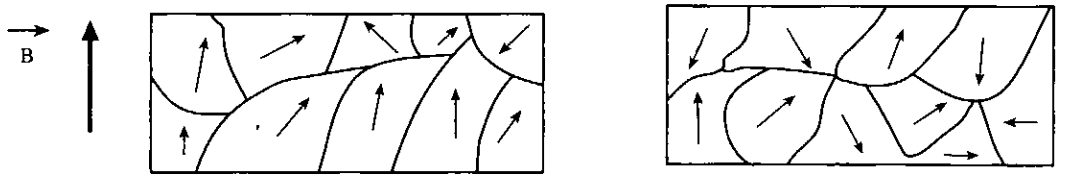
در این معادله N تعداد مولکولها در واحد حجم، $\vec{m}_i$ گشتاور مغناطیسی خالص هر مولکول و T دمای مطلق محیط و $\vec{B}_m$ میدان خارجی است. آلومینیوم، سدیم و تنگستن ازجمله عناصر پارامغناطیسی‌اند. مثبت بودن ($\vec{M}$ همراستا بودن با $\vec{B}_m$ در معادله۲) معادله (۲) دلالت بر این دارد که اجسام پارامغناطیسی به‌طرف میدانهای قوی جذب می‌شوند. البته این نیروی جاذبه بسیار ضعیف است و برای اندازه‌گیری نیاز به دستگاه حساسی می‌باشد.

مواد فرومغناطیسی (آهن، کبالت و نیکل و برخی از آلیاژهای آن‌ها) همانند پارامغناطیسی‌اند ولی در اثر اندرکنش قوی بین اتمها یا مولکولهای مجاور در نواحی به‌نام حوزه‌های مغناطیسی (و در زیر دمایی به‌نام دمای کوری که مثلاً برای آهن $C^\circ 760 \simeq$ است) که از نظر میکروسکوپی بزرگ‌اند همراستا می‌شوند. اعمال میدان خارجی باعث تغییر حوزه‌ها می‌شوند. اندازه حوزه‌ها بسته به نوع ماده آنها و وضع سابقشان و عاملهای دیگر تفاوت می کند و اندازه‌های معمولی آنها بین 10^{-6} تا 10^{-2} سانتیمتر مکعب (معادل 10^{-12} تا 10^{-8} مترمکعب) است.

در خاتمه توجه خوانندگان را به این نکته معطوف می‌سازم که تقریباً تمام مباحثی که در این چند صفحه به عنوان جواب پرسش‌ها آورده شده است با شرح و بسط بیشتر در تمامی کتابهای الکترومغناطیس و یا فیزیک عمومی (در سطح کتاب فیزیک هالیدی ـ رزنیک) نوشته شده است.



(الف) توزیع کتره‌ای دو قطبی‌های مغناطیسی اتمی در غیاب میدان خارجی و (ب) هم‌جهتی نسبی دو قطبی‌های مغناطیسی با میدان خارجی پس از اعمال میدان $\vec{B}$ برای اجسام پارامغناطیسی



(الف) توزیع کتره‌ای حوزه‌ها در غیاب میدان خارجی و (ب) گسترش و چرخش حوزه‌ها پس از اعمال میدان خارجی و هم‌جهتی نسبی آنها با میدان برای اجسام فرومغناطیسی

اخبار علمی
اخبار علمی
اخبار علمی

فیزیکدانها اولین پاداتم را تولید کردند

آندرو والتون

با اعلام این خبر در اواخر سال گذشته که فیزیکدانهای ذرات بنیادی سرن در ژنو موفق به تولید چند پاداتم شده‌اند، فیزیکدانهای اروپایی توانستند برای نخستین‌بار به دنیای پر ابهام پادماده نظری بیافکنند، یک تیم بین‌المللی با استفاده از حلقهٔ پادپروتون کم انرژی سرن (LEAR) موفق شدند ۱۱ اتم پادهیدرژن تولید کنند که ساده‌ترین اتم در پادجهان است. اندازه‌گیریهای سرن مرحلهٔ مهمی در توسعهٔ تولید اتمهای غیر عادی است.

فیزیکدانها از این که می‌توانند این اتم کاملاً جدید را مطالعه کنند بسیار هیجان‌زده‌اند. زیرا این اتم آزمونی بنیادی برای درک ماهیت ماده دراختیار آنها می‌گذارد. به‌نظر اختر فیزیکدانها در مهبانگ علاوه بر ماده همان اندازه پادماده هم خلق شده است. اما آنها نتوانسته‌اند در فضا پادماده را، لااقل به اندازه‌ای که ماده وجود دارد، بیابند. بنابراین یک سؤال بنیادی مطرح می‌شود که چرا مقدار ماده و پادماده متفاوت است.

پادماده تصویر آینه‌ای ماده‌ای است که جهان را تشکیل می‌دهد. وجود پادماده را فیزیکدان بریتانیایی پل دیراک در سال ۱۹۳۱ پیشنهاد کرد. معادلهٔ کوانتومی معروف دیراک وجود یک شریک پادذره‌ای برای الکترون را مطرح می‌کرد. طبق نظریهٔ دیراک این ذره، که پوزیترون نامیده شد، جرمی برابر الکترون داشت اما بار آن خلاف بار الکترون بود، و الکترون و پوزیترون در برخورد با یکدیگر نابود می‌شدند.

پوزیترون را دو سال بعد کارل آندرسن از انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا یافت. در حالی که پادپروتون در سال ۱۹۵۵ در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی مشاهده شد. اما تاکنون کسی نتوانسته بود پوزیترون و پادپروتون را ترکیب و پادهیدرژن تولید کند. زیرا این ذرات معمولاً در برخوردهای شدید تولید می‌شوند، و کند کردن آنها یا تنظیم سرعت آنها برای ترکیب و تشکیل اتم مشکل است.

در سال ۱۹۹۲، برودسکی و همکارانش چارلزمونگر و ایوان اشمیت روشی برای تولید پادهیدروژن پیشنهاد کردند. اولت و تیم او، که شامل فیزیکدانهایی از دانشگاه جنوا در ایتالیا و دانشگاههای آلمان بود، نخستین کسانی بودند که این روش را به‌طور موفقیت‌آمیز به کار بردند. این تیم جتی از گاز زنون را در مسیر باریکهٔ پادپروتون LEAR هدایت کردند. هرازگاهی یک پادپروتون را بار مثبت هستهٔ زنون پراکنده می‌کرد و بخشی از انرژی آن را به زوج الکترون ــ پوزیترون تبدیل می‌کرد. در تعداد معدودی از این موارد، سرعت پوزیترون به اندازهٔ کافی به سرعت پادپروتونهای پراکنده شده نزدیک بود تا با آن ترکیب و یک اتم پادهیدروژن تولید کند. فرایند ترکیب به اندازه‌ای نادر است که تولید ۱۱ پادهیدروژن به ۵×۱۰^{۱۲} پادپروتون نیازمند است.

اتمهای پادهیدروژن ابتدا در امتداد باریکهٔ پادپروتون حرکت می‌کردند، اما چون بار خالص ندارند، آهنرباهایی که مسیر پادپروتون را خم می‌کردند، تأثیری بر آنها نداشتند. بنابراین در اولین پیچ اتمها از پنجره‌ای وارد آشکارساز سیلیسیمی می‌شدند. در اینجا، پادپروتونها فقط ۴۰ بیلیونیم ثانیه پس از تولید تجزیه می‌شدند، و پاره‌های آن سیگنالی تولید می‌کرد که پژوهشگران را موفق به شناسایی اتمهای پادهیدروژن کرد. به گفتهٔ اولت «ما انتظار داشتیم ۹ رویداد مشاهده کنیم و ۲±۱۱ رویداد مشاهده کردیم که سازگاری بهتر از حد انتظار ما با پیشگویی داشت».

اما مدتی طول می‌کشد تا فیزیکدانها بتوانند مطالعه دربارهٔ این موجودات جدید هیجان‌انگیز را آغاز کنند، زیرا این ذرات با سرعتی نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کنند. به گفتهٔ جان ایدز از گروه LEAR «این یک مشکل مهم است. اما فیزیکدانها مصمم‌اند که آن را حل کنند». همهٔ نظریه‌های پذیرفته شدهٔ فعلی در مورد چهار نیروی بنیادی طبیعت به تقارن

کامل میان ماده و پادماده وابسته است. اتمهای هیدروژن باید نوری با همان بسامدهای نور اتم هیدروژن گسیل کنند؛ به گفتهٔ جان ایدز «هر تفاوت اندک، تأثیر عظیمی بر چگونگی نگرش ما به جهان و تعبیر مهبانگ خواهد داشت. اگر چه این تفاوت ممکن است سر نخی در مورد این که چرا پادماده چندانی در جهان وجود ندارد بدهد. اما در این صورت باید همه ایده‌های خود را دربارهٔ این که جهان چگونه کار می‌کند و چگونگی تشکیل آن تغییر دهیم. شکست تقارن بر روی همه چیز سایه‌ای خواهد افکند.»

همکار برودسکی، مونگر آزمایش جدیدی را در شتابدهندهٔ خطی استانفورد آغاز خواهد کرد که در آن به طیف‌نمایی اتمهای پادهیدروژنی می‌پردازد که با روشی مشابه روش اولت تولید شده‌اند.

پژوهشگران دیگر، راههای متفاوتی را دنبال خواهند کرد. به گفتهٔ جرالد گابریلز از «دانشگاه هاروارد» مدتی طول خواهد کشید تا پادهیدروژنهای کند در دسترس قرار گیرند. تیم او امیدوار است که با استفاده از پادهیدروژنهای به دام افتاده و پوزیترونهای به دام افتادهٔ جداگانه و ترکیب آنها در تلهٔ سوم پادهیدروژن تولید کند.

در حالی که پژوهشگران منتظر این آزمایشهای جدیدند، فیزیکدانها با مسئلهٔ متفاوتی مواجه‌اند: تکذیب این گزارش عامیانه که نیروی پیشرانش پادماده بزودی سفینه‌هایی را روانهٔ ستاره‌ها خواهد کرد. به گفتهٔ برودسکی «موتورهای سفینه‌ای با سوخت پادماده در قلمرو داستانهای تخیلی باقی خواهند ماند.»

مرجع: ساینس. ۱۲ ژانویه ۱۹۹۶

تولید یک عنصر جدید دیگر

رابرت کرئینگ

مرکز پژوهشی یون سنگین در دارمشتات آلمان با اعلام تولید عنصر جدید ۱۱۲، موفقیت خود را به عنوان پیشگام تولید عناصر جدید تثبیت کرد. این عنصر که سنگینترین عنصری است که تا کنون مشاهده شده است، ششمین عنصر جدیداً تولید شده از سال ۱۹۸۱ در GSI و سومین عنصر جدید طی ۱۸ ماه گذشته است.

اعضای چند تیم بین‌المللی در GSI، به‌رهبری پیتر آرمبوستر می‌گویند که دو هفته طول کشید تا توانستند فقط یک اتم عنصر ۱۱۲ را در عصر روز ۹ فوریه آشکار کنند. پژوهشگران با استفاده از شتابدهندهٔ یون سنگین آزمایشگاه، هدف سرب را با بیلیونها یون روی پر انرژی بمباران کردند تا بتوانند دو هستهٔ مختلف را به هم جوش دهند. هستهٔ جدید در کمتر از یک میکروثانیه وا می‌پاشید. اما دنبال کردن زنجیرهٔ واپاشی، از طریق پنج ایزوتوپ دختر آن، هویت عنصر را تأیید کرد.

مطالعهٔ این هسته به بررسی مدلهای هسته‌ای کمک می‌کند. نظریه‌پردازان بر این باورند که پروتونها و نوترونهای هسته در «پوسته‌هایی» قرار دارند و پوسته‌های پر سبب پایداری زیاد هسته می‌شوند. ایزوتوپ عنصر ۱۱۲ که تیم GSI تولید کرد، ۱۶۵ نوترون دارد که برای پر کردن خارجی‌ترین پوسته‌اش کافی نیست. اما در خلال واپاشی این هسته به هسته‌های سبکتر، هسته از حالتی با ۱۶۲ نوترون می‌گذرد، که طبق نظریهٔ موجود برای پرکردن پوستهٔ تغییر شکل داده، کافی است و باعث پایداری می‌شود.

با مطالعهٔ زنجیرهٔ واپاشی عنصر ۱۱۲ درگذر از تعداد ۱۶۲ نوترون، تیم GSI توانست ثابت کند که پوستهٔ تغییر شکل داده پایدارتر است. این تیم در یک بیانیه اظهار داشت: «زنجیرهٔ واپاشی، که پایداری را در ۱۶۲ نوترون نشان می‌دهد، توان پیشگویی مدل نظری ساختار هسته را تأیید می‌کند.»

به گفتهٔ فریتز پیتر هسبرگر یکی از اعضای تیم GSI، هدف بعدی گروه تولید ایزوتوپ ۱۱۳ است. اما هدف نهائی این آزمایشها، تولید ایزوتوپ ۱۱۴ با پوسته‌های کروی پروتون و نوترون است. پیش‌بینی شده است که این ایزوتوپ و ایزوتوپهای اطراف آن پایداری بیش از سایر ایزوتوپهای ابر سنگین داشته باشد. اما به گفته هسبرگر «این نظریه‌ها را فقط می‌توان با آزمایشهای آینده روشن کرد.»

دانشمندان GSI هنوز به فکر اسمی برای این عنصر نیستند. زیرا مسئله نام عناصر ابر سنگین هنوز حل نشده است. بحثهای مربوط به اولویت کشف عناصر قبلی بین گروههای امریکایی و روسی نامهای بسیاری را مطرح کرد. اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی (IUPAC) مسئله مربوط به اکتشاف را حل کرد، اما با نادیده گرفتن نامهای پیشنهادی مکتشفان و انتخاب نامهای جدید، جامعهٔ پژوهشی را خشمگین کرد. تابستان گذشته IUPAC می‌خواست انتخاب نامها را تأیید کند. اما با بروز توفان اعتراضها در آخرین لحظه عقب‌نشینی کرد، و مسئله نامها هنوز حل نشده است.

ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر

مرجع: ساینس. مارس ۱۹۹۶

اطلاعیه ششمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران

اهواز

۹ تا ۱۱ فروردین ۱۳۷۶

ششمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران از ۹ تا ۱۱ فروردین ماه ۱۳۷۶ با همکاری انجمن فیزیک ایران، اداره کل آموزش و پرورش استان خوزستان، و وزارت آموزش و پرورش در اهواز برگزار خواهد شد.

موضوعهای مورد بحث

تازه‌های فیزیک،
روشهای تدریس فیزیک دبیرستانی و دانشگاهی،
بررسی پیوستگی آموزش فیزیک در دوره‌های راهنمایی، دبیرستان، پیش‌دانشگاهی، و دانشگاه،
تأثیر شیوهٔ برگزاری امتحانات، مسابقات علمی، و کنکور بر آموزش فیزیک،
شیوهٔ تألیف و برنامه‌ریزی کتب درسی،
هدایت پروژه‌های دانش‌آموزی،
آزمایشهای فیزیک.

از علاقه مندان به ارائهٔ مقاله در زمینه‌های فوق و یا سایر موضوعهای وابسته به آموزش فیزیک، دعوت می‌شود چکیدهٔ مقالهٔ خود را در حجمی حدود ۷۰۰ کلمه (حدود سه صفحهٔ تایپ نوشت) به نشانی دفتر انجمن فیزیک ایران در تهران ارسال دارند. درصفحهٔ اول عنوان مقاله، نام، نام‌خانوادگی، نشانی کامل، و شمارهٔ تلفن و در روی پاکت عبارت «مربوط به ششمین کنفرانس آموزش فیزیک» نوشته شود.

مهلت دریافت چکیده مقالات اول دی‌ماه ۱۳۷۵

جلسات پرسش و پاسخ

در این کنفرانس جلسات پرسش و پاسخ نیز برگزار می‌شود. خواهشمند است پرسشهای خود را تا پایان دیماه ۱۳۷۵ به دفتر انجمن فیزیک ارسال فرمایید.

شرکت در کنفرانس

«حق شرکت در کنفرانس و استفاده از خدمات علمی» برای اعضای انجمن فیزیک ایران ۲۵۰۰۰ ریال و برای افراد غیر عضو ۳۵۰۰۰ ریال، و برای دانشجویان در هر دو مورد نیم‌بها است. از اعضای انجمن درخواست می‌شود این مبلغ را در وجه انجمن فیزیک ایران به حساب شمارهٔ ۲۳۳۲ بانک صادرات، تهران، خیابان سهروردی جنوبی، شعبه شماره ۱۱۰۱ واریز و اصل فیش بانکی را همراه با پرسشنامهٔ تکمیل شدهٔ تقاضای شرکت (مندرج در پشت همین صفحه) به نشانی دبیرخانهٔ کمیتهٔ اجرایی کنفرانس در اهواز ارسال دارند. افراد غیر عضو مبلغ حق شرکت را پس از دریافت نامهٔ پذیرش مقدماتی از کمیتهٔ اجرایی کنفرانس، به حساب فوق واریز کرده و فیش مربوط را ارسال دارند، تا پذیرش قطعی آنها صادر شود.

نشانی کمیتهٔ اجرایی:

اهواز، امانیه، فلکهٔ ساعت، ادارهٔ کل آموزش و پرورش استان خوزستان. تلفن ۳۶۰۰۷۳ (۰۶۱)، فاکس ۳۶۳۰۵۵ و ۳۳۴۰۸۹ (۰۶۱)

نشانی کمیتهٔ علمی:

تهران، صندوق پستی ۱۳۱۱ ـ ۱۵۸۷۵، دفتر انجمن فیزیک، تلفن ۸۰۲۳۷۵۹، فاکس ۸۰۲۰۱۸۶ (۰۲۱)

پرسشنامه درخواست شرکت در ششمین کنفرانس آموزش فیزیک

اهواز

۹ تا ۱۱ فروردین ۱۳۷۶

برگزارکنندگان
انجمن فیزیک ایران
ادارهٔ آموزش و پرورش استان خوزستان
وزارت آموزش و پرورش

شمارهٔ عضویت در
انجمن فیزیک ایران

آخرین مهلت ارسال پرسشنامه اول بهمن ماه ۱۳۷۵

۱ـ نام خانوادگی .....
۲ـ نام .....
۳ـ شغل و محل خدمت .....
۴ـ سنوات خدمت .....
۵ـ رشته تحصیلی .....
۶ـ آدرس کامل پستی و شماره تلفن .....
.....

۷ـ آیا مایلید در این کنفرانس مقاله‌ای از کار خود را ارائه دهید؟ بله [ ] خیر [ ]
در صورت مثبت بودن پاسخ، چکیدهٔ مقالهٔ خود را مطابق مشخصات دعوت برای چکیده مقاله (در پشت همین برگه) حداکثر تا اول دی‌ماه ۱۳۷۵ به نشانی دفتر انجمن فیزیک / کمیته علمی کنفرانس (درتهران) ارسال فرمایید.
۸ـ آیا سئوالی در زمینه فیزیک دارید که مایلید به آن پاسخ داده شود؟ بله [ ] خیر [ ]
در صورت مثبت بودن پاسخ، سئوالهای خود را تا پایان بهمن ۱۳۷۵ به نشانی دفتر انجمن فیزیک / کمیتهٔ علمی (در تهران) ارسال فرمایید.
۹ ـ آیا مایل به اقامت در خوابگاه هستید؟ بله [ ] خیر [ ]
(خوابگاه توسط ادارهٔ کل آموزش و پروش استان خوزستان در مراکز تربیت معلم تأمین می‌شود.)

هزینهٔ خوابگاه و غذای کل دوره، روزانه سه وعده، برای هر نفر ۳۵۰۰۰ ریال است. این مبلغ در محل کنفرانس از شرکت‌کنندگان دریافت خواهد شد. هزینهٔ سایر خدمات توسط ادارهٔ کل آموزش و پرورش استان خوزستان تأمین خواهد شد.

به دلیل محدودیت جا، کمیتهٔ اجرایی از پذیرفتن همراه معذور است.

نشانی ارسال پرسشنامه:
اهواز، امانیه، فلکهٔ ساعت، ادارهٔ کل آموزش و پرورش استان خوزستان. تلفن ۳۶۰۰۷۳ (۰۶۱)، فاکس ۳۶۳۰۵۵ و ۳۳۴۰۸۹ (۰۶۱)
نشانی ارسال مقاله (دفتر انجمن فیزیک ایران):
تهران، صندوق پستی ۱۳۱۱ ـ ۱۵۸۷۵، دفتر انجمن فیزیک، تلفن ۸۰۲۳۷۵۹، فاکس ۸۰۲۰۱۸۶ (۰۲۱)

از فیش بانکی ارسالی یک کپی نزد خود نگاه دارید!

جایزه انجمن فیزیک ایران
به
دبیر برگزیده فیزیک ۱۳۷۶

انجمن فیزیک ایران هر دو سال یک‌بار جایزه‌ای به دبیر (یا دبیران) برگزیدهٔ فیزیک از سراسر کشور اهدا می‌کند. به دبیر برگزیده سال ۱۳۷۶ علاوه بر لوح تقدیر انجمن فیزیک و وجه نقد، وجهی نیز برای انجام اجرای طرحهای آموزشی اهدا خواهد شد.

گزینش دبیر برگزیده برمبنای نکات ومعیارهای زیر خواهد بود:

ایجاد انگیزه و علاقه در دانش‌آموزان در زمینهٔ فیزیک،	درصد قبولی دانش‌آموزان،
عشق ورزیدن به تدریس فیزیک،	نظر دانش‌آموزان،
کوشش در اعتلای کیفیت آموزش فیزیک،	نظر همکاران،
ابتکار و نوآوری در آموزش فیزیک،	نظر دانشجویان (در مورد دبیران سابق خودشان)،
انجام فعالیتهای فوق برنامه در آموزش فیزیک،	

از دبیران برجستهٔ فیزیک که خود را واجد شرایط در این گزینش می‌دانند در خواست می‌شود که شرح حال کامل خود ــ سوابق تدریس ــ مدارکی دال بر فعالیتهای علمی و آموزشی شاخص مانند درصد قبولی دانش‌آموزان؛ روشهای خاصی که در آموزش فیزیک به کار می‌گیرند؛ فهرست تألیفات، انتشارات، و ساخته‌ها؛ فعالیتهای فوق برنامه در زمینهٔ فیزیک؛ مقاله‌های ارائه شده در کنفرانسها؛ طرحهای آموزشی و ... را با ذکر نشانی کامل محل کار خود حداکثر تا تاریخ ۱۳۷۵/۱۰/۱۵ به دفتر انجمن فیزیک ایران (کمیتهٔ جوایز انجمن) ارسال کنند.

از دانش‌آموزان انتظار می‌رود با ارسال نظرات خود کمیتهٔ جوایز انجمن فیزیک را در انتخاب دبیر برگزیده سال یاری کنند.

از مسئولان و دست‌اندرکاران و دبیران آموزش و پرورش درخواست می‌شود چنانچه دبیران فیزیکی را شایسته و واجد شرایط جایزه می‌دانند نظرات خود را برای کمیته ارسال فرمایند.

از کلیه دانشجویان درخواست می‌شود چنانچه از میان دبیران سابق خود دبیری را واجد شرایط می‌دانند نظر مبسوط خود را برای کمیته ارسال کنند.

انجمن فیزیک ایران تا تاریخ ۱۳۷۵/۱۰/۱۵ پذیرای دریافت نظرهای دبیران، دانشجویان دانش‌آموزان و دست‌اندرکاران آموزش و پرورش خواهدبود.

کاندیداهای جایزهٔ دبیر برگزیدهٔ انجمن فیزیک در دو دورهٔ گذشته، و نیز برندگان قبلی جایزهٔ دبیر برگزیدهٔ انجمن فیزیک نمی‌توانند در این دوره کاندیدا شوند.

نشانی کمیته جوایز انجمن: تهران، صندوق پستی ۱۳۱۱ ــ ۱۵۸۷۵، انجمن فیزیک ایران، تلفن ۸۰۲۳۷۵۹، فاکس ۸۰۲۰۱۸۶ (۰۲۱)

بعضی از موضوعهای قابل بحث در ششمین کنفرانس آموزش فیزیک ایران

اهواز

۹ تا ۱۱ فروردین ماه ۱۳۷۶

۱ــ نقد و بررسی کتابهای درسی فیزیک.
۲ــ اهداف و روش تألیف کتابهای فیزیک دبیرستانی و پیش دانشگاهی.
۳ــ نحوهٔ طرح پرسشهای امتحانی و تأثیر آنها بر آموزش فیزیک.
۴ــ اهداف آموزش فیزیک در دوره‌های مختلف.
۵ــ اهداف آموزش فیزیکهای عمومی در سطح دانشگاه.
۶ــ برنامه‌ریزی درسی و تأثیر آن بر آموزش فیزیک در سطح دبیرستان و دانشگاه.
۷ــ طرح پدیده‌های طبیعی در آموزش فیزیک.
۸ــ پیوستگی آموزش فیزیک در دوره‌های راهنمائی و دبیرستان.
۹ــ پیوستگی آموزش فیزیک در دوره‌های دبیرستان و پیش دانشگاهی.
۱۰ــ پیوستگی آموزش فیزیک در دوره‌های پیش دانشگاهی و دانشگاه.
۱۱ــ المپیاد وتأثیر آن بر آموزش فیزیک.
۱۲ــ شیوهٔ برگزاری کنکور وتأثیر آن بر آموزش فیزیک.
۱۳ــ مسابقات علمی و تأثیر آن بر آموزش فیزیک.
۱۴ــ تازه‌های فیزیک.
۱۵ــ روشهای تدریس فیزیک دبیرستانی و دانشگاهی.
۱۶ــ هدایت پروژه‌های دانش آموزی.
۱۷ــ ضرورت، امکان و شیوهٔ راه‌اندازی آزمایشگاه مرکزی فیزیک در سطح ناحیه، شهر و استان.
۱۸ــ شیوهٔ انجام آزمایشهای فیزیک در دبیرستان.
۱۹ــ شیوه‌های ادغام تدریس عملی و نظری فیزیک در دبیرستان و دانشگاه.
۲۰ــ امکان راه‌اندازی کارگاههای ساخت و تعمیر وسایل آزمایشگاهی فیزیک در سطح ناحیه، شهر و استان.

موشکهای اپتیکی

دیوید واس (David Voss)

وقتی یک تپ خیلی قوی لیزری از محیطی می‌گذرد می‌تواند ضریب شکست را تغییر دهد، تا حدّی که مانند یک عدسی پرتوها را به قطر کمتری از خود خارج می‌کند (کانونی می‌کند) شباهت دارد. چنین پدیده‌ای را خود کانونی گویند. اگر یک لیزر با شدت زیاد از یک گاز بگذرد طوری که محیطش را یونیزه کند، (محیط را پلاسما کند)، پلاسمای تولید شده نیز می‌تواند انتشار نور را تغییر دهد اگر چه در این مورد اثر به صورت پخش نور (واکانونی) است. (علاوه بر پراش معمولی)

برای گستره‌ای از شدت لیزر این امکان وجود دارد که اثرات خود کانونی و واکانونی با هم در توازن باشند، که به عبور پایدار نور از یک کانال باریک می‌انجامد. کارهای اخیر گروه مورو (Mourou) و

همکارانش در دانشگاه میشیگان این مطلب را نشان می‌دهد و این نتایج خود کانالی (Self - Channeling) نور لیزر را در یک فاصله ۲۰ متری نمایش می‌دهد.

قسمتی از تکنولوژی لیزر این امکان را فراهم می‌سازد. گروه مورو از یک لیزر تیتانیم ــ یافوف با تپ تقویت شده جیرجیری برای تولید ۱۰۰ تپ با انرژی ۵۰mj در طول موج ۷۷۵nm استفاده کرده‌اند. در تپ تقویت شده «مؤلفه‌های طیفی تپ لیزر در فضا را یک جفت توری پراش گسترش می‌دهند» و سبب می‌شود که توان قله کاهش یابد و مراحل تقویت‌کنندهٔ بالا انرژی را بصورت کارآمدی افزایش دهد و طیف گسترش یافته پس از تقویت شدن به کمک یک جفت توری دیگر بصورت یک تپ لیزری شدید کوتاه مدت متراکم می‌شود، با این روش تپهای لیزری تا ۱۰۰Tw(تراوات) تولید می‌شوند. یران (Braun) و همکارانش دریافتند توان بحرانی برای خود کانونی در هوا حدود ۱۰GW برای تپهای با انرژی ۲mj است. در انرژی ۱۵mj یک پرتو لیزر همگن در فضا یک کانال رشته‌ای باریک با قطر ۸۰mm تشکیل می‌دهد. این محققین تولید نور سفید در امتداد کانال و تابش غیرمحوری، مخروطی رنگی که بصورت حلقه‌هایی نشان داده شده است را گزارش کرده‌اند.

بجای گلولهٔ اپتیکی گروه میشیگان با اشاره به انتشار تپ آنرا موشک اپتیکی نامیده است زیرا اعتقاد دارند انرژی تپ را انرژی اپتیکی زمینه که خارج از کانال منتشر می‌شود پیوسته از نوتأمین می‌کند.

ترجمهٔ احمد احمدی

مرجع:

Science , 5 Jan 96, P.42.

کتابهای تازه

فیزیک

۱ ــ مبانی فیزیک، تألیف فرانک. ج. بلت، انتشارات فاطمی

این کتاب در چهار جلد منتشر شده است. جلد اول را که مکانیک است مهران اخباریفر، جلد دوم مربوط به سیالات، حرارت، و امواج، و جلدسوم دربارهٔ الکتریسیته، مغناطیس، و الکترومغناطیس را محمد خرمی و جلد چهارم را که مربوط به نور و فیزیک نوین است ناصر مقبلی ترجمه کرده‌اند.

این کتاب که به عنوان کتاب درسی فیزیک برای رشته‌های غیر فیزیک نوشته‌شده است برای دانش‌آموزان سالهای آخر دبیرستان و دوره‌های پیش‌دانشگاهی نظام جدید آموزش متوسطه، دانشجویان فیزیک دانشسراها و مراکز تربیت معلم و دانشجویان رشته کاردانی مفید است. از ویژگیهای کتاب تأکید فراوان بر مفاهیم و ماهیت پدیده‌های فیزیکی و اجتناب از فرمولهای پیچیده است. از این جهت کتاب به خوانندگان کمک می‌کند تا بینش شهودی خود را دربارهٔ فیزیک توسعه دهند. ویژگی دیگر کتاب مسئله‌های فراوان آن است و کتاب نه تنها حل مسئله‌های فیزیکی بلکه چگونگی برخورد با مسائل را نیز آموزش می‌دهد. برای کمک بیشتر خوانندگان به درک مفاهیم پرسشهای کیفی چند گزینه‌ای نیز در آخر هر فصل کتاب آمده‌است تا خوانندگان بتوانند اطمینان حاصل کنند که مفاهیم جدید را به خوبی فراگرفته‌اند.

۲ ــ گونیک، لری و هافمن، آرت، فیزیک به زبان ساده، ترجمهٔ مجید ملکان چ ا، تهران، نشر نی، ۱۳۷۵، ۲۱۶ ص، ۵۵۰۰ ریال

فهرست مطالب : بخش اول : مکانیک : حرکت، ماه و سیب، حرکت پرتابی، حرکت ماهواره و بی‌وزنی، مدارهای دیگر، قانون سوم نیوتون، مطالبی بیشتر دربارهٔ نیروها، اندازه حرکت و ضربه، انرژی، برخورد و چرخش. بخش دوم : الکتریسیته و مغناطیس : بارالکتریکی، میدانهای الکتریکی، خازن، جریانهای الکتریکی، متوالی و موازی، میدان مغناطیسی، آهنربای دائمی، القاءفارادی، نسبیت، القاء گرها، AC و DC ، معادله‌های ماکسول و نور، الکترودینامیک کوانتومی.

بهسامان

بهسامان (بهینه‌سازی مصرف انرژی) نشریهٔ ماهانهٔ سازمان بهره‌وری انرژی ایران است که از سوی وزارت نیرو در دو صفحه منتشر می‌شود و گزارش‌های ارزنده‌ای از میزان مصرف انرژی در ایران و جهان دارد. از آنجا که این گزارش‌ها عمداً به نحوی با علم فیزیک نیز ارتباط دارد گزیده‌ای از شماره‌های ۸ و ۹ و ۱۰ بهسامان را برای اطلاع خوانندگان خود نقل می‌کنیم.

رشد فیزیک

مدیریت انرژی و بار در کارخانجات

صنایع ایران مصرف‌کنندهٔ بیش از ۲۷ درصد از کل مصرف انرژی در کشور هستند. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که با منطقی کردن مصرف انرژی در صنایع حداقل می‌توان به ۲۵ تا ۳۰ درصد صرفه‌جویی در آنها دست یافت که با توجه به ارزش بالای انرژی، سرمایه بزرگی را برای کشور تشکیل می‌دهند. به‌طورکلی هزینهٔ ناشی از مصرف بی‌رویه و نادرست انرژی در کشور در حدود ۵ میلیارد دلار در سال برآورد شده است. این مصرف نادرست هزینه بسیار زیادی نیز به لحاظ آلودگی محیط‌زیست به همراه دارد.

بدیهی است که با توجه به این شدت مصرف، قیمت‌های انرژی روزبه‌روز افزایش خواهند یافت. برنامه دوم توسعه اقتصادی پیش‌بینی کرده است که بهای گاز و برق سالانه ۲۰ درصد افزایش یابند. بنابراین لازم است مصرف‌کنندگان صنعتی برای آنکه زیانی از این افزایش نبینند، دست به اقدامات لازم برای مدیریت انرژی در کارخانجات خود بزنند. ایجاد واحدهای انرژی قدمی در این راه است. اما مدیریت انرژی نیاز به استفاده از تجربهٔ سایر کشورها و همچنین بهره‌برداری از آخرین تکنولوژی‌های موجود در جهان برای اندازه‌گیری‌ها، ارزیابی‌ها و تحلیل‌های مناسب دارد. در این راستا، سازمان بهره‌وری انرژی ایران با برخورداری از کادر مجرب و دستگاههای لازم، از سوی معاونت امور انرژی وزارت نیرو مأموریت یافته است تا پس از بررسی‌ها و مطالعات لازم در هریک از شاخه‌های صنعتی (صنایع غذایی، دارویی، فلزی، ماشین‌سازی ...) یک یا چند کارخانه را انتخاب کرده و به صورت رایگان دست به مدیریت انرژی و بار در آنها بزنند. نتایج این ممیزی که به صورت تفصیلی در اختیار کارخانه مزبور قرار می‌گیرد می‌تواند برای آن کارخانه بسیار مفید باشد. به‌علاوه نتایج پروژه نیز به‌صورت دستورالعمل‌ها و رهنمودهای فنی تنظیم و تدوین شده و به کلیه کارخانجات مشابه ارائه می‌گردد. نخستین کارخانجات برای مدیریت انرژی و بار در حال حاضر انتخاب شده‌اند و با مدیریت آنها برای هماهنگی‌های لازم تماس گرفته شده است. سایر کارخانجات نیز می‌توانند برای کسب اطلاعات در مورد تشکیل واحدهای انرژی یا انجام مدیریت انرژی و بار با سابا تماس بگیرند.

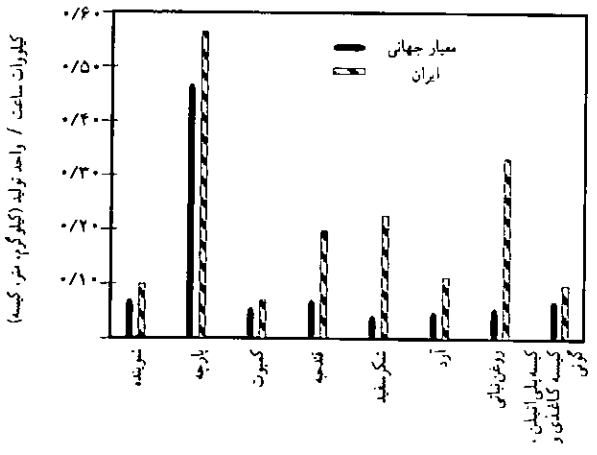
نمودار ماه:

مقایسه شدت انرژی چند محصول در ایران با معیارهای بهینهٔ جهانی

بررسی‌های انجام شده نشان داده‌اند شدت انرژی الکتریکی مصرفی محصولات در ایران در مقایسه با معیارهای بهینه جهانی در اغلب موارد بسیار بالا هستند. در نمودار زیر می‌بینیم که فاصله با معیارهای جهانی به‌ویژه در صنایع غذایی بسیار زیاد است. علت اصلی این امر را می‌توان قدمت ماشین‌آلات در صنایع غذایی کشور دانست. پس از ۴۰ سال، بسیاری از این کارخانه‌ها همچنان در حال کارند. در این مورد نه فقط طراحی اولیهٔ آنها بهینه نبوده بلکه عدم انجام سرویسهای لازم، شدت انرژی مصرفی در این واحدهای حساس و آسیب‌پذیر را افزایش می‌دهد.

شدت مصرف انرژی در صنایع تولیدی شوینده‌ها، پارچه و صنایع وابسته کاغذ به معیارهای جهانی نسبتاً نزدیک است. البته باید توجه داشت که در فرآیند ساخت کاغذ، ۹۰ درصد مصرف انرژی حرارتی را خشک‌کننده‌های کاغذ به خود اختصاص می‌دهند. بیشترین مقدار انرژی الکتریکی نیز به مصرف موتورهای الکتریکی، پمپهای مواد اولیه و پمپهای آب‌وهوا می‌رسد.

در صنایع ذکر شده، طراحی یا عملکرد بهینه دیگ‌های بخار، مصرف بهینه بخار و آب گرم، حداکثر بازیافت حرارت ممکن از فرآیندهای تولید، کاهش تلفات حرارتی و بهره‌برداری بهینه از موتورهای الکتریکی به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند. در مدیریت انرژی، اندازه‌گیری و داشتن اطلاعات دقیق مصرف، تحلیل و برنامه‌ریزی برمبنای آن و بکارگیری برنامه‌های آموزش کاربردی یک امر ضروری و اساسی است.



مدیریت انرژی در فیلیپین

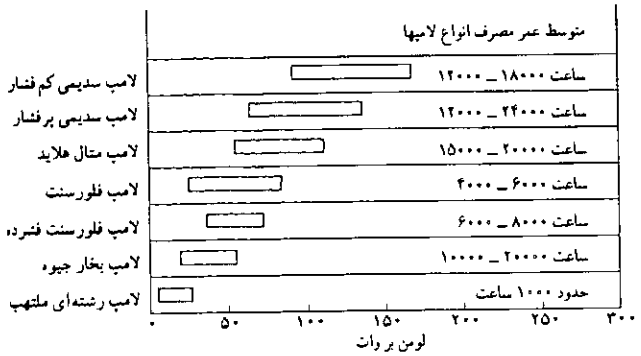
برنامه صرفه جویی انرژی در فیلیپین از دهه ۱۹۸۰ آغاز شد. در این برنامه که از سال ۱۹۹۱ به‌وسیله دپارتمان انرژی فیلیپین (DOE) سازمان بیشتری یافته است راهبردهای صرفه‌جویی انرژی، بر چهار محور ۱ـ آموزش ۲ـ نظارت بر مصرف انرژی ۳ ـ خدمات مشاوره‌ای و مهندسی ۴ ـ تدوین استانداردهای کارآیی انرژی و نصب برچسب کارآیی در تجهیزات انرژی بر، استوار شده است. تاکنون ممیزی انرژی در بیش از ۷۰۰ کارخانه با کمک سازمان‌های بین‌المللی نظیر بانک توسعه آسیا، برنامه توسعه سازمان ملل (UNDP) وسازمان توسعه صنعتی ملل متحد (UNIDO) انجام گرفته است. به‌علاوه با انجام پروژه‌های نمونه، راه‌های گوناگونی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی تدوین شده است. برآوردهای انجام شده نشان می‌دهد که ۶۰ درصد از صنایع پس از ممیزی، توصیه‌های کارشناسان انرژی را به‌کار بسته‌اند. این اقدامات باعث شده که سالانه بیش از ۸۰ میلیون دلار صرفه‌جویی گردد.

در قانون صرفه‌جویی انرژی فیلیپین پیش‌بینی شده است که مؤسسات صنعتی، تجاری یا حمل و نقل که بیشتر از یک میلیون لیتر در سال سوخت مصرف می‌کنند، در هر فصل یک گزارش دربارهٔ مصرف خود به دپارتمان انرژی ارسال کنند. مصرف‌کنندگان انرژی بیش از ۲ میلیون لیتر سوخت در سال، علاوه بر این گزارش موظفند یک طرح صرفه‌جویی انرژی نیز ارائه دهند و اهداف کارآیی انرژی را در آن مشخص نمایند. (شهریور ۷۵)

نمودار ماه: بهرهٔ روشنایی انواع لامپها

نمودار مقابل، بهرهٔ روشنایی انواع لامپها یا به عبارتی میزان روشنایی به‌ازای انرژی مصرفی (لومن‌بروات) و نیز عمر متوسط لامپهای مذکور را نشان می‌دهد. لامپهای معمولی (رشته‌ای ملتهب) کم بازده‌ترین لامپهای مصرفی‌اند و قریب ۹۵ درصد از انرژی مصرفی در این لامپها بصورت تشعشع امواج با طول موج مادون قرمز به گرما تبدیل می‌شود. در صورتی که در لامپهای فلورسنت فشرده این مقدار کمتر از ۲۰ درصد است.

با توجه به اینکه حدود ۲۰ درصد برق تولید شده در کشور به مصرف روشنایی می‌رسد و ۶۹ درصد از این مقدار به منظور روشنایی خانگی مصرف می‌شود، لزوم استفاده از لامپهای کم مصرف جدید و رعایت اصول صحیح مصرف در سیستم‌های روشنایی ضروری است. از لامپهای معمولی، فلورسنت و فلورسنت فشرده به‌طور عمده در مصارف خانگی و تجاری استفاده می‌شود اما در صنایع، به‌علت بزرگی فضای کار و نیاز به روشنایی بیشتر، محدودیت‌های تعویض لامپها، تعداد بیشتر لامپها، زمان بیشتر استفاده از لامپ‌ها و بالطبع مصرف بیشتر انرژی، استفاده از لامپهای متال هلاید و سدیمی پرفشار توصیه می‌گردد. علاوه بر لامپهای فوق استفاده از لامپهای بخار جیوه در صنایع شیمیایی، نیروگاهها، آزمایشگاهها و صنایع خودروسازی نیز مناسب است. همچنین توصیه می‌شود از لامپهای سدیمی کم فشار نیز در صنایع فولاد، ریخته‌گری و صنعت سیمان استفاده شود.



مدیریت انرژی در فدراسیون روسیه:

فدراسیون روسیه یکی از بزرگترین صادرکنندگان انرژی در دنیاست، با این وجود در سالهای اخیر بحران‌های سیاسی در این کشور سبب نابسامانی شدیدی در زمینه انرژی شده است. صادرات نفتی کاهش‌یافته و آلودگی ناشی از مصرف نادرست انرژی سلامتی بخش بزرگی از شهروندان روس را به خطر انداخته است.

اقدامات مدیریت انرژی در روسیه از ابتدای دهه ۹۰ میلادی آغاز شد و از ماه مه ۱۹۹۵ با حکم ریاست جمهوری وارد مرحله تازه و گسترده‌ای گشت. پتانسیل کلی صرفه‌جویی انرژی در این کشور حدود ۳۰ درصد مصرف برآوردشده است و بنابر مطالعات انجام شده، تجدید سازمان صنایع به شدت انرژی‌بر باید در رأس اقدامات مدیریت انرژی قرار گیرد. پیش‌بینی می‌شود که با اجرای این اقدامات بتوان در سال ۱۹۹۷ نرخ شدت انرژی را تثبیت کرد و تا سال ۲۰۱۰ این نرخ را ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش داد. به این منظور ورود تکنولوژی‌های نو و جایگزینی تأسیسات کهنه از مهم‌ترین اقدامات به حساب می‌آید.

مهم‌ترین موارد مطرح درسیاست عمومی انرژی روسیه عبارتند از تنظیم قیمتها در سطح فدرال و منطقه‌ای، بهبود سیاست عوارض و مالیاتهای مربوط به انرژی، حمایت از ساخت تسهیلات بزرگ انرژی و پروژه‌های بهینه‌سازی، کمک به تولیدکنندگان زغال سنگ، کمک به خانواده‌های کم درآمد برای رفع بی‌آمدهای حذف یارانه‌ها، اجرای برنامهٔ فدرال «سوخت و انرژی»، سرمایه‌گذاری در زمینهٔ برنامه‌های علمی و فنی.

در راستای این سیاست عمومی در زمینهٔ بهینه‌سازی مصرف انرژی اقدامات زیر انجام گرفته است:

تشکیل نهادهای منطقه‌ای مسؤول توسعه و اجرای سیاست کارآیی انرژی، توسعه قوانین منطقه‌ای برای حمایت از کارآیی انرژی، تشکیل مراکز اطلاعاتی برای پشتیبانی اطلاعاتی از برنامه‌های کارآیی انرژی، تدوین و اجرای برنامه‌های آموزشی.

مرکز کارآیی انرژی (CENEF) که در سال ۱۹۹۲ تأسیس شده مهم‌ترین مؤسسه غیرانتفاعی است که در همکاری با دولت اجرای برنامه‌های بهینه‌سازی را از جمله در تدوین برچسب کارآیی انرژی، تدوین قوانین و استانداردهای ممیزی انرژی و سازمان‌دهی بانک‌های اطلاعاتی برعهده دارد. (مهر ۷۵)

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

ارزشیابی دروس فیزیک ۱، ۲، ۳، ۴ نظام جدید آموزش متوسطه از دید دبیران و دانش آموزان

دکتر علیرضا کیامنش دانشیار دانشگاه تربیت معلم
غلامعلی احمدی، کارشناس مسؤول گروه متوسطه
دفتر برنامه ریزی و تألیف کتابهای درسی

مقدمه:

حاصل تلاش برای ارزشیابی فعالیتهای مختلف نظام آموزش متوسطه در طی سه سال اول اجراء نظام به انتشار چهار گزارش جامع از مجموعه فعالیتهای این نظام انجامید. در این ارزشیابی‌ها بررسی کتابهای درسی جدیدالتألیف از دید دبیران و دانش‌آموزان و بررسی عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در این دروس همواره مورد توجه قرار گرفته است. در چهار بررسی بعمل آمده عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در دروس فیزیک ۱ تا ۴ در کنار سایر دروس با استفاده از فهرست نمرات دبیران در مدارس مختلف جمع‌آوری و تحلیل گردیده است. از آنجا که تمام مراحل امتحان یک واحد درس فیزیک در هر مدرسه به‌صورت مستقل توسط دبیر یا دبیران مدرسه صورت گرفته است، لذا از نمرات حاصل از امتحانات با سؤالهای متفاوت و شیوه‌های متفاوت نمره‌گذاری و تصحیح نمی‌توان با اطمینان کامل برای مقایسه استفاده نمود. علاوه بر این محدودیت باید به این مسأله نیز توجه نمود که اطلاعات مربوط به کتابهای درسی از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شده است. اگرچه مطالعات انجام شده در زمینه میزان پایایی نظرات دبیران ۹ درس از دروس عمومی نظام جدید در سه ارزشیابی متوالی بیانگر پایایی نسبتاً بالا و قابل قبول نظرات این افراد در سه زمان متفاوت می‌باشد (کیامنش و موسی پور در دست چاپ)، با وجود این اطلاعات حاصل از پرسشنامه را باید با احتیاط کامل مورد استفاده و بهره‌برداری قرار دارد.

درس فیزیک (۱) به ارزش ۲ واحد درسی جزء دروس عمومی الزامی تمام دانش‌آموزان نظام جدید است. این درس در نیم سال اول یا نیم سال دوم سال اول تحصیلی دانش‌آموزان در دوره متوسطه ارائه می‌شود. درس فیزیک (۲) به ارزش ۲ واحد درسی و فیزیک (۳) به ارزش ۲ واحد درسی جزء درس تخصصی رشته‌های ریاضی فیزیک و علوم تجربی می‌باشد، و درس فیزیک (۴) به ارزش ۲ واحد درس تخصصی رشته ریاضی فیزیک است.

هدف ارزشیابی

تغییرات ایجاد شده در برنامه درسی دانش‌آموزان دوره متوسطه و بها دادن به آموزش علوم، عمومی کردن درس فیزیک (۱) برای تمام دانش‌آموزان دوره متوسطه، جدید بودن محتوی کتابهای درسی، علوم تجربی دبیران در تدریس نظام نیم سال و کتابهای جدید، احتمالاً در عمل مسائل و مشکلاتی را بوجود می‌آورد. این مسائل و مشکلات باید از طریق مطالعه همه جانبه مورد شناسایی قرار گرفته و جهت رفع مشکلات و اصلاح روند کار چاره‌اندیشی نمود. در ۴ ارزشیابی انجام شده کتابهای درسی و از جمله کتابهای فیزیک به‌عنوان بخشی از فعالیتهای عمل ارزشیابی مورد بررسی قرار گرفته است. در این مقاله بخشی از یافته‌های حاصل از سه بار ارزشیابی کتاب فیزیک (۱)، دوبار ارزشیابی کتاب فیزیک (۲) و یک بار ارزشیابی کتابهای فیزیک ۳ و ۴ مجدداً مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و ارائه شده است.

یافته‌های حاصل از اطلاعات جمع‌آوری شده

الف: فیزیک (۱)

نظرات ۱۵۱۰ نفر دبیر درس فیزیک (۱) در سه ارزشیابی متوالی (نیم سال اول ۷۲ـ۷۱، نیم سال دوم ۷۲ـ۷۱ و نیم سال دوم ۷۳ـ۷۲) در ارتباط با جنبه‌های مختلف محتوی کتاب و دوره‌های آموزش ضمن خدمت از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید. در اولین ارزشیابی ۴۹۵ نفر دبیر (۱۴۲ نفر زن و ۳۵۳ نفر مرد) به سؤالهای پرسشنامه پاسخ داده بودند. از این تعداد ۴۶۶ نفر لیسانس و ۴ نفر مدرک فوق لیسانس داشته‌اند. و مدرک تحصیلی بیش از ۹۰ درصد آنان فیزیک بوده است.

در دومین ارزشیابی ۵۱۱ نفر دبیر (۱۶۴ نفر زن و ۳۴۷ نفر مرد) به سؤالهای پرسشنامه پاسخ داده بودند که از این تعداد مدرک ۴۶۶ نفر لیسانس و ۵ نفر فوق‌لیسانس بوده است. در سومین ارزشیابی ۴۶۴ نفر دبیر (۱۴۱ نفر زن و ۳۱۳ نفر مرد) به سؤالهای پرسشنامه پاسخ داده بودند. از این تعداد مدرک تحصیلی ۴۴۰ نفر لیسانس و ۱۰ نفر فوق‌لیسانس بوده است. درنتیجه از ۱۵۱۰ نفر شرکت‌کننده در سه ارزشیابی مدرک تحصیلی ۱۳۷۲ نفر (۹۰/۸۶ درصد) لیسانس و ۱۹ نفر (۱/۲۵ درصد) فوق‌لیسانس بوده است.

در ارتباط با ۹ ویژگی کتاب نظرات ۴۹۵ نفر دبیر در اولین ارزشیابی، ۵۱۱ نفر دبیر در دومین ارزشیابی و ۴۶۴ دبیر در سومین ارزشیابی جمع‌آوری گردید. از مقایسه نظرات دبیران در ارتباط با ویژگیهای مورد بررسی چنین بنظر می‌رسد که محتوی کتاب با آموخته‌های قبلی دانش‌آموزان هماهنگی مناسبی ندارد. در ارزشیابی اول و دوم ۱۱ درصد دبیران و در ارزشیابی سوم حدود ۱۴ درصد دبیران میزان هماهنگی را مناسب بیان کرده‌اند. همچنین دبیران میزان هماهنگی بین حجم کتاب و ساعات تدریس کتاب (۱۵ هفته آموزش) را پایین بیان کرده‌اند در سه ارزشیابی به‌ترتیب ۱۴، ۱۹ و ۱۰ درصد دبیران میزان هماهنگی را قابل قبول بیان کرده‌اند. پس از دو ویژگی بالا، میزان «ساده بودن عبارات متن کتاب» و «تناسب محتوی کتاب با شرایط سنی دانش‌آموزان» از نظر دبیران چندان رضایت‌بخش نیست. ویژگی میزان ساده بودن عبارات متن کتاب به‌ترتیب توسط ۱۶، ۱۶ و ۲۱ درصد دبیران و میزان «تناسب محتوی کتاب با شرایط سنی» به‌ترتیب توسط ۱۹، ۱۹ و ۱۸ درصد دبیران زیاد بیان شده است. نظر دبیران در ارتباط با ۹ ویژگی کتاب در سه ارزشیابی بعمل آمده در جدول شماره یک ارائه شده است.

جدول شماره یک
اظهارنظر دبیران درس فیزیک (۱) در سه ارزشیابی متوالی
در مورد کتاب فیزیک (۱)

ویژگی کتاب	ارزشیابی از کتاب فیزیک (۱)		
	بار اول	بار دوم	بار سوم
ساده و روشن بودن محتوی	۲۶	۲۵	۳۲
قابل فهم بودن محتوی	۱۶	۱۶	۲۱
گیرا و جذاب بودن محتوی	۳۰	۲۶	۲۴
تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان	۱۹	۱۸	۱۸
میزان پرورش قدرت تفکر	۲۵	۱۹	۲۰
استفاده از تصاویر در کتاب	۶۱	۵۱	۵۸
هماهنگ بودن محتوی با آموخته‌های قبلی دانش‌آموزان	۱۱	۱۱	۱۴
هماهنگی محتوی با ساعات درسی	۱۴	۱۹	۱۰
علمی بودن محتوی	۵۴	۴۲	۴۱

* ـ ارقام داخل جدول درصد دبیرانی را نشان می‌دهد که میزان ویژگی زیاد را بیان کرده‌اند.

بالاترین درصد قابل قبول توسط دبیران به‌ویژگی میزان «استفاده از تصاویر در کتاب» (به‌ترتیب ۶۸، ۵۱ و ۵۸ درصد) و ویژگی «علمی بودن محتوی کتاب» (به‌ترتیب ۵۴، ۴۲ و ۴۱ درصد) اختصاص پیدا کرده است. از ۴۷۶ دبیر فیزیک (۱) مورد پرسش در نیم سال دوم ۷۲ـ۷۱ که درس فیزیک (۱) را در نیم سال اول تدریس کرده بودند، حدود ۵۲ درصد (۲۴۹ نفر) نتوانسته‌اند محتوی کتاب را در ۱۵ هفته بطور کامل تدریس کنند، از دبیران مورد پرسش در نیم سال دوم سال تحصیلی ۷۳ـ۷۲، حدود ۵۲ درصد نتوانسته‌اند در نیم سال دوم ۷۲ـ۷۱ محتوی کتاب را بطور کامل تدریس کنند و ۴۳ درصد همین دبیران در نیم سال دوم ۷۳ـ۷۲ نتوانسته‌اند محتوی کتاب را بطور کامل تدریس کنند.

عوامل مؤثر در عدم موفقیت دبیران در تدریس کتاب در سه ارزشیابی به‌عمل آمده کمبود وقت آموزش، حجم زیاد کتاب، ضعیف بودن معلومات پایه درسی دانش‌آموزان، و سنگین بودن محتوی کتاب گزارش شده است. علاوه بر چهار عامل یاد شده در بالا در ارزشیابی دوم و سوم به عامل تراکم زیاد دانش‌آموز در کلاس و در ارزشیابی دوم به‌وجود تفاوتهای فردی در کلاس نیز اشاره شده است.

به‌منظور محاسبه ضریب پایایی پاسخهای داده شده توسط دبیران در سه ارزشیابی متفاوت، اطلاعات مندرج در جدول شماره یک به رتبه تبدیل شده و ضریب همبستگی رتبه‌ای بین نظر دبیران در سه ارزشیابی محاسبه شده است. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که میزان ارتباط بین نظر دبیران در اولین و دومین ارزشیابی ۰/۹۳ بین اولین و سومین ارزشیابی ۰/۹۲ و بین دومین و سومین ارزشیابی ۰/۸ می‌باشد. ضرایب محاسبه شده در سطح یک درصد معنی‌دار هستند. با توجه به معنی‌دار بودن ضرایب محاسبه شده در سطح کمتر از یک درصد می‌توان پذیرفت که نظر دبیران در سه ارزشیابی مختلف در ارتباط با عوامل مورد بررسی ثابت و یکنواخت می‌باشد.

در نیم سال اول ۷۲ـ۷۱ از ۲۲۶۲ نفر دانش‌آموز تعداد ۱۵۷۹ نفر یادگیری (۶۹/۸ درصد) درس فیزیک (۱) را مشکل بیان کرده‌اند. این درصد برای دانش‌آموزان دختر ۶۳/۹۹ درصد و برای دانش‌آموزان پسر ۷۴/۵۹ درصد بوده است. به عبارت دیگر دانش‌آموزان پسر بیش از دانش‌آموزان دختر درس فیزیک (۱) را مشکل می‌دانند. ضمناً تعداد ۲۲۷ نفر از دانش‌آموزان (حدود ۱۰ درصد) حجم مطالب کتاب فیزیک (۱) را زیاد بیان کرده‌اند.

متوسط عملکرد تعداد ۵۴۶۹۰ نفر دانش‌آموزان درس فیزیک (۱) در نیم سال اول ۷۲ـ۷۱ برابر ۱۰/۶۳ و نمره ۳۳/۱۴ درصد از این افراد (۱۸۱۲۴ نفر) از ۱۰ کمتر گزارش شده است. متوسط عملکرد تعداد ۵۳۸۰۹ نفر دانش‌آموز در نیم سال دوم همین سال برابر ۱۰/۴۳ و درصد افراد با نمره کمتر از ده ۳۴/۷۹ درصد (۱۸۷۲۳ نفر) گزارش شده است. در نیم سال اول ۷۳ـ۷۲ متوسط عملکرد و درصد افراد با نمره کمتر از ۱۰ به ترتیب برای ۱۲۸۸۴۱ نفر دانش‌آموز به ترتیب ۱۰/۴۱ و ۳۴ درصد (۴۳۸۰۶ نفر) و در نیم سال دوم برای ۶۸۶۸۰ نفر دانش‌آموز به‌ترتیب ۱۰/۴۳ و ۳۴ درصد (۲۳۳۵۱ نفر) گزارش شده است. به این ترتیب دامنه تغییر معدل در چهار نیم سال متوالی ۰/۲۳ نمره و دامنه تغییر درصد افراد با نمره کمتر از ۱۰ برابر ۱/۶۵ درصد می‌باشد.

نزدیک بودن معدل عملکرد دانش‌آموزان و همچنین افت تحصیلی در چهار نیم سال متوالی، بخصوص با توجه به شیوه امتحان و نمره‌گذاری در سال اول نظام جدید را می‌توان تا حدودی نشانه وضعیت واقعی عملکرد دانش‌آموزان در این درس دانست.

در درس فیزیک (۱) و در طول چهار نیم سال تحصیلی ارائه درس تعداد ۳۰۶۰۳۰ نفر دانش‌آموز در کلاسهای این درس شرکت داشته‌اند. از این تعداد، ۱۲۶۳۰۳ نفر یک بار، ۵۹۷۷ نفر دو بار، ۴۳۳ نفر سه بار و ۲۶ نفر چهار بار نمره کمتر از ۱۰ گرفته‌اند.

ب: فیزیک (۲)

در نیم سال دوم سال تحصیلی ۷۳ـ۷۲ تعداد ۱۲۰ نفر دبیر (۳۹ نفر زن و ۸۱ نفر مرد) به سؤالهای پرسشنامه درسی فیزیک (۲) پاسخ داده بودند. ۳۷ نفر از دبیران زن و ۷۸ نفر از دبیران مرد دارای مدرک لیسانس و یک نفر از هر دو گروه نیز دارای مدرک فوق‌لیسانس بوده‌اند. در نیم سال دوم سال تحصیلی ۷۴ـ۷۳ تعداد ۱۹۶ نفر دبیر (۱۹۰ نفر لیسانس و ۲ نفر فوق‌لیسانس) به سؤالهای پرسشنامه پاسخ داده‌اند. درنتیجه نظر ۳۱۶ نفر دبیر در دو ارزشیابی به‌عمل آمده (۳۰۵ نفر لیسانس یا ۹۶/۵۲ درصد و ۴ نفر فوق‌لیسانس یا ۱/۲۶ درصد) جمع‌آوری گردیده است.

حدود ۶۰ درصد از دبیران نیم سال دوم ۷۳ـ۷۲ (۶۶ نفر) و حدود ۶۰ درصد از دبیران مورد پرسش در نیم سال دوم ۷۴ـ۷۳ (۱۰۹ نفر) در دوره‌های آموزش ضمن خدمت درس فیزیک (۲) شرکت داشته‌اند.

مشکلات آموزشهای ضمن خدمت از نظر اولین گروه دبیران، کوتاه بودن طول دوره و بی‌ارتباط بودن محتوی دوره با نیازهای دبیران ذکر شده است. در این دوره مدرسین بیشتر به پاسخگویی به ابهامات دبیران در ارتباط با محتوی کتاب و یا به توضیح محتوی کتاب پرداخته‌اند.

دومین گروه دبیران یعنی پاسخ‌دهندگان به سؤالهای سومین ارزشیابی نیز مشکلات آموزشهای ضمن خدمت را کوتاه بودن طول دوره، عدم تسلط مدیریت بر محتوی کتاب، بی‌ارتباط بودن محتوی دوره با نیازهای آموزشی خود، و عدم انجام فعالیتهای عملی ذکر کرده‌اند. بنظر این افراد در دوره‌های آموزش ضمن خدمت مدرسین بیشتر به توضیح محتوی کتاب، بالا بردن سطح اطلاعات علمی و تخصصی دبیران و پاسخگویی به ابهامات دبیران می‌پردازند. این افراد پیشنهاد کرده‌اند که علاوه بر عوامل مربوط به دوره‌های آموزش ضمن خدمت باید به روشهای تدریس، انجام فعالیتهای عملی، معرفی کتابها و مطالب جنبی و بررسی محتوی کتاب بهای بیشتری داده شود.

نظر دبیران فیزیک (۲) در ارزشیابی دوم و سوم در ارتباط با ۹ ویژگی کتاب فیزیک (۲) در جدول شماره ۲ ارائه شده است. اگرچه به‌دلیل متفاوت بودن گزینه‌های پرسشنامه‌های بکار رفته در دو ارزشیابی (سوم و چهارم) نمی‌توان درصدهای بدست آمده را با هم مقایسه نمود ولی از مقایسه درصدهای بدست آمده در ارزشیابی سوم برای کتابهای فیزیک (۱) و (۲) مشخص می‌شود که از نظر دبیران کتاب فیزیک (۲) از کتاب فیزیک (۱) وضعیت بهتری دارد. در بسیاری موارد نظیر ساده و روشن بودن محتوی، قابل فهم بودن محتوی، تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان، هماهنگ بودن محتوی با آموخته‌های قبلی دانش‌آموزان و هماهنگی محتوی با ساعات تدریس بیش از ۱۰ درصد می‌باشد.

در ارزشیابی سوم یا اولین ارزشیابی از کتاب فیزیک (۲)، محتوی کتاب از نظر میزان ساده و روشن بودن محتوی توسط ۴۶ درصد دبیران، میزان قابل فهم بودن محتوی توسط ۳۲ درصد دبیران، میزان تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان توسط ۴۰ درصد دبیران، هماهنگ بودن محتوی با آموخته‌های قبلی دانش‌آموزان توسط ۳۳ درصد و میزان علمی بودن محتوی توسط حدود ۴۶ درصد و میزان استفاده از تصاویر در محتوی کتاب توسط حدود ۵۸ درصد دبیران «زیاد» بیان شده است. وضعیت اظهارنظر دبیران در دومین ارزشیابی از محتوی کتاب نیز کم و بیش مشابه اولین ارزشیابی می‌باشد.

در اولین ارزشیابی از کتاب فیزیک (۲) از ۱۱۹ نفر دبیر ۱۰۱ نفر (۸۵ درصد) محتوی کتاب را در ۱۵ هفته آموزش تدریس کرده‌اند. عوامل مؤثر در عدم تدریس محتوی کتاب از نظر حدود ۱۵ درصد دبیرانی که نتوانسته‌اند کتاب را بطور کامل تدریس کنند، عبارتند از کمبود وقت، تراکم دانش‌آموزان در کلاس و کمبود امکانات آموزشی، دبیران فیزیک (۲) میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان نظام جدید را در مقایسه با دانش‌آموزان نظام قبلی تقریباً یکسان می‌دانند، حدود ۶۴ درصد دبیران اثر واحدی شدن دروس و حدود ۳۹ درصد دبیران اثر کاهش تنوع و تعداد دروس را بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مؤثر دانسته‌اند.

در دومین ارزشیابی از کتاب فیزیک (۲)، حدود ۶۶ درصد دبیران (۱۲۹ نفر از ۱۹۶ نفر) محتوی کتاب را در ۱۵ هفته آموزشی بطور کامل تدریس کرده‌اند. عواملی که باعث شده‌اند بقیه دبیران نتوانند محتوی کتاب را بطور کامل تدریس کنند عبارتند از : تراکم دانش‌آموزان در کلاس، کمبود امکانات کمک آموزشی، دیر رسیدن کتاب، حجم بیش از حد کتاب و سنگین بودن محتوای کتاب.

بسیاری از دبیران پاسخ‌دهنده به سؤالهای دومین ارزشیابی در ارتباط با کتاب فیزیک (۲) اعتقاد دارند که دانش‌آموزان آنها از حجم کتاب (حدود ۷۶ درصد دبیران)، دشواری مطالب کتابها (حدود ۶۱ درصد)، و درس فیزیک (۷۳ درصد) رضایت دارند.

متوسط عملکرد دانش‌آموزان در نیم سالهای اول و دوم سال تحصیلی ۷۳ـ۷۲ در درس فیزیک (۲) به‌ترتیب ۱۲/۶۳ و ۱۲/۴ و درصد افت تحصیلی دانش‌آموزان (نمره کمتر از ۱۰) به‌ترتیب ۱۳/۷۳ و ۱۵/۴۶ گزارش شده است. در نیم سالهای اول و دوم سال تحصیلی ۷۴ـ۷۳، افت تحصیلی دانش‌آموزان به‌ترتیب ۱۶/۰۴درصد و ۲۳/۶درصد گزارش شده است.

در مقایسه درصد افت تحصیلی دانش‌آموزان در دو نیم سال ۷۳ـ۷۲ کمتر از درصد افت تحصیلی در دو نیم سال ۷۴ـ۷۳ بوده است و از نظر متوسط عملکرد و درصد افت تحصیلی عملکرد دانش‌آموزان در درس فیزیک (۲) از درس فیزیک (۱) رضایت‌بخش تر بوده است.

ج: فیزیک (۳)

در نیم سال دوم سال تحصیلی ۷۴ـ۷۳ نظر ۱۴۹ نفر از دبیران درس فیزیک (۳)، با مدرک تحصیلی لیسانس و فوق‌لیسانس (۲ نفر فوق‌لیسانس) در ارتباط با محتوی کتاب از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید.

از این تعداد حدود ۶۵ درصد (۹۷ نفر) در دوره‌های آموزش ضمن خدمت شرکت کرده‌اند، عمده‌ترین مشکلات دوره آموزش ضمن خدمت از نظر این دبیران عبارتند از : عدم تسلط مدرسان بر محتوی کتاب، کوتاه بودن طول دوره آموزش، بی‌ارتباط بودن محتوی دوره با نیازهای آموزشی دبیران، و عدم انجام فعالیتهای عملی.

این دبیران معتقدند که در کلاسهای آموزش ضمن خدمت مدرسان دوره بیشتر به توضیح محتوی کتاب، بالا بردن سطح علمی و تخصصی دبیران، بررسی محتوی کتاب، روشهای تدریس کتاب، و پاسخگویی به ابهامات دبیران توجه دارند. این دبیران پیشنهاد کرده‌اند که در دوره‌های آموزشی باید علاوه بر موارد بالا به انجام فعالیتهای عملی و معرفی کتاب و مطالب جنبی نیز توجه شود.

دبیران درس فیزیک (۳) کتاب را از دیدگاه مختلف مورد ارزشیابی قرار داده‌اند، نظر دبیران در مورد ویژگیهای مختلف کتاب در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

با توجه به اطلاعات جدول شماره ۲ مربوط به کتاب فیزیک (۳) بیش از دو سوم دبیران وضعیت کتاب را در پنج ویژگی از ۹ ویژگی مورد بررسی (ساده و روشن بودن محتوی، قابل فهم بودن محتوی، گیرا و جذاب بودن محتوی، تناسب محتوی با شرایط سنی دانش‌آموزان و علمی بودن محتوی) رضایت‌بخش بیان کرده‌اند.

بیش از نیمی از دبیران (حدود ۵۶ درصد) میزان استفاده از انواع تصاویر ، عکس، نمودار و... را در کتاب رضایت‌بخش بیان کرده‌اند. و تقریباً نیمی از دبیران (۴۹/۵ درصد) هماهنگی بین حجم کتاب و ساعات آموزشی را مناسب می‌دانند. میزان رضایت دبیران از ویژگی تناسب محتوی با آموخته‌های قبلی دانش‌آموزان حدود ۳۹ درصد است که در مقایسه با سایر ویژگیها چندان رضایت‌بخش نمی‌باشد.

جدول شماره ۲: اظهارنظر دبیران دروس فیزیک ۲، ۳ و ۴ در دو ارزشیابی متوالی در مورد این کتابها

ویژگی کتاب	ارزشیابی از کتاب			
	فیزیک (۲)		فیزیک (۳)**	فیزیک (۴)**
	بار اول*	بار دوم**		
ساده و روشن بودن محتوی	۴۵/۹۵	۸۰	۷۰	۶۸/۷۵
قابل فهم بودن محتوی	۲۳/۴۳	۷۵/۲۱	۶۷/۰۳	۷۱/۸۷
گیرا و جذاب بودن محتوی	۲۹/۷۳	۷۲/۵۰	۷۰	۶۴/۴۵
تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان	۴۰/۳۷	۸۲/۴۰	۷۸/۲۶	۷۰/۴۸
میزان پرورش قدرت تفکر	۲۹/۰۹	۶۸/۷	۷۰	۶۵/۱۸
استفاده از تصاویر در کتاب	۸۵/۴۱	۵۶/۶۷	۵۶/۳۲	۵۵/۴۴
هماهنگ‌بودن محتوی‌با آموخته‌های قبلی	۳۳/۳۳	۵۰	۳۹/۰۳	۳۷/۹۳
هماهنگی محتوی با ساعات تدریس	۲۸/۸۳	۵۶	۴۹/۵	۴۰/۱۷
علمی بودن محتوی	۴۲/۵۹	۶۲/۰۱	۷۱/۹۱	۷۰/۳۳

* ــ ارقام این ستون درصد دبیرانی را نشان می‌دهد که میزان ویژگی را زیاد بیان کرده‌اند.

** ــ ارقام این ستونها درصد دبیرانی را نشان می‌دهد که میزان ویژگی را زیاد و یا خیلی زیاد بیان کرده‌اند.

حدود ۶۰ درصد دبیران پاسخ‌دهنده در مدت ۱۵ هفته بطور کامل محتوی کتاب را تدریس کرده‌اند. عوامل مؤثر در عدم تدریس کتاب در ۱۵ هفته توسط ۴۰ درصد از دبیران عبارتند از: تراکم دانش‌آموزان در کلاس، برخورد با تعطیلات، دیر رسیدن کتاب، کمبود امکانات آموزشی، سنگین بودن مطالب کتاب و حجم بیش از حد محتوای کتاب.

بسیاری از دبیران پاسخ‌دهنده اعتقاد دارند که دانش‌آموزان آنها از حجم کتاب (۸۰ درصد)، تعداد دانش‌آموزان در کلاس (۶۵ درصد)، علاقه به درس (۷۸ درصد)، دشواری مطالب کتاب (۵۹ درصد)، میزان ساعات تدریس هفتگی درس (۵۶ درصد) رضایت دارند.

با توجه به اطلاعات جدول شماره (۲) میزان رضایت دبیران از ویژگیهای کتاب فیزیک (۳) تقریباً مشابه میزان رضایت دبیرانی از ویژگیهای کتاب فیزیک (۲) در دومین بار ارزشیابی از کتاب فیزیک (۲) می‌باشد. در شش ویژگی درصد نظرات دبیران فیزیک (۲) کمی بیشتر، و در ۲ ویژگی (میزان پرورش قدرت تفکر و علمی بودن محتوی) درصد نظرات دبیران فیزیک (۳) کمی بیشتر است. درصد افت تحصیلی دانش‌آموزان در نیم سالهای اول و دوم سال تحصیلی ۷۴ـ۷۳ در درس فیزیک (۲) به‌ترتیب ۴/۵۳ و ۱۰/۹۳ محاسبه شده است.

د: فیزیک (۴)

در نیم سال دوم سال تحصیلی ۷۴ـ۷۳ نظر ۱۵۷ نفر از دبیران درس فیزیک (۴) با مدرک تحصیلی لیسانس و فوق‌لیسانس (۲ نفر فوق‌لیسانس) در ارتباط با محتوی کتاب از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید.

از این تعداد حدود ۶۳ درصد (۹۹ نفر) در دوره‌های آموزش ضمن خدمت شرکت کرده‌اند. عمده‌ترین مشکلات در آموزشهای ضمن خدمت بنظر دبیران فیزیک (۴) عبارتند از: کوتاه بودن طول مدت دوره، عدم تسلط مدرس بر محتوی کتاب، بی‌ارتباط بودن محتوی دوره با نیازهای آموزشی دبیران و عدم انجام فعالیتهای علمی. این دبیران اظهار داشته‌اند که مدرسان کلاسهای ضمن خدمت در جریان آموزش بیشتر به توضیح محتوی کتاب، بالا بردن سطح علمی و تخصصی دبیران، شیوه تدریس کتاب، بررسی محتوی کتاب و پاسخگویی به ابهامات دبیران می‌پردازند. علاوه بر ۵ عامل بالا، دبیران معتقدند که در دوره‌های ضمن خدمت باید

به فعالیتهای علمی مربوط به محتوی کتاب و معرفی کتابها و مطالب جنبی نیز توجه شود.

با توجه به اطلاعات مندرج در جدول شماره ۲، میزان رضایت دبیران از ۶ ویژگی کتاب از ۹ ویژگی مورد بررسی بیش از ۶۴ درصد می‌باشد. این ویژگیها به‌ترتیب میزان رضایت عبارتند از :

قابل فهم بودن محتوی، تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان، علمی بودن محتوی، ساده و روشن بودن محتوی، میزان پروش قدرت تفکر، گیرا و جذاب بودن محتوی. این درصدها با کمی تفاوت مشابه درصدهای مربوط به کتاب فیزیک (۳) می‌باشد. به عبارت دیگر به‌نظر دبیران فیزیک ۱، ۲ و ۳ کتابهای درسی این دروس کم و بیش از نظر ویژگیهای مورد پرسش شبیه یکدیگر هستند و این ویژگیها از نظر دبیران رضایت‌بخش می‌باشد. میزان رضایت دبیران سه درس در ویژگیهای ساده و روشن بودن محتوی، گیرا و جذاب بودن محتوی، تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان، پروش قدرت تفکر، هماهنگ بودن محتوی با آموخته‌های قبلی، هماهنگی محتوی با ساعات تدریس بتدریج از کتاب فیزیک (۲) به کتاب فیزیک (۴) سیر نزولی داشته است.

حدود ۵۱ درصد دبیران توانسته‌اند محتوی کتاب را در مدت ۱۵ هفته بطور کامل تدریس کنند. عواملی که باعث شده‌اند گروه دیگر نتوانند محتوی کتاب را در مدت تعیین شده تدریس کنند، عبارتند از :

حجم بیش از حد کتاب (۷۹ درصد دبیران)، سنگین بودن محتوی کتاب (۷۷ درصد دبیران)، ناهماهنگ بودن محتوی کتاب با دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان (۶۸ درصد دبیران)، کمبود امکانات کمک آموزشی (۶۸ درصد دبیران) برخورد با تعطیلات (۶۲ درصد)، دیر رسیدن کتاب (۶۲ درصد) و تراکم دانش‌آموز (۵۴ درصد).

بسیاری از دبیران فیزیک (۴) معتقدند که دانش‌آموزان آنها از میزان حجم کتاب (۶۹ نفر)، میزان دشواری مطالب کتاب (۵۹ نفر)، تراکم دانش‌آموز در کلاس (۶۳ نفر)، علاقه به درس فیزیک (۶۶ نفر) و میزان ساعات تدریس هفتگی درس (۳۵ نفر) رضایت دارند.

در نیم سال اول سال تحصیلی ۷۴ـ۷۳ افت تحصیلی دانش‌آموزان در درس فیزیک (۴) برابر ۶/۸۷ درصد و در نیم سال دوم ۷۴ـ۷۳ برابر ۱۲/۵۷ درصد گزارش شده است. در جدول شماره (۳) وضعیت عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان در دروس مختلف به تفکیک نیم‌سالهای تحصیلی ارائه شده است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتیجه ۳ بار ارزشیابی از محتوی کتاب فیزیک (۱)، دو بار ارزشیابی از محتوی کتاب فیزیک (۲)، یک بار ارزشیابی از محتوی کتابهای فیزیک (۳ و ۴) در جدول ۳ ارائه شده است :

جدول شماره ۳: مقایسه اظهارنظر دبیران در مورد ارزشیابی کتابهای فیزیک ۱، ۲، ۳ و ۴

ویژگی کتاب	ارزشیابی از کتاب			
	فیزیک (۱) بار سوم	فیزیک (۲) بار دوم	فیزیک (۳) بار اول	فیزیک (۴) بار اول
ساده و روشن بودن محتوی	۳۲	۸۰	۷۰	۶۹
قابل فهم بودن محتوی	۲۱	۷۰	۶۷	۷۲
گیرا و جذاب بودن محتوی	۲۴	۷۳	۷۰	۶۴
تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان	۱۸	۸۲	۷۸	۷۰
میزان پرورش قدرت تفکر	۲۰	۶۹	۷۰	۶۵
استفاده از تصاویر در کتاب	۵۸	۵۷	۵۶	۵۵
هماهنگ‌بودن‌محتوی‌باآموخته‌های قبلی	۱۴	۵۰	۳۹	۳۸
هماهنگی محتوی با ساعات تدریس	۱۰	۵۶	۵۰	۴۰
علمی بودن محتوی	۴۱	۶۲	۷۲	۷۰

کیفیت استفاده از تصاویر، جداول و نمودارها در کلیه کتابهای فیزیک نظام جدید از نظر دبیران مناسب تشخیص داده شده است.

ویژگیهای مربوط به ساده و روشن بودن محتوی، قابل فهم بودن محتوی، گیرا و جذاب بودن محتوی، تناسب محتوی با سن دانش‌آموزان، میزان پرورش قدرت تفکر، علمی بودن محتوی از نظر اکثریت دبیران در کتابهای فیزیک ۲ و ۳ و ۴ مطلوب گزارش شده است.

هماهنگی محتوای کتاب با ساعات پیش‌بینی شده برای تدریس آن را تنها نیمی از دبیران برای دو کتاب فیزیک ۲ و ۳ (۵۶ درصد برای فیزیک ۲ و ۵۰ درصد برای فیزیک ۳) مناسب تشخیص داده‌اند.

در مورد هماهنگ بودن محتوی با آموخته‌های دانش‌آموزان جز در مورد فیزیک (۲) که ۵۰ درصد دبیران این هماهنگی را مناسب گزارش کرده‌اند در سایر کتابهای فیزیک ۱ و ۳ و ۴ این هماهنگی در حد کم مناسب تشخیص داده شده است.

از مقایسه کتابهای فیزیک می‌توان نتیجه گرفت که کتاب فیزیک (۱) جز در مورد ویژگی استفاده از تصاویر در دو ویژگی دیگر در سه ارزشیابی که از آن صورت گرفته است دارای مشکل است بنابراین لازم است تا تحقیق جداگانه‌ای در مورد کیفیت محتوای این کتاب صورت پذیرد. افزون بر این مقایسه کیفیت محتوای کتابهای فیزیک دوره متوسطه نظام جدید بیانگر آنست که میان محتوای این کتابها ارتباط افقی لازم وجود ندارد لذا از این نظر نیز لازم است تا پژوهش دیگری انجام شود.

در مورد نحوه عملکرد دانش‌آموزان در چهار درس فیزیک ۱، ۲، ۳و۴ می‌توان نتایج کلی زیر را ارائه نمود:

معدل دانش‌آموزان در درس فیزیک (۱) در چهار نیمسال متوالی تقریباً حدود ۱۰/۵ است افزون بر این درصد افت متوسط دانش‌آموزان در ۶ نیم سال متوالی برای فیزیک (۱) حدود ۳۶ درصد است.

همچنین معدل دانش‌آموزان در درس فیزیک (۲) (که در سال تحصیلی ۷۳ـ۷۲ گزارش شده است) حدود ۱۲/۵ می‌باشد. بعلاوه متوسط افت تحصیلی این درس در ۴ نیم‌سال تحصیلی متوالی (۷۳ـ۷۲ و ۷۴ـ۷۳) بطور تقریب حدود ۲۰ درصد گزارش شده است.

با توجه به دو متغیر معدل و افت تحصیلی در مورد کتابهای فیزیک ۱ و ۲ می توان نتیجه گرفت که دانش‌آموزان در یادگیری این دو درس عملکرد ضعیفی داشته‌اند که بررسی علل آن نیاز به پژوهشهای دیگری دارد.

در مورد فیزیک ۳ و ۴ با توجه به درصدهای گزارش شده مربوط به افت تحصیلی به‌نظر می‌رسد که عملکرد دانش‌آموزان نسبت به فیزیک ۱ و ۲ بهتر بوده است هر چند که در این جدول معدل دانش‌آموزان در دو درس یاد شده گزارش نشده است.

مقایسه نتایج حاصل از عملکرد دانش‌آموزان در نیم سالهای مختلف مورد بررسی برای چهار درس فیزیک نشان می‌دهد که با افزایش شماره درس، متوسط عملکرد درسی دانش‌آموزان افزایش می‌یابد. این افزایش را می توان حاصل جذب دانش‌آموزان مستعدتر و علاقمندتر به رشته‌های علوم تجربی و ریاضی فیزیک دانست. زیرا دانش‌آموزانی که در درس فیزیک ۱ مشروط می‌شوند ادامه در درس فیزیک ۲ را بدست نمی‌آورند، از طرف دیگر گروهی که با نمره کم درس فیزیک (۱) را می‌گذرانند معمولاً جذب رشته‌های علوم انسانی و یا شاخه‌های دیگری از نظام جدید می‌شوند و دانش‌آموزان مستعدتر و علاقمندتر در کلاسهای فیزیک ۲، ۳ و ۴ حضور می‌یابند.

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

پاسخ به برخی از پرسشهای دبیران در زمینهٔ مکانیک و آکوستیک

محمود بهمن آبادی

دانشگاه صنعتی شریف(دانشجوی دکتری فیزیک)

۱ــ چرا امواج بر سطح آب عرضی اما داخل آب طولی است؟

پاسخ: این دو موج ماهیتاً با هم فرق دارند. مثلاً فرض کنید یک منبع صوت در بالای یک سطح آب واقع است. امواج صوتی در تمام جهات بطور طولی منتقل می‌شوند چه روی سطح آب و چه داخل آب و چه در هوای آزاد. اما این منبع صوتی باعث فشار بر روی سطح آب شده و بدلیل گرانش مولکولهای سطح آب به نوسان درمی‌آیند و این نوسانات به مولکولهای مجاور منتقل شده تشکیل موج عرضی می‌دهند. این موج عرضی همان موج صوتی نیست بلکه موج جدیدی است که تنها در فرکانس نوسانات با منبع صوتی یکسان است.

۲ــ چرا امواج صوتی در لولهٔ باز منعکس می‌شوند و تشکیل امواج ایستاده را می‌دهند (چرا در انتهای دو سر لوله شکم تشکیل می‌شود)؟

پاسخ: وقتی که موجی در محیط شاره‌ای به حد فاصل بین آن محیط و محیط دیگری می‌رسد مقداری از آن بازتابیده شده در محیط اول منتشر می‌گردد و بقیه از حد فاصل گذشته در محیط دوم به پیشروی خود ادامه می‌دهد. دلیل این امر اختلاف بین مقاومتهای آکوستیکی بین دو محیط است. وقتی در یک لولهٔ باز به قطر ۲a موجی تولید می‌شود، عنصرهای حجمی مجاور به نوسان واداشته می‌شوند تا اینکه به انتهای دیگر لوله می‌رسد. حال این عنصر حجمی انتهای لوله مانند یک پیستون مولکولهای بیرون لوله را به نوسان وامی‌دارد. این نیرو واضح است که به قطر لوله (۲a) بستگی دارد و همچنین به طول موج یا فرکانس موج بستگی دارد. هرچه طول موج بزرگتر از قطر لوله باشد این نیرو کم می‌شود و وقتی $\frac{2a}{\lambda} \ll 1$ باشد، یعنی طول موج خیلی بزرگتر از قطر لوله باشد این نیرو به سمت صفر میل می‌کند یعنی موج لوله به بیرون منتقل نمی‌شود و تماماً برمی گردد. اما اگر $\frac{2a}{\lambda} \gg 1$ باشد یعنی در فرکانسهای بالا این نیرو خیلی زیاد می‌شود و موج تقریباً بطور کامل منتقل شده و بازتاب آن اندک است و موج ایستا تشکیل نمی‌شود. در حالت اول فشار در انتهای لوله مینیمم می‌شود و در ماکزیمم جابجایی حجمی قرار می‌گیرد یعنی یک شکم جابجایی و یک گره فشار تشکیل می‌شود، درحالیکه در ابتدای لوله لزومی ندارد شکم وجود داشته باشد. تنها درحالت رزونانس این اتفاق می‌افتد که در ابتدای لوله نیز شکم تشکیل می‌شود.

۳ــ آیا شدت صوت به فرکانس آن بستگی دارد؟

پاسخ: شدت صوت با توان دوم فرکانس متناسب است و این را بطریق زیر می توان نشان داد. فرض کنید یک موج صوتی به‌صورت

$$s = s_m \cos(kx - \omega t)$$

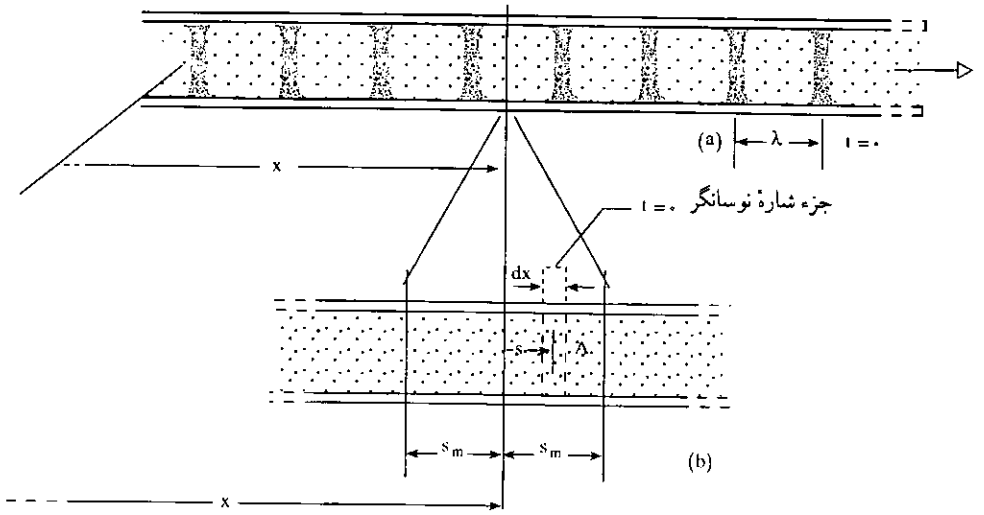
در جهت x منتقل شود.

انرژی جنبشی عنصر به جرم dm که در فاصلهٔ dx و سطح A قرار گرفته برابر است با :

$$dk = \frac{1}{2} dm V_s^2$$

که در آن dk انرژی جنبشی عنصر و V_s سرعت عنصر نوسان کننده است (دقت کنید که V_s سرعت موج نیست) پس

$$V_s = \frac{ds}{dt} = -\omega s_m \sin(kx - \omega t)$$



جرم dm نیز برابر

$$dm = \rho dV = \rho A dx$$

بنابراین

$$dk = \frac{1}{2}(\rho A dx)(-\omega s_m)^2 \sin^2(kx - \omega t)$$

با تقسیم کردن طرفین بر dt داریم

$$\frac{dk}{dt} = \frac{1}{2}\rho A \frac{dx}{dt}\omega^2 S_m^2 \sin^2(kx - \omega t)$$

آهنگ متوسط این انرژی جنبشی انتقال یافته برابر

$$(\overline{\frac{dk}{dt}}) = \frac{1}{2}\rho A V \omega^2 S_m^2 \overline{\sin^2(kx - \omega t)}$$

که در آن V سرعت موج می‌باشد. متوسط $\sin^2$ در یک پریود برابر $\frac{1}{2}$ می‌شود. پس

$$(\overline{\frac{dk}{dt}}) = \frac{1}{4}\rho A V \omega^2 S_m^2$$

اگر متوسط آهنگ انرژی پتانسیل را هم محاسبه کنیم همین مقدار بدست می‌آید. بنابراین آهنگ انرژی کل (انرژی جنبشی + انرژی پتانسیل) برابر می‌شود با :

$$\overline{P} = (\overline{\frac{dE}{dt}}) = 2(\overline{\frac{dk}{dt}}) = \frac{1}{2}\rho A V \omega^2 S_m^2$$

که در آن $\overline{P}$ توان متوسط است. می‌دانیم شدت برابر توان در واحد سطح است که روشن است که با توان دوم فرکانس متناسب است.

$$I = \frac{\overline{P}}{A} = \frac{1}{2}\rho V \omega^2 S_m^2$$

۴ــ نیرو و تقسیم‌بندیهای آن را در کتاب جدید بیان کنید؟

پاسخ: تمام ذرات در جهان از طریق چهار نیرو با یکدیگر برهمکنش می‌کنند یعنی بر روی یکدیگر نیرو وارد می‌کنند که این نیروها بطور خلاصه در جدول زیر خلاصه شده است.

نیرو (برهمکنش)	قدرت نسبی	برد (برحسب سانتیمتر)	نمونه
قوی	۱	$۱۰^{-۱۳}$	نیروی هسته‌ای
ضعیف	$۱۰^{-۱۴}$	$<۱۰^{-۱۵}$	تابش بتا
الکترومغناطیسی	$۱۰^{-۲}$	∞	نیروهای اتمی و مولکولی
گرانش	$۱۰^{-۴۰}$	∞	جاذبهٔ کیهانی در مقیاس بزرگ

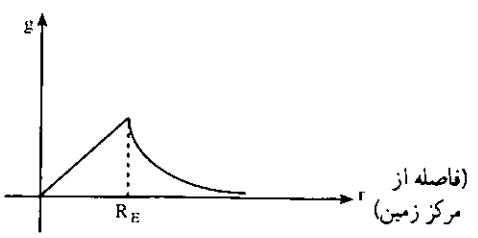
۵ــ نیرو و انرژی هر کدام چه هستند؟ آیا این دو راه می‌توان یکی دانست؟

پاسخ: نیرو و انرژی دو کمیت متفاوت می‌باشند. به این معنا که نیرو یک کمیت برداری است که برهمکنش بین دو ذره را نشان می‌دهد درحالیکه انرژی یک کمیت نرده‌ای (اسکالر) است که توانایی جسم برای انجام کار را نشان می‌دهد. درواقع یک ذره از طریق برهمکنش با ذرات دیگر می‌تواند انرژی بدست بیاورد یا از دست بدهد.

۶ــ آیا g شتاب جاذبهٔ زمین در تمام نقاط ثابت است؟ اگر جواب مثبت است، پس چرا وزن ثابت نیست؟

پاسخ: شتاب جاذبهٔ زمین با فاصله از مرکز زمین تغییر می‌کند بطوریکه در مرکز زمین صفر است و بطور خطی تا سطح زمین افزایش می‌یابد و از سطح زمین به بعد بصورت $\frac{1}{r^2}$ کاهش می‌یابد.

نمودار g با فاصله از مرکز زمین به‌صورت زیر است :



به همین ترتیب با توجه به W=mgوزن یک جسم در تمام نقاط یکسان نیست.

۷ــ اگر سرعت پدیده‌ای بیشتر از سرعت نور شود چه پدیده‌ای اتفاق می‌افتد؟

پاسخ: اگر امکان می‌داشت علامات با یک سرعت متناهی انتقال نمی‌یافت می‌توانستیم با روش مطلق تعیین کنیم که آیا دو رویداد همزمان هستند یا نه. یعنی اگر علامات با سرعت بینهایت انتقال می‌یافتند می‌توانستیم بطور مطلق بگوئیم که آیا دو رویداد همزمان هستند یا نه. اما سرعت نور این مطلق بودن همزمانی را نفی می‌کند که با تجربیات سازگار است. همچنین اگر ذرهٔ بارداری با سرعت V بزرگتر از سرعت فاز نور در آن محیط حرکت کند می‌تواند تابش کند که این تابش به تابش چرنکُف معروف است.

۸ ــ چگونگی ارائه ساده‌تر مطالب مکانیک.

پاسخ: اینکه بگوییم چطور می‌توان مطالب مکانیک را برای فهم عموم بیان کرد کار بسیار مشکلی است. به نظر من معلمی که مفاهیم مکانیک را بطور عمقی یاد گرفته است روش مطلوب را درمی‌یابد. اگر در ابتدا ریاضیات لازم برای مکانیک دقیق بیان شود و هر مطلب فیزیکی در ابتدا بطور فیزیکی بیان شده و سپس در قالب ریاضی آورده شود روش مطلوبی است.

۹ــ نحوهٔ محاسبهٔ ضربه از طریق نیرو در حرکت بر مسیر منحنی به‌جای استفاده از (m.V)P در یک بازهٔ زمانی را توضیح دهید؟

پاسخ: می‌دانیم ضربه حاصلضرب نیرو در زمان اعمال آن نیرو می‌باشد که با تغییرات اندازه حرکت P در آن مدت زمانی برابر است. بنابراین در حرکت بر مسیر منحنی ابتداء باید نیروی F را در هر نقطه روی مسیر بدانیم. فرض کنید نیروی F_1 در زمان بسیار کوچک Δt اعمال می‌شود و در زمان Δt بعدی نیرو F_2 می‌شود و به همین ترتیب در زمان‌های Δt بعدی نیروهای F_3 ، F_4 ،... و F_N اعمال می‌شود. بنابراین ضربهٔ وارده بر جسم در کل زمان $T = N\Delta t$ برابر :

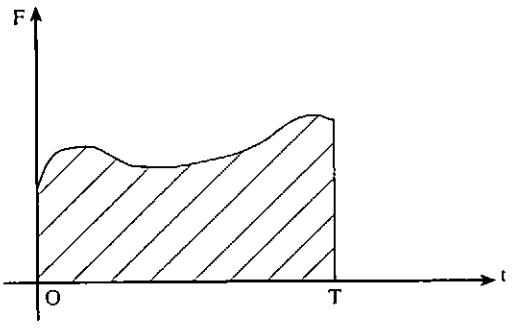
ضربه =

$$F_1\Delta t + F_2\Delta t + \cdots + F_N\Delta t = (F_1 + F_2 + \cdots + F_N)\Delta t = \sum_{i=1}^{N} F_i\Delta t$$

حال اگر نیروی وارد بر جسم بطور پیوسته تغییر کند باید بطور دیفرانسیلی مسئله را نگاه کنیم. یعنی جمع بالا تبدیل به انتگرال می‌شود.

$$\text{ضربه} = \int_0^T F(t)dt$$

که در آن $T = N\Delta t$ است. یعنی اگر نمودار F برحسب زمان را رسم کنیم سطح زیر نمودار F برحسب زمان، ضربه را بدست می‌دهد.

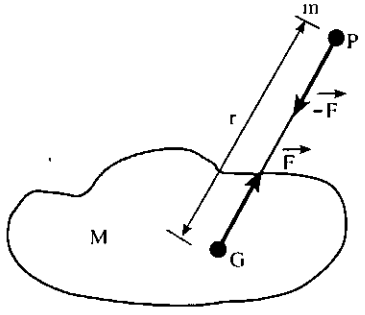


۱۰ــ در مورد اصطکاک غلتشی و هنگامی که ضریب اصطکاک بیش از یک می‌شود توضیح دهید؟

پاسخ: همانطوریکه می‌دانیم ضریب اصطکاک نسبت نیروی اصطکاک به نیروی عمودی عکس‌العمل سطح است یعنی $\frac{f}{N}$ حال اگر $f > N$ باشد ضریب اصطکاک بیشتر از یک می‌شود. این بدین معنی است که چسبندگی بین دو جسم فوق‌العاده زیاد است.

۱۱ــ در رابطه با تعیین گرانیگاه و روابط مربوط به سطح شیبدار توضیح دهید؟

پاسخ: مرکز ثقل (گرانیگاه) به زبان ریاضی بصورت زیر تعریف می‌شود. هرگاه دو ذره به اجرام m_1 و m_2 به فاصلهٔ r از یکدیگر باشند با نیرویی برابر $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ یکدیگر را جذب می‌کنند. حال جسم گسترده‌ای به جرم M و ذره‌ای به جرم m را در نقطهٔ P مطابق شکل درنظر می‌گیریم.



اگر جسم M را به اجزاء کوچکی به جرم m_i تقسیم کنیم، هر جزء با نیروی $\vec{F_i}$ به سوی جرم m جذب می گردد. نیروی کل وارد بر جسم M از طرف ذرهٔ m برابر مجموع این $\vec{F_i}$ ها است. یعنی $\vec{F} = \sum_i \vec{F_i}$. نیروی وارد بر m نیز برابر $-\vec{F}$ است (بدلیل قانون سوم نیوتون). بر روی خط اثر نیروی $\vec{F}$ نقطهٔ G را به فاصلهٔ r از نقطهٔ P چنان اختیار می‌کنیم که

$$\left|\vec{F}\right| = G\frac{mM}{r^2}$$

شود. بنابراین دستگاه نیروهای گرانش بین جسم M و ذرهٔ m معادل است

با تک نیروهای منتجهٔ $\vec{F}$ بر M و $-\vec{F}$ بر m که اگر تمام جرم جسم M در نقطهٔ G متمرکز می‌بود، عمل می کرد. نقطهٔ G را مرکز ثقل جسم M نسبت به نقطهٔ P می گوییم. درحالت کلی G نه‌تنها در مرکز جرم جسم M نیست بلکه حتی بر روی خط واصل P و مرکز جرم نیز قرار ندارد. اجزائی از جسم M که نزدیک به نقطهٔ P اند با نیروی بیشتر و اجزاء دور با نیرویی کمتر جذب می‌شوند، درحالیکه برای پیدا کردن مرکز جرم، تمام اجزاء جسم یکسان درنظر گرفته می‌شوند. بعلاوه مکان نقطهٔ G به مکان نقطهٔ P بستگی دارد. وقتی نقطهٔ P با مقایسه با ابعاد جسم خیلی دور است، شتاب گرانش ناشی از m برای تمام جسم M تقریباً ثابت خواهد بود و در این حالت G بر روی مرکز جرم قرار خواهد گرفت.

روابط مربوط به سطح شیبدار در هر کتاب استانداردی وجود دارد مثلاً می‌توانید به کتاب هالیدی مراجعه کنید.

۱۲ــ قانون عمل و عکس‌العمل را چگونه توضیح دهیم؟

پاسخ: دو جسم که با یکدیگر برهمکنش می کنند (یعنی به یکدیگر نیرو وارد می کنند)، این برهمکنش (نیرو) با یکدیگر برابر و در خلاف جهت یکدیگر است یعنی اگر نیروی $\vec{F}_1$ به جسم A و نیروی $\vec{F}_2$ به جسم B وارد شود، طبق قانون سوم نیوتون این دو نیرو با هم برابر و در خلاف جهت یکدیگرند یعنی $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ است. البته بیان این قانون به شیوه گفته شده به‌صورت قوی برقرار است. اما به‌صورت ضعیف هیچ رابطهٔ ساده‌ای بین $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ وجود ندارد. مثلاً نیرویی که دو بار الکتریکی q_1 و q_2 که به‌ترتیب با سرعتهای $\vec{V}_1$ و $\vec{V}_2$ حرکت می کنند به‌صورتهای زیر است :

$$\vec{F}_1 = -\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{V}_1\times(\vec{V}_2\times\vec{r}_0) \quad \text{و}$$

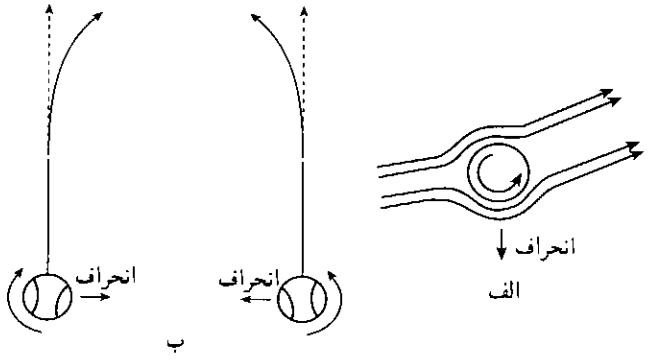
$$\vec{F}_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{V}_2\times(\vec{V}_1\times\vec{r}_0)$$

که در آن $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ به ترتیب نیروی وارد بر q_1 و q_2 و $\vec{r}$ بردار یکه‌ای است از q_1 به سمت نقطه‌ای که در آنجا میدان مغناطیسی اندازه‌گیری می‌شود. علامت × نیز نشاندهندهٔ ضرب خارجی دو بردار است. همانطوریکه از مقادیر $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ برمی‌آید، هیچ رابطهٔ ساده‌ای بین آنها وجود ندارد. بخصوص قانون سوم نیوتون برقرار نیست.

$$(\vec{F}_1 \neq -\vec{F}_2)$$

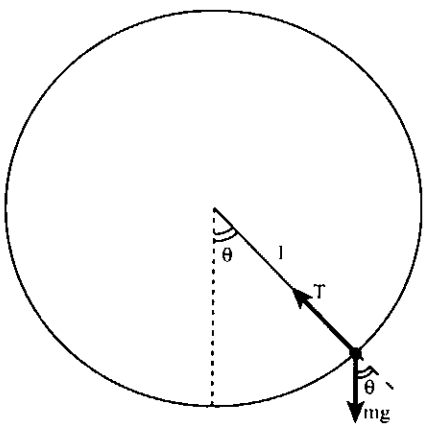
۱۳ــ در شوت کردن توپ فوتبال یا تنیس در مواردی کات کشیده می‌شود به این صورت که توپ در حین حرکت مسیرش در سه بعد تغییر می‌کند در حالیکه به ظاهر جز سرعت اولیه‌ای به آن داده نشده، چه نیروهایی باعث تغییر مسیر توپ می‌شود؟ لازم به توضیح است که در این حالت کات توپ درحال چرخش سریع است؟

پاسخ: وقتی یک توپ بدون چرخش در هوا حرکت می کند بدلیل تقارن جریان سیال گذرنده از توپ هیچ انحرافی در توپ ایجاد نمی کند. اما وقتی توپ ضمن حرکت دوران نیز داشته باشد جریان سیال گذرنده از توپ باعث انحراف توپ می‌شود. این اثر ناشی از اصطکاک هوای مجاور توپ است. درواقع وقتی که توپ می‌چرخد در یک طرف توپ هوا زودتر جدا می‌شود و در یک طرف توپ نقطهٔ جدایی کمی بیشتر است. بنابراین هوا به یک طرف منحرف می‌شود. اثر این انحراف هوا یک نیروی عکس‌العمل است که در خلاف جهت آن است جهت و اندازهٔ این نیرو بستگی به آهنگ و جهت دوران توپ دارد. هرچه توپ با سرعت بیشتری دوران کند انحراف بیشتر خواهد بود. جهت انحراف نیز مطابق شکل زیر است.



۱۴ــ گلوله‌ای را به نخی به طول l=۱ بسته آن را در سطح قائم می‌چرخانیم حداکثر پریود آن چقدر می‌تواند باشد؟

پاسخ: وقتی گلوله را در سطح قائم می چرخانیم نیروهای وارد بر آن بصورت شکل زیر است :



T کشش نخ و mg وزن گلوله است. برآیند نیروها در جهت شعاعی برابر نیروی جانب مرکز است.

$$T - mg\cos\theta = ml\omega^2$$

حال اگر بخواهیم ماکزیمم پریود را حساب کنیم باید مینیمم ω را تعیین کنیم. برای اینکار دوران باید طوری باشد که گلوله بتواند از نقطهٔ اوج بگذرد یعنی جایی که کشش کمترین مقدار می‌شود.

$$T_\pi = m(l\omega^2 - g)$$

پس مقدار ω می‌شود

$$\omega = (\frac{T_\pi + mg}{ml})^{\frac{1}{2}}$$

حالت مینیمم ω در حالت $T_\pi = 0$ است یعنی

$$\omega_{min} = (\frac{g}{l})^{\frac{1}{2}}$$

پس T_{max} وقتی که

$$T_{max} = \frac{2\pi}{\omega_{min}} = 2\pi(\frac{l}{g})^{\frac{1}{2}}$$

البته در این فرکانس دورانی گلوله می‌تواند بدون جمع شدن نخ کاملاً بچرخد. اما در این وضعیت کشش در پایین‌ترین نقطه برابر $2mg$ می‌شود یعنی حداکثر تحمل نخ باید از $2mg$ بیشتر باشد.

۱۵ــ دو آونگ یکسان کنار هم آویزانند حداقل بار یکسان ناهمنام که باید به هر یک داد تا دو آونگ یکدیگر را جذب کنند و با هم تماس پیدا کنند چقدر است؟

پاسخ: فرض کنید دو آونگ با فاصلهٔ d از یکدیگر آویزان هستند. فرض کنید طول هر آونگ l باشد و بار q و $-q$ به هر گلوله تزریق کرده باشیم. در این حالت نیروهای مماسی می‌شوند $F\cos\theta - mg\sin\theta = ml\ddot{\theta}$ که در آن $\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = \alpha$ شتاب زاویه‌ای می‌باشد. از طرفی نیروی F می‌شود

$$F = K\frac{q^2}{(d - 2l\sin\theta)^2}$$

که با جایگذاری آن در رابطهٔ اول داریم :

$$K\frac{q^2}{(d-2l\sin\theta)^2}\cos\theta - mg\sin\theta = ml\ddot{\theta}$$

با یکبار انتگرال‌گیری از $\theta = 0$ تا $\theta = \theta$ داریم :

$$K\frac{q^2}{2l}(\frac{1}{d-2l\sin\theta} - \frac{1}{d}) + mg\cos\theta = \frac{1}{2}ml\dot{\theta}^2$$

با ضرب کردن طرفین در $2l$ داریم :

$$Kq^2(\frac{1}{d-2l\sin\theta} - \frac{1}{d}) + 2lmg\cos\theta = ml\dot{\theta}^2$$

که این همان بقای انرژی است. درحالت انرژی جنبشی برابر صفر داریم :

$$q^2 = \frac{mgd}{K}(\frac{d}{\sin\theta} - 2l)(1 - \cos\theta) = f(\theta)$$

با ماکزیمم کردن تابع $f(\theta)$ برحسب θ می‌توان q_{max} را تعیین کرد. اگر بار q برابر یا بزرگتر از q_{max} باشد دو آونگ حتماً با هم برخورد خواهند کرد در غیر اینصورت دو گلولهٔ آونگ در یک زاویهٔ خاص که بستگی به q دارد دارای سرعت صفر شده متوقف می‌شود و حول نقطهٔ تعادل خود نوسان می‌کند.

۱۶ــ منظور از شرایط خلأ که در مسائل پرتابه‌ها مطرح می‌شود چیست؟

پاسخ: شرایط خلأ در مسائل پرتابه‌ها به این علت است که از مقاومت هوا صرفنظر شود تا در معادلات حرکت وارد نشود.

۱۷ــ آیا طول و مکان، تندی و سرعت، مساحت اجسام و سطح جاروب شده هر یک دو کمیت نیستند؟!

پاسخ: طول و مکان به ترتیب دو کمیت است که به ترتیب کل مسافت طی شده توسط یک جسم یا کل مسیر را نشان می‌دهد. درصورتیکه مکان مختصات جسم را نسبت به یک مبدأ مشخص نشان می‌دهد. تندی اندازهٔ سرعت را بدون درنظر گرفتن جهت سرعت نشان می‌دهد. مساحت یک جسم نیز با سطح جاروب شده فرق دارد. چرا که مثلاً یک کره دارای یک سطح $4\pi r^2$ است درصورتیکه وقتی این کره حرکت می‌کند سطح یک دایره به مساحت πr^2 را جاروب می‌کند.

۱۸ــ نسبیت، و نظریهٔ نسبیت خاص را توضیح دهید؟

پاسخ: اصول موضوع نسبیت خاص عبارتند از :

الف ــ قوانین فیزیک در تمام دستگاههای لخت (اینرسی) یکسان هستند. هیچ دستگاه لخت مرجحی وجود ندارد.

ب ــ در فضای تهی مقدار سرعت نور در تمام دستگاههای لخت یکسان و برابر c است (اصل ثابت بودن سرعت نور).

برای آشنا شدن بیشتر می‌توانید به کتاب آشنایی با نسبیت خاص (نوشتهٔ رابرت رزنیک، ترجمهٔ جعفر گودرزی، مرکز نشر دانشگاهی) مراجعه کنید.

۱۹ــ دقت اندازه‌گیری کولیس‌های زیر چقدر است؟ کولیسی که طول ورنیهٔ آن ۱۹ میلیمتر و دیگری ۳۹ میلیمتر است و هر یک از آنها به ۲۰ قسمت تقسیم شده‌اند؟ کولیسی که در آن ۹ میلیمتر به ۱۰ قسمت تقسیم شده است و کولیسی که در آن ۲۴/۵ میلیمتر به ۲۵ قسمت تقسیم شده است؟

پاسخ: دقت کولیس که تعداد تقسیمات آن از طول ورنیه آن بیشتر باشد به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{دقت} = \text{طول ورنیه برحسب کوچکترین واحد خط‌کش} - \frac{\text{طول ورنیه برحسب کوچکترین واحد خط‌کش}}{\text{تعداد تقسیمات ورنیه}}$$

مثلاً در مورد ورنیه به طول ۱۹ میلیمتر که به ۲۰ قسمت تقسیم شده این دقت می‌شود :

$$\text{دقت} = 1 - \frac{19}{20} = \frac{1}{20} = 0/05\,mm = 50\,\mu m$$

و یا در مورد کولیس با ورنیهٔ ۹ میلیمتری که به ۱۰ قسمت تقسیم

شده داریم.

$$\text{دقت} = ۱ - \frac{۹}{۱۰} = ۰/۱\text{mm}$$

و همچنین در مورد کولیس، با ورنیه ۲۴/۵ میلیمتری که به ۲۵ قسمت تقسیم شده می‌شود :

$$\text{دقت} = ۱ - \frac{۲۴/۵}{۲۵} = \frac{۱}{۵۰} = ۰/۰۲\text{mm} = ۲۰\mu\text{m}$$

اما دقت کولیس که تعداد تقسیمات آن از طول ورنیه کمتر است به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد :

$$\text{دقت} = ۲ - \frac{\text{طول ورنیه برحسب کوچکترین واحد خط کش}}{\text{تعداد تقسیمات ورنیه}}$$

مثلاً در مورد کولیس که ورنیهٔ آن ۳۹ میلیمتر که به ۲۰ قسمت تقسیم شده برابر است با :

$$\text{دقت} = ۲ - \frac{۳۹}{۲۰} = ۰/۰۵\text{mm} = ۵۰\mu\text{m}$$

می‌بینیم که این کولیس از نظر دقت با کولیس اولین مثال یکسان است. تنها تفاوت در این است که در کولیس مثال اول قسمت کسری طول مستقیماً از روی ورنیه خوانده می‌شود اما در مورد کولیس آخر با محاسبه مقدار کسری بدست می‌آید.

۲۰ ــ قانون ارشمیدس در فیزیک سال اول بخوبی بیان نشده است و برای دانش‌آموزان فهم و درک آن مشکل است و مسائل آن هر کدام به روشی حل شده است لطفاً در این مورد بیشتر توضیح داده شود.

پاسخ: هرگاه تمام یا قسمتی از یک جسم در یک شارهٔ (مایع یا گاز) ساکن غوطه‌ور باشد، شاره به هر جزئی از سطح جسم که با آن در تماس است فشار وارد می‌کند. فشار بر قسمتهایی که در عمق بیشتری غوطه‌ورند زیادتر است. برآیند تمام نیروها یک نیروی روبه بالاست که بالابری جسم غوطه‌ور نامیده می‌شود. این نیرو با جرم شارهٔ جابجا شده برابر می‌باشد. درضمن تمام مسائل به یک روش حل می‌شود. برای مطالعه بیشتر به کتاب هالیدی جلد دوم ترجمهٔ دکتر گلستانیان مراجعه نمایید.

۲۱ ــ دستگاههای اندازه‌گیری از جمله SI و CGS گاوسی و مقایسهٔ آنها را توضیح دهید؟

پاسخ: دستگاه SI و CGS در جدول زیر مقایسه شده‌اند :

روشن است که در دستگاه CGS مقدار ضریب K که در نیروی الکتریکی وارد می‌شود برابر ۱ است درحالیکه در دستگاه SI برابر ۹×۱۰^{۹} است. همچنین در میدان مغناطیسی در دستگاه SI ضریب $\mu_۰/۴\pi$ وارد می‌شود که در دستگاه CGS این ضریب ۱ می‌باشد.

(گاوسی) CGS	MKS	کمیت فیزیکی
$۱۰^{۲}$ سانتیمتر	۱ متر	طول
$۱۰^{۳}$ گرم	۱ کیلوگرم	جرم
۱ ثانیه	۱ ثانیه	زمان
$۱۰^{۵}$ دین	۱ نیوتون	نیرو
$۱۰^{۷}$ ارگ	۱ ژول	انرژی
$۱۰^{۷}$ ارگ بر ثانیه	۱ وات	توان
۳×۱۰^{۹} استات کولن	۱ کولن	بار
۳×۱۰^{۹} استات آمپر	۱ آمپر	جریان
$\frac{۱}{۳}\times۱۰^{-۴}$ استات ولت بر سانتیمتر	۱ ولت بر متر	میدان الکتریکی
$\frac{۱}{۳۰۰}$ استات ولت	۱ ولت	پتانسیل
$\frac{۱}{۹}\times۱۰^{-۱۱}$ ثانیه بر سانتیمتر	۱ اهم	مقاومت
۹×۱۰^{۱۱} سانتیمتر	۱ فاراد	ظرفیت
$۱۰^{۸}$ گاوس سانتیمتر مربع یا ماکسول	۱ وبر	فلوی مغناطیسی
$۱۰^{۴}$ گاوس	۱ وبر بر مترمربع	شدت میدان مغناطیسی

مجله و خوانندگان

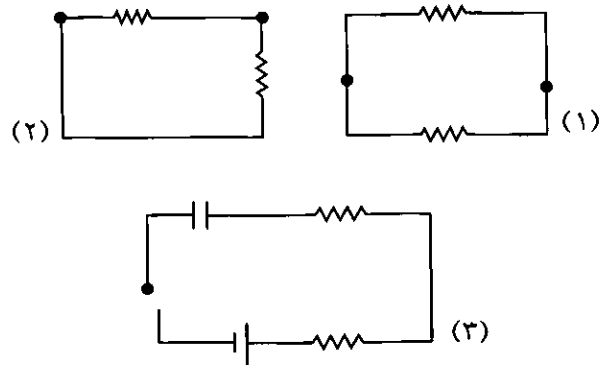
۱ــ کرج ــ دانش آموز عزیز، آقای مسعود سروش علاقمندی شما قابل تقدیر است.

مرقوم داشته‌اید که «فشار برابر حاصل ضرب یک عدد اسکالر در یک کمیت برداری است و لذا با $\vec{F}$ هم جهت می‌باشد» توجه داشته باشید که در پایان مقالهٔ **فشار در مایع ساکن** می‌خوانید «بنابراین فشاردر مایع یک کمیت نرده‌ای است»

سید جعفر مهرداد

۲ــ آزاد شهر ــ جناب آقای عبدالله نعیمی

با سلام و احترام، در پاسخ به نامه جنابعالی در ارتباط با مطالب مقالهٔ منتشر شده درمجلهٔ رشد آموزش فیزیک به اطلاع می‌رساند که طبق توضیح مقاله اتصال در مدار (۱) موازی است چون هر جریانی که از خارج از حلقه به مقاومتها واردشود دو شاخه می‌شود در واقع این مدار نمونه مدار اتصال موازی است و تصور می‌کنم مشکلی وجود نداشته باشد. اتصال مدار (۲) در نگاه اول سری به نظر می‌رسد اما در واقع اگر به محل ورود جریان نگاه کنید در واقع این مدار هم اتصال موازی است زیرا جریان ورودی مانند مورد قبل دو شاخه خواهد شد و از نظر طرز قرار



گرفتن با مدار (۱) تفاوتی ندارد. در مدار (۳) باتری مولد جریان در داخل حلقهٔ مدار است و در این مدار هر جریانی که از یک مقاومت بگذرد از مقاومت دیگر هم خواهد گذشت. پس اتصال سری است اگر چه به ظاهر موازی به نظر می‌رسد.

منیژه رهبر

۳ــ شیراز ــ دانشکده علوم ــ حمیدرضا مهاجری

توجه و علاقه شما به مطالعه کتابهای گوناگون فیزیک قابل ستایش است. از راهنمایی استادان برای رفع ابهام مطالب آنها استفاده کنید.

غلطنامه

با عرض پوزش از اشتباهات چاپی مصاحبهٔ «یک عمر تجربه، یک سرمشق» در شمارهٔ ۴۰ خواهشمند است اصلاحات زیر را انجام دهید:

صفحه	ستون	سطر	نادرست	درست
۸	۱	۲۸	فردوس	فردوسی
۸	۱	۴۰	همه کلاسیهایم	همکلاسیهایم
۸	۲	۱	نعودی	نسودی
۹	۳	۲۷	غلامحسینی	مرحوم رهنما
۱۰	۳	۲۱	محمودیان	مِمّوریان
۱۳	۳	۹	صفاری	صفری
۱۳	۳	۳۶	رحمتی	الستی
۱۴	۱	۳۸	۵	۱۵

درک و آموزش فرآیندهای مهم در تفکر علمی

سخنرانی به مناسبت دریافت جایزه میلیکان سال ۱۹۹٤

قسمت آخر

V مسئله حل کردن

A ــ موضوعهای بنیادی

لزوم حل مسئله وقتی پیش می‌آید که می‌خواهیم به اهداف مطلوبی برسیم. بنابراین برای هر عمل هدف‌دار باید مسئله حل کنیم و باید به اهداف علمی زیر برسیم: توصیف، پیشگویی، و طراحی.

تعریف یک مسئله ــ ابتدا دقیقاً خواهم گفت که منظور از حل مسئله چیست به طوری که موضوعهای مربوط به آن روشن شود. **یک مسئله** تکلیفی است که شخص را طی یک رشته عملیات از یک وضعیت ابتدائی به هدف معینی می‌رساند. یک رشته کاملاً مشخص از این عملیات شروع **حل** مسئله را تشکیل می‌دهد.

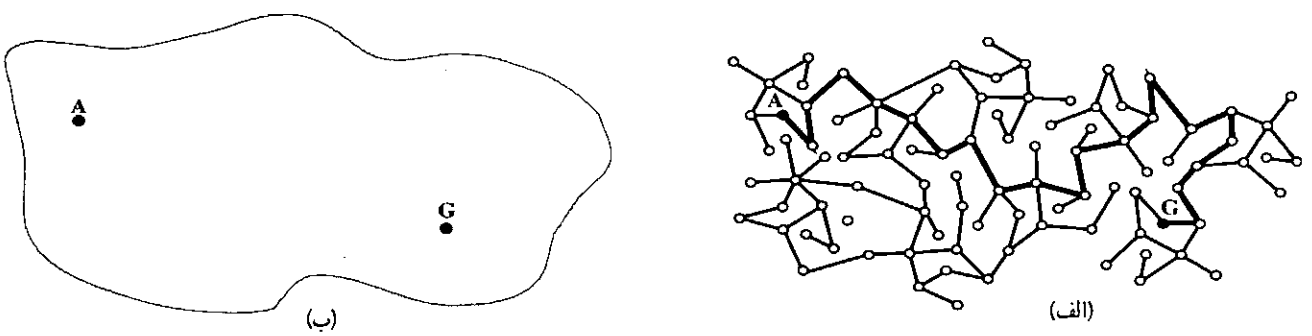
یک مسئله را می‌توان به طور تصویری با نموداری چون شکل ۱۲ (الف) نشان داد. در این تصویر A معرف وضعیت اولیه و نقطهٔ G معرف هدف است. خطی که دو نقطه را به هم متصل می‌کند نشان‌دهندهٔ عمل مشروعی است که از یک وضعیت به وضعیت دیگر منجر می‌شود. سلسله حلقه‌های پررنگ از A به G حل مسئله را نشان می‌دهد.

مسئله‌ها مشکلات مختلف دارند. توجه کنید که مشکل یک مسئله فقط به خود آن مربوط نیست. بلکه به معلومات کسی که مسئله را حل می‌کند هم بستگی دارد (به عنوان مثال، مسئله ای که برای یک نفر مشکل است، ممکن است برای کسی که قبلاً مسئلهٔ مشابهی را حل کرده است بسیار آسان باشد.)

مشکلات اساسی حل مسئله ــ حل مسئله اغلب نیازمند کار فکری است، زیرا باید با دو مشکل اساسی زیر روبه‌رو شد.

(الف) تصمیم‌گیری برای جستجو ــ همان طور که در شکل ۱۲ (الف) دیده می‌شود، کوشش جهت حل مسئله تا اندازه‌ای شبیه باز کردن یک کلاف سردرگم است. با شروع از حالت اولیهٔ A، عملیات بسیاری را می‌توان انجام داد [که با خطهای شکل ۱۲ (الف) نشان داده شده‌اند]. اغلب این عملیات سبب گمراهی یا برخورد به مانع می‌شود بدون این که به G برسد. بنابراین، با مشکل زیر روبه‌رو هستیم: چگونه از میان راههای ممکنی که به جایی نمی‌رسد می‌توان راهی را انتخاب کرد که به هدف برسد؟

(ب) تحلیل اولیهٔ مسئله ــ قبل از این که بتوان دربارهٔ کارهای مختلف



شکل ۱۲ ــ (الف) نمایش طرح‌وار یک مسئله. (ب) یک مسئلهٔ تحلیل نشده

تصمیم گرفت، باید به این مسئلهٔ اولیه پرداخت : چگونه می‌توان مسئله را طوری توصیف و تحلیل کرد که به انتخاب عملیات ممکن مفید در میان عملیات موجود کمک کند؟ در واقع تحلیل اولیهٔ مناسب ازمسئله می‌تواند باعث راحتی یافتن راه حل آن شود. برعکس، اگر تحلیل اولیهٔ مسئله ناقص باشد، یافتن راه حل مسئله به رغم کوششهای بعدی می‌تواند غیرممکن شود [شکل ۱۲ (ب) به طور طرح‌وار مسئله‌ای را نشان می‌دهد که بد تحلیل شده است و حتی نمی‌تواند مسیرهای ممکن در کلاف را نشان دهد.]

B ــ نارساییهای آموزشی متداول

متداولترین روش آموزش حل مسئله در فیزیک بر مبنای مثال و تمرین است. پس از کسب معلومات مربوطه، مثالهایی در کتاب درسی یا روی تخته سیاه مطرح و از دانشجویان خواسته می‌شود که این تمرینها را به‌عنوان تکلیف حل کنند.

این روش دارای محدودیتهای زیر است.

(الف) مثالهای مربوط به حل مسئله **محصولاتی** هستند که اطلاعات کمی دربارهٔ چگونگی به وجود آمدن این مسائل می‌دهند. می‌توان صحت آنها را بررسی کرد، اما نشان نمی‌دهند که چگونه می‌توان تصمیمهای عاقلانه در مورد انتخاب یک اصل یا اصل دیگر گرفت، و چگونه می‌توان از راه حلهایی اجتناب کرد که به جایی نمی‌رسند، و چگونه می‌توان از بن‌بست رهایی یافت. به عبارت دیگر، این راه‌حلها کمک چندانی به یافتن استراتژی مناسب در برخورد با مسائل ناآشنا نمی‌کند.

(ب) مثالهای مربوط به حل مسئله می‌تواند به این باور غلط بیانجامد که فرایند حل مسئله مانند محصول آن است. اما این مطلب بسیار دور از واقعیت است! یک برنامه کامپیوتری ممکن است از ۲۰۰۰ سطر متوالی تشکیل شده باشد. اما این بدان معنی نیست که برنامه با نوشتن متوالی سطر ۱، سطر ۲، سطر ۳ و غیره تا سطر ۲۰۰۰ به وجود آمده است. همین‌طور، یک مقالهٔ انگلیسی ممکن است از ۵۰۰ جملهٔ متوالی تشکیل شده باشد، یا حل یک مسئله فیزیک شامل ۲۰ گام متوالی باشد. اما هیچیک از آنها ایجاب نمی‌کند که محصول از اجتماع اجزاء متوالی به‌طور خطی تشکیل شده است. فرایند تولید مؤثر این محصولات شامل آزمون و خطا، برنامه‌ریزی، ترسیم خطوط کلی، و اصلاح مداوم است.

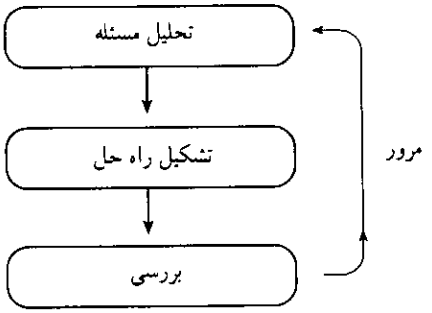
(پ) بدون شک حل مسئله به تمرین کافی نیاز دارد. اما این تمرین باید از **نوع صحیح** باشد! در ورزش و موسیقی، تمرین نادرست نه فقط بی‌اثر، بلکه مضر نیز هست (که منجر به عادتهای بد می‌شود که ترک آنها مشکل است و حتی می‌تواند سبب آسیبهایی شود). همین‌طور، وقتی دانشجویان تکالیف خود را انجام می‌دهند، ساعتهایی را به تقلا می‌گذرانند. اما آنچه را که تمرین می‌کنند در واقع تقلای بی‌حاصل است. و اگر بیشتر وقت خود را صرف دست و پنجه نرم کردن با معادله‌های مختلف کنند، بدون شک هیچ مهارتی در حل مسئله به دست نمی‌آورند.

بنابراین به نظر می‌رسد که آموزش حل مسئله با تکیهٔ فراوان به تمرین عاقلانه نیست. به علاوه، می‌دانیم که دانشجویان اغلب در حل مسئله‌های فیزیک با مشکلات فراوان مواجه‌اند، و بسیاری از آنها درس فیزیک را با مهارت اندکی در حل مسئله به پایان می‌رسانند که با مجرب شدن در این زمینه فاصلهٔ زیادی دارد. پس این سؤال مطرح می‌شود : روشهای مؤثرتر آموزش کدام‌اند؟

C ــ روش حل مسئله

رهیافت کلی در ابتدای این مقاله بررسی مؤثر فرایندهای لازم برای حل مسئله و کوشش در جهت آموزشی بود که صرفاً مبتنی بر این تحلیل باشد. این روش حل درست مسئله را تضمین نمی‌کند. اما، باید یک استراتژی آموزشی ابداع کرد که باعث ارتقاء قابلیت حل مسئله شود و از رهیافتهای درهم و برهم که اغلب دانشجویان به کار می‌برند اجتناب کند.

در هر روش حل مسئله باید از مشکلات اساسی که در ابتدای این بخش ذکر شد اجتناب کرد. بنابراین، این روشها باید مشخص کنند که یک مسئله را باید چگونه تحلیل کرد و چگونه تصمیمهای معقول برای حل مسائل گرفت. همچنین بررسی راه‌حلها برای اطمینان از صحت آنها ضروری است. سه گام اساسی این روش حل مسئله در شکل ۱۳ خلاصه شده‌اند و در زیر بررسی می‌شوند.



شکل ۱۳ ــ گامهای اساسی در یک روش سیستماتیک حل مسئله

I ــ تحلیل اولیهٔ مسئله

هدف از تحلیل اولیهٔ مسئله شکل دادن به آن به گونه‌ای است که حل آن را آسان کند.

برای رسیدن به این هدف، باید مسئله را به روشنی با توصیف موقعیت (به کمک نمودارها و نمادهای مفید) و خلاصه کردن اهداف مسئله نشان داد. این توصیف اساسی را می‌توان با مشخص کردن توالی زمانی رویدادها و توصیف مجدد موقعیتها بر حسب مفاهیم فنی فیزیکی (مانند سرعتها، شتابها، و نیروها) اصلاح کرد.

به عنوان مثال، مسئله‌ای را که در جدول آمده است و در آن سورتمه‌ای در امتداد سطح شیب‌دار می‌لغزد در نظر بگیرید. تحلیل اولیهٔ مسئله آن را به شکلی درمی‌آورد که در شکل ۷ (الف) نشان داده شده است. توجه کنید که این توصیف، اطلاعات معلوم را مشخص‌تر می‌کند. به‌علاوه،

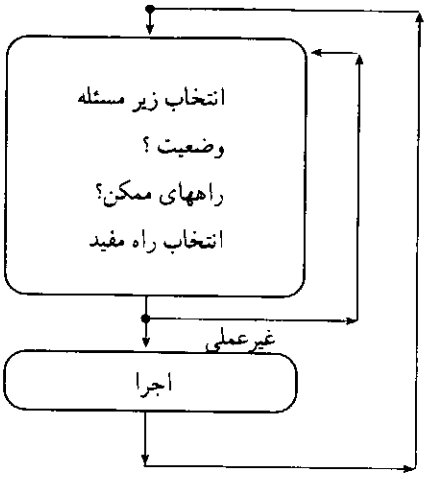
هدف یافتن «وزنی را که ترازو نشان می‌دهد» بر حسب مفاهیم کاملاً فیزیکی مشخص شده است. یعنی هدف، یافتن نیروی قائمی است که ترازو به سطح شیب‌دار وارد می‌کند (این توصیف مجدد برای بسیاری از دانشجویان بدیهی نیست و حل مسئله را آسانتر می‌کند). تحلیل اولیه مسئله حل آن را آسان می‌کند. برعکس، نارساییهای موجود در تحلیل اولیهٔ مسئله زیانبار است؛ اگر این نارساییها آشکار نشوند، هر نوع کوشش بعدی نمی‌تواند به حل مسئله بیانجامد. بنابراین، تحلیل اولیه مسئله اهمیت فراوان دارد، و از آنچه در ابتدا به نظر می‌رسد ساده‌تر است. بسیاری از دانشجویان در خواندن مسئله به طوری که بتوانند اطلاعات مربوطه را به دست آورند و وضعیت موجود را مجسم کنند، مشکل دارند. نادیده گرفتن اطلاعات مربوطه و در نظر گرفتن فرضهای ناموجه بسیار آسان است.

II ــ تشکیل یک راه حل

تجزیهٔ بازگشتی مسئله ــ یک استراتژی مؤثر در تشکیل راه حل مسئله استفاده از روش «تفرقه بینداز و حکومت کن» است، یعنی تجزیهٔ راه حل مسئله به زیرفرایندهای ساده‌تر. فرایند حل مسئله مستلزم کاربرد مداوم دوگامی است که در شکل ۱۴ نشان داده شده است. (الف) انتخاب **زیرمسئله‌های** ساده (یعنی مسائل فرعی که حل مسئلهٔ اولیه را آسان می‌کند)، و (ب) استفاده از حل این زیر مسئله‌ها (یا انتخاب زیرمسئله‌های دیگر اگر راه اول مفید نباشد). این گامها را می‌توان به طور بازگشتی تکرار کرد تا مسئلهٔ اولیه حل شود.

انتخاب زیرمسئله‌ها ــ تصمیمهای لازم در حل مسئله در انتخاب زیرمسئله‌ها به وجود می‌آید. شکل ۱۴ نشان می‌دهد که چگونه باید انتخاب کرد: (الف) می‌توان وضعیت مسئله را در هر مرحله ارزیابی کرد (با اطمینان از این که چه اطلاعاتی موجود است و چه موانعی در راه حل مسئله وجود دارد). (ب) شناسایی زیرمسئله‌های ممکن که می‌توانند این موانع را از میان بردارند، و (پ) گزینش یک راه مفید به صورتی که در شکل ۱۵ نشان داده شده است. دو مانع اساسی (و زیرمسئله‌های چاره‌ساز مربوط به آنها) که باید مورد توجه قرار گیرند عبارت‌اند از:

(الف) ممکن است اطلاعات لازم موجود نباشند. بنابراین باید زیرمسئله‌هایی را در نظر گرفت که رابطه‌های مفید برای تهیهٔ این اطلاعات را بیابد. (ب) ممکن است روابط بالقوه مفید موجود باشند، اما جنبه‌های نامطلوب داشته باشند (مثلاً شامل کمیتهای مجهول ناخواسته باشند). درنتیجه، باید زیرمسئله‌هایی را یافت که این جنبه‌های نامطلوب را از میان بردارد. این کار معمولاً با استفاده از جبرهایی امکان‌پذیر است که روابط موجود را تبدیل یا ترکیب می‌کند (اگر روابط کافی موجود نباشد، مجدداً با مانع اطلاعات ناکافی مواجه‌ایم) مشکلترین کار یافتن روابط مفید است که کمبود اطلاعات لازم را جبران می‌کند. چنانکه در شکل ۱۵ نشان داده شده است این کار را می‌توان با استفاده از **اصول یا تعریفهایی** که در پایگاه معلوماتمان موجود است انجام داد و یا **سیستم** خاص در مسئله. بنابراین، مشکل تصمیم‌گیری به مسئلهٔ آسانتر انتخاب این اصول تبدیل می‌شود. در اینجا مسئله این است که از چه سیستمی در چه زمانی استفاده کنیم.

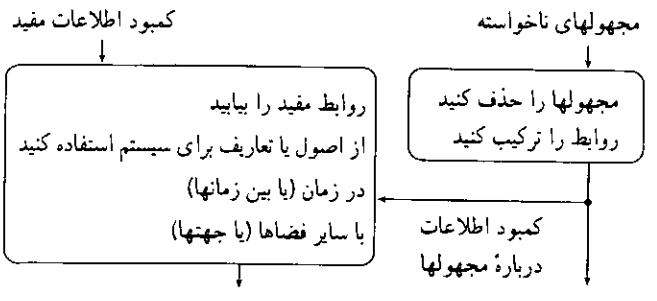


شکل ۱۴ ــ تشکیل راه حل مسئله با تجزیه بازگشتی به زیر مسئله‌ها

سازماندهی معلومات انتخاب را آسان می‌کند ــ اگر فقط چند انتخاب منطقی ممکن باشد، انتخاب آسان می‌شود.

در واقع فرض کنید که پایگاه معلوماتی ما به طور مؤثر بر حسب سلسله مراتب سازمان‌یافته است. در حوزه‌ای مانند مکانیک، می‌دانیم (چنانکه در شکل ۱۰ نشان داده شده است) اطلاعات لازم ارتباط حرکت و برهم‌کنشهاست و این اطلاعات را سه قانون مکانیک که در شکل ۱۱ نشان داده شده‌اند در اختیار می‌گذارند. استفاده از یکی از این سه قانون به سیستم موجود در مسئله، رابطه‌های لازم برای حل مسئله را در اختیار می‌گذارد. انتخاب میان سه راه حل ممکن نسبتاً آسان است (مخصوصاً با معلومات اضافی در مورد شرایطی که این قوانین مفیدند).

از طرف دیگر، فرض کنید که معلومات فیزیک دانشجو متشکل از مجموعه فرمولهای گوناگون است. انتخاب یک رابطهٔ مفید در میان این فرمولها مشکل است و اغلب قرین موفقیت نیست.



شکل ۱۵ ــ انتخابهای ممکن برای گزینش زیرمسئله‌های مفید

از آنچه گفته شد نتیجه می‌گیریم که سازماندهی مؤثر معلومات در تصمیم‌گیری لازم برای حل مسئله اهمیتی بنیادی دارد.

تفسیر و توصیف کار را آسان می‌کند ــ وقتی تصمیم گرفتیم از یک اصل خاص برای سیستم مورد نظر استفاده کنیم، باید این انتخاب را اعمال کنیم. معلومات قبلی، و تفسیر و توصیف این کار را آسان می‌کند (یعنی معلوماتی که در بخشهای I و II و III بیان شده است).

عواملی که حل مسئله را آسان می‌کند ــ به طور خلاصه، توجه به نکات زیر حل مسئله را آسان می‌کند.

(۱) تجزیه و تحلیل اولیه جنبه‌های مهم مسئله را مشخص، و آن را به صورت مفیدتری باز تعریف می‌کند [به عنوان مثال، جدول ۱ به صورت شکل ۷ (الف) درمی‌آید].

(۲) یک استراتژی جستجو مانند آنچه در شکل ۱۴ و ۱۵ آمده است به مشخص کردن نوع انتخاب لازم کمک می‌کند.

(۳) سازماندهی معلومات با ساختار مناسب اولویت‌بندی، تا کاهش تعداد انتخابهای ممکن کار را آسان می‌کند [به عنوان مثال، در مکانیک انتخاب اصول مفید به سه قانون شکل ۱۱ تبدیل می‌شود. در مسئلهٔ جدول ۱، انتخاب مسلم قانون تکانه (یا قانون نیوتون) در مورد سورتمه و سطح شیب‌دار است].

(۴) اعمال هر نوع راه انتخابی با تفسیر قبلی و توصیف معلومات آسان می‌شود [به عنوان مثال، در مورد مسئلهٔ جدول ۱، این توصیف معلومات به نمودارهای سیستم شکل ۷ (ب) تبدیل می‌شود]. اطلاع از چگونگی تفسیر قانونهای نیوتون به ما امکان می‌دهد تا معادله‌های حاصل از اعمال این قانون را برای سورتمه و سطح شیب‌دار بنویسیم.

III ــ بررسی راه حلها

باید هر راه حل را برای اطمینان از صحت و رضایتبخش بودن آن به‌طور مناسب مرور کنیم تا هر نوع نارسایی آشکار شود. بعضی از روشهای استاندارد که می‌توان در مورد هر مسئله به کار برد در زیر آمده است.

(الف) آیا به اهداف رسیده‌ایم؟ (آیا تمام اطلاعات مورد نظر یافته شده‌اند؟)

(ب) آیا اطلاعات به دقت مشخص شده‌اند؟ (آیا پاسخها بر حسب کمیتهای معلوم بیان شده‌اند؟ آیا یکاها مشخص‌اند؟ آیا بزرگی و جهت بردارها معلوم شده است؟)

(پ) خودسازگاری؟ (آیا یکاهای موجود در معادله‌ها سازگارند؟ آیا علامتها و جهتها در دو طرف معادله سازگارند؟)

(ت) آیا اطلاعات حاصل با سایر اطلاعات سازگارند؟ (آیا مقادیر معقول‌اند؟ آیا پاسخها با موارد خاص و یا وابستگیهای تابعی مورد نظر سازگارند؟ آیا پاسخها با آنچه از راههای دیگر به دست آمده است سازگارند؟

(ث) فرینال؟ (آیا پاسخها و راه حلها روشن و تا حد ممکن ساده‌اند؟ آیا پاسخها به صورت جبری هستند؟)

D ــ درگیریهای آموزشی

اگرچه اظهارنظرهای قبلی دربارهٔ حل مسئله را می‌توان به صورت مفصلتر بیان کرد، اما مسائل اصلی بررسی شده‌اند. در واقع هر نوع کوشش در جهت آموزش مهارت در حل مسئله باید بر چند فرایند فکری اصلی تأکید کند که دانشجو می‌تواند استفاده از آنها را یاد بگیرد. (تشخیص این نکته اهمیت دارد که کم می‌تواند زیاد باشد. پند و اندرز بیشتر در این زمینه ممکن است اهمیت عملی چندانی نداشته باشد.)

باید کوشش کرد تا دانشجویان یاد بگیرند مسئله را به سه مرحله‌ای که گفتیم تجزیه کنند (یعنی تجزیه و تحلیل مسئله، تشکیل یک راه حل، و بررسی این راه حل). همین طور، هر مسئله‌ای که مربی حل می‌کند یا در کتاب درسی آمده است نیز باید به این سه مرحله تجزیه شود.

تجزیه و تحلیل اولیهٔ مسئله ــ وقتی با مسئله‌ای مواجه می‌شویم، اغلب دانشجویان بدون اینکه متوجه ضرورت تجزیه و تحلیل آن شوند، بلافاصله سعی می‌کنند آن را حل کنند. بنابراین باید آنها را متقاعد کرد که این کار اغلب بیش از آنچه ظاهراً به نظر می‌رسد فاقد کارآیی است، یعنی زمانی که در تحلیل اولیهٔ مسئله تلف می‌شود، با اجتناب از خطاها و خطرات گیر افتادن در بن‌بست جبران می‌شود. لااقل، دانشجویان باید عادت کنند وضعیت را با رسم نمودارهای مناسب و مشخص کردن اهداف مسئله کاملاً روشن کنند.

این روش به دانشجویان کمک می‌کند بعضی مسائل را تحلیل کنند **بدون** اینکه آن را واقعاً حل کنند. و می‌توان آنها را متقاعد کرد که این تجزیه و تحلیل به سهم خود شایان توجه است و کاری پیش‌پا افتاده نیست (چون اغلب دانشجویان اشتباه می‌کنند). به علاوه، دانشجویان می‌توانند بدین وسیله در تجزیه و تحلیل و توصیف مسائل مهارت یابند و بعداً از این مهارت در حل مسئله‌های مشکلتر استفاده کنند.

تشکیل راه حلها ــ روشن کردن فرایندهای تصمیم‌گیری برای دانشجویان بسیار مفید است. حتی این سؤال ساده که «کدام اصل را می‌توان در این سیستم به کار برد» می‌تواند دانشجو را از بلاتکلیفی نجات دهد.

به‌طور کلی، روشن کردن شقهای مختلفی که دانشجو می‌تواند انتخاب کند سودمند است. به‌عنوان مثال، می‌توان به دانشجو خلاصهٔ سازمان‌یافته‌ای از روابط (مانند سه قانون مکانیک شکل ۱۱) داد و گفت که حل مسئله فقط بر اساس آنهاست.

باید از دانشجویان خواست که دربارهٔ تصمیم‌گیری خود در حل مسائل اظهارنظر کنند (مثلاً، چه اصلی را در چه سیستمی به کار برده‌اند تا رابطه‌های جدید را بیابند، و چه رابطه‌هایی را ترکیب کرده‌اند تا کمیت مجهولی را حذف کنند). این کار دو امتیاز دارد. (الف) بدین وسیله

دانشجویان تشویق می‌شوند تا تصمیمهای صریح بر اساس معلومات محکم خود بگیرند، و بنابراین از حدسهای درهم و برهم شهودی که اغلب غلط‌اند اجتناب می‌شود و (ب) به جای نوشتن معادله‌های نامفهوم به صورت پراکنده، دانشجویان جوابهای مشخصی به دست می‌آورند که می‌توان آنها را فهمید و با سایر راه‌حلها مقایسه کرد.

بررسی جوابها ــ دانشجویان به واسطهٔ اعتمادبه‌نفس ساده‌لوحانه و یا بی‌میلی به صرف وقت اضافی، لزومی برای بررسی جواب مسئلهٔ خود نمی‌بینند. برای اصلاح این وضع، تشخیص جوابهای غلط از جوابهای چرند سودمند است (زیرا غلط بودن آنها را می‌توان با یک بررسی ساده آشکار ساخت). بنابراین، می‌توان برای جوابهای چرند مجازاتی شدیدتر از جوابهای صرفاً غلط در نظر گرفت.

VI ــ آموزش دادن در عمل

در بخشهای قبل برخی فرایندهای فکری مهم را مشخص کردیم که برای کسب معلومات مفید و قابل انعطاف در فیزیک ضروری است. به‌ویژه، ضرورت تفسیر مفاهیم و اصول بنیادی به صورت صحیح برای توصیف و سازماندهی مؤثر معلومات و حل مسئله‌ها با روشهایی که تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری برای حل آنها را آسان کند بررسی کردیم. همین‌طور بعضی اعمال آموزشی و شواهدی را ذکر کردم که توجه به آنها می‌تواند به آموزش مؤثرتری منجر شود.

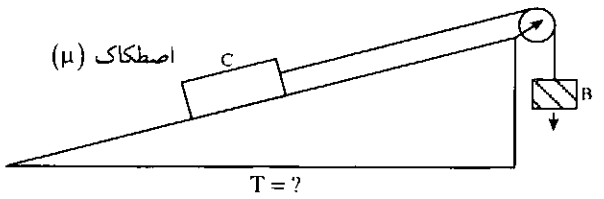
بخش عمدهٔ کار در گذشته مربوط به تحلیل جداگانهٔ این موارد و مطالعهٔ آنها در آزمایشگاه بود. اما این کار وقتی مؤثر است که به تمام این موارد شناختی مشترکاً در آموزش واقعی توجه شود. به علاوه، شکاف وسیعی میان مطالعات در مقیاس کوچک و بازده آموزشی در عمل وجود دارد. بنابراین، اخیراً توجه خود را به سؤال زیر معطوف کرده‌ام. آیا می‌توان فرایند آموزشی را طراحی کرد که فقط بعضی فرایندهای فکری مهم را آموزش دهد که در بخشهای قبل مشخص شد، و بدین وسیله به دانشجویان کمک کرد تا معلومات عملی قابل‌استفاده‌ای به دست آورند.

A ــ مواد آموزشی ویژه

در نتیجه، مواد آموزشی را آماده کرده‌ام که هدف آن رسیدن به این اهداف در سطح فیزیک مقدماتی برای دانشجویان علوم و مهندسی است. این مواد، که به مکانیک کلاسیک می‌پردازد از یک کتاب درسی و یک کتاب کار تشکیل شده است که هماهنگ شده‌اند تا به‌طور مکمل عمل کنند.

در این کتاب ایده‌های بنیادی طوری مطرح شده‌اند که می‌توان از آن به‌عنوان کتاب مرجع و یا مروری استفاده کرد. این کتاب تقریباً موجز است و حول ایده‌های بنیادی به تعداد کم انسجام، و به طور سیستماتیک توسعه یافته است [این ایده‌ها در شکل ۱۰ خلاصه شده‌اند مربوط به حرکتی است که با سرعت و شتاب، چند برهم‌کنش مهم، و رابطهٔ میان حرکت و برهم‌کنشها توصیف شده است (که در نهایت به صورت سه قانون مکانیک شکل ۱۱ در آمده است).] این کتاب بر روشهای استدلالی متکی است، یعنی روشهایی جهت تفسیر مفاهیم و اصول مهم به صورت کیفی و کمّی و روشهای حل مسئله. همچنین کوشش شده است که آموزش متوالی باشد. به طوری که مفاهیم و اصول (مانند شتاب یا قانون نیوتون) قبل از این که به صورت کمّی گسترش یابند به طور کیفی بررسی شوند.

کتاب کار، دانشجویان را به طور فعال در آموزش درگیر می‌کند (زیرا مطالعهٔ صرف کتاب درسی به ندرت سبب فراگیری می‌شود). بنابراین، تقریباً هر بخش کتاب همراه با بخشی از کتاب کار است که دانشجویان را به صورت جدی با کشف و تفسیر ایده‌های جدیدی که در کتاب آمده است درگیر می‌کند. کتاب کار استفاده از روشهای سیستماتیک برای حل مسئله‌های کیفی و کمّی مختلف را نیز ممکن می‌سازد. سرانجام، کتاب کار شامل اشارات و جوابهایی است که شامل مقدار زیادی راهنمایی و پس‌خور است. بنابراین، این کتاب به دانشجویان کمک می‌کند که بدون کمک خارجی یاد بگیرند. شرکت انتشاراتی وایلی (Wiley) این کتابها را توزیع خواهد کرد.



شکل ۱۶ ــ یکی از مسئله‌های امتحان نهائی

B ــ تشویق آموزش فعال دانشجویان

حتی بهترین مواد آموزشی اگر به طور صحیح مورد استفاده قرار نگیرند، بی‌ارزش‌اند. مخصوصاً، اگر دانشجویان در تفکر فعال درگیر نشوند، آموزشی صورت نمی‌گیرد. (معلومات فیزیکی را نمی‌توان مانند واکسن تزریق کرد). در واقع، درگیری فعال دانشجویان در آموزش وجه مشترک بسیاری از نوآوریهای آموزشی جدید است.

در نتیجه، کوشش کرده‌ام تا در ساختار درسی از مواد آموزشی بسیاری استفاده کنم که برای ارتقاء دخالت دانشجو طراحی شده است. یک وسیلهٔ مهم استفاده گسترده از کتاب کار و تکالیفی است که از آن گرفته شده است. وسایل دیگر دوجانبه کردن سخنرانیها، تشکیل جلسه‌های بحث به طوری که شاگردان در گروههای کوچک کار کنند، و دادن بخشهای اصلاحی فراوان است.

به دلایل تاریخی و لجستیکی دورهٔ فیزیک مقدماتی در دانشگاه کارنگی ــ ملون آزمایشگاه ندارد. از طرف دیگر، بعضی کارهای گذشتهٔ من نشان می‌دهد که کار آزمایشگاهی می‌تواند به دانشجویان کمک کند تا مهارت علمی لازم را فراگیرند.

C ــ شواهد مؤثر بودن آموزش

چون کار قبلی هنوز ادامه دارد، شاهد قطعی وجود ندارد که مؤثر بودن این مواد و روشها را در عمل نشان دهد. اما، توانسته‌ام بعضی اطلاعات اولیه را به دست آورم.

اولین نیمسال دورهٔ فیزیک مقدماتی در دانشگاه کارنگی ــ ملون را دو استاد متفاوت همزمان در دو بخش تدریس می‌کردند که شامل مواد یکسان بود. (دانشجویان به صورت کاتوره‌ای به این بخشها فرستاده شدند). در پاییز ۱۹۹۱، و مجدداً در پاییز ۱۹۹۲ تدریس در یکی از این بخشها به عهدهٔ من بود، و من از مواد و رهیافت خودم استفاده کردم. در بخش دیگر استاد تجربی دیگری به روش سنتی تدریس می‌کرد.

در آن هنگام مواد آموزشی من هنوز ابتدائی و ناکامل بود، و فقط نیمی از مباحثی را می‌پوشاند که در دوره تدریس می‌شد. با وجود این، وجود بخشهای همزمان، مقایسهٔ تفصیلی را به ویژه در مورد سؤالهای مشترک امتحان نهائی ممکن ساخت.

مقایسهٔ عملکرد در امتحانات نهائی ــ شکل ۱۶ یکی از سؤالهای مشترک امتحان نهائی سال ۱۹۹۲ را نشان می‌دهد. از دانشجویان خواسته شده بود که اندازهٔ نیروی کشش نخ را وقتی قطعه B سقوط می‌کند و جعبهٔ C روی سطح شیب‌دار بالا می‌رود به دست آورند.

در بخش «مربوط» به من ۷۰٪ دانشجویان برای حل مسئله به طور صحیح استدلال کرده بودند و با راه حل صحیح پاسخ مسئله را به دست آورده‌بودند (بجز اشتباهات کوچک جبری). در بخش «معمولی» دیگر فقط ۱۰٪ دانشجویان موفق بودند.

ما چهار مسئله مشترک از این نوع را در امتحان نهائی بررسی کردیم، اگر این معیار سختگیرانه را بپذیریم که حل هر مسئله فقط در صورتی درست در نظر گرفته می‌شود که به همهٔ بخشهای آن به‌طور صحیح پاسخ داده شده باشد. راه حل صحیح را (به طور متوسط) ۴۵٪ دانشجویان بخش ویژه و فقط ۱۰٪ دانشجویان بخش معمولی انجام داده بودند. عملکرد دانشجویان بخش ویژه، گرچه بدون شک از کمال بسیار دور بود، اما به طور قابل ملاحظه‌ای از دانشجویان بخش عادی بهتر بود.

عملکرد دانشجویان در سؤالهای مشترک امتحان نهائی سال ۱۹۹۱ نیز به نفع بخش ویژه بود.

کاهش برداشتهای غلط ــ تجزیه و تحلیل خطاها و برداشتهای غلط دانشجویان بخصوص جالب‌توجه بود. داده‌های مربوطه نه فقط از پاسخ به سؤالهای امتحانی، بلکه از مشاهدات ویدئویی نیز به دست آمده بود. این داده‌ها نشان می‌داد که دانشجویان بخش ویژه بسیار کمتر از دانشجویان بخش معمولی مستعد خطاها و بدفهمیها یا برداشت علمی نادرست بودند.

به‌عنوان مثال، در مسئله شکل ۱۶، ۳۵٪ دانشجویان بخش معمولی مدعی بودند که کشش نخ برابر است با وزن قطعهٔ B (در نتیجه نشان دادند که مسئله را نفهمیده‌اند و شتاب قطعه را کاملاً نادیده گرفته‌اند). برعکس، فقط ۷٪ دانشجویان بخش ویژه مرتکب این خطا شده بودند. همین‌طور ۳۵٪ دانشجویان بخش معمولی نمی‌توانستند به درستی از قانون نیوتون استفاده کنند، بلکه ادعا کرده بودند که مجموع نیروهای وارد بر جعبه صفر است. فقط ۷٪ دانشجویان بخش ویژه این اشتباه را کرده بودند.

قابل استفاده بودن این روش برای مربیان دیگر ــ در پاییز ۱۹۹۳ استادی که سال قبل از آن در بخش معمولی تدریس کرده بود، از مواد درسی من استفاده کرد. این ترتیب تعاونی سبب شد که فرصت مقایسه را از دست بدهم، اما نشان داد که مواد آموزشی و روش من را دیگران نیز می‌توانند به طور مؤثر به کار برند.

علائم دلگرم‌کننده ــ نتیجه‌های قبلی این باور را تقویت می‌کند که رهیافت آموزشی که در صفحات قبل بررسی شد، اثرات مطلوبی دارد و می‌توان آن را به آموزش عملی در کلاس تبدیل کرد.

VII ــ مشکلات اجرائی

اجرای هر طرح در عمل مشکل است، به ویژه اگر به همکاری دیگران نیازمند باشد. زیرا نه تنها باید تمام مسئله‌ها را حل کرد، بلکه افراد درگیر باید باورهای مناسب را داشته باشند و عملیات لازم را انجام دهند.

به‌عنوان مثال، وضعیت فرضی را در نظر بگیرید که علم پزشکی توانسته است علت اغلب بیماریها را مشخص و قرصهایی را تولید کند که تمام آنها را درمان کند. اما، فرض کنید که مردم توجهی به داروی علمی ندارند، زیرا گمان می‌کنند که داروی سنتی دوای هر درد است. یا فرض کنید که مردم قرص را طبق دستور پیشنهادی نخورند. در این صورت به‌رغم دانش پزشکی، سلامت افراد جامعه تأمین نمی‌شود. یعنی اجراء طرحهای پزشکی در عمل ناموفق است.

چنانکه در بخشهای بعد خواهم گفت، اجراء عملی آموزش با مشکلات مشابهی مواجه است (سوای عوامل برانگیزاننده). به عنوان مثال، فرض کنید که فرایندهای فکری و آموزشی لازم برای یادگیری فیزیک را کاملاً فهمیده‌ایم. اما اگر دانشجویان باورهای گمراه‌کننده دربارهٔ علوم داشته باشند یا به صورت فعال در فعالیتهای آموزشی پیشنهادی شرکت نکنند، تمام کارها برای اطمینان از آموزش عملی صحیح ناکافی است.

A ــ تغییر تصورات ساده‌لوحانهٔ دانشجویان دربارهٔ علوم

خوب می‌دانیم که دانشجویان آموزش علوم را با تصورات ساده‌لوحانهٔ بسیار دربارهٔ جهان فیزیکی آغاز می‌کنند و تغییر دادن این تصورات بسیار مشکل است. اما آنچه خوب نمی‌دانیم این است که دانشجویان برداشتهای ساده‌لوحانه‌ای در مورد هدفهای علوم و طرز فکر لازم برای این کار را نیز دارند. این برداشتها که از زندگی روزمره یا از آموزش قبلی به دست آمده است را خیلی مشکلتر از تصور ساده‌لوحانهٔ دانشجویان می‌توان تغییر داد. به علاوه، این اثرها فراگیرند و در آنچه دانشجویان سعی می‌کنند

یاد بگیرند و چگونگی فراگیری آن بسیار مؤثرند.

مثالهایی از باورهای دانشجویان ــ به عنوان مثال، بسیاری از دانشجویان به علم به‌صورت مجموعهٔ با ارزشی از حقایق و فرمولها می‌نگرند و بنابراین هدفشان به خاطر سپردن آنهاست. از طرف دیگر، اغلب فیزیکدانان علم را مجموعهٔ کوچکی از معلومات بنیادی در نظر می‌گیرند که آنها را قادر می‌سازد نتیجه‌گیریهای گسترده‌ای در مورد بسیاری از پدیده‌های فیزیکی انجام دهند. وقتی فیزیکدانان می‌کوشند با استدلال قابلیت لازم برای نتیجه‌گیریهای علمی را بیاموزند، هدفی آموزشی را دنبال می‌کنند که با تصورات دانشجویان تفاوت بسیار دارد.

به عنوان مثالی دیگر، بسیاری از دانشجویان که دوره‌های دبیرستان را به پایان می‌رسانند که در آن بر فرمولها و سر و کله‌زدن با اعداد تأکید شده است، تصور می‌کنند که این کارها فعالیتهای مهم علمی است.

در نتیجه، در مقابل استدلال کیفی برای به دست آوردن نتایج جبری که می‌تواند رابطه‌های کیفی مهمی را نمایان سازد مقاومت می‌کنند.

مثالهای زیادی از این باورهای دانشجویان وجود دارد. اما حتی چند مثالی که آوردیم کافی است تا نشان دهد این باورها در واکنش دانشجویان در برابر آموزش و بهره‌گیری آنها از آن تأثیر بسیار دارد. از همه بدتر، نوآوریهای آموزشی با ارزشی که با باورهای ساده‌لوحانهٔ دانشجویان سازگار نیست، موجب دلخوری آنها می‌شود. (مثال این دلخوری دانشجویان در نوآوری اخیر آموزش حساب انتگرال و دیفرانسیل ظاهر شد.)

نکات آموزشی ــ یک دوره فیزیک مقدماتی باید صرفاً به‌هدفهای علوم و طرز فکری بپردازد که در آموزش علوم سودمند است. این کار را نمی‌توان فقط با چند اظهارنظر تصادفی انجام داد. بلکه باید به طور دائم نظر دانشجویان را به آن جلب کرد، و آن را چارچوبی در نظر گرفت که معلومات علمی و روشها در آن قرار گرفته‌اند.

B ــ ایجاد نظارت و فیدبک کافی

حتی بهترین مواد و روشهای آموزشی، اگر دانشجویان در فعالیتهای آموزشی خود با آنها درگیر نشوند، بی‌حاصل خواهند بود. این موضوع در تربیت ورزشکاران یا نوازندگان به خوبی در نظر گرفته می‌شود. در این موارد مربیان و استادان بر پیشرفت کار نظارت مداوم دارند، و با راهنمایی و فیدبک لازم اطمینان می‌یابند که دانشجویان عادات مناسب لازم را کسب کرده‌اند و از عادات بد که ترک آنها مشکل است و می‌تواند آسیبهایی به بار آورد اجتناب می‌کنند.

نارساییهای نظارت و فیدبک ــ ضرورت نظارت کافی وقتی بیشتر می‌شود که می‌خواهیم دانشجویانی را تربیت کنیم که قابلیتهای فکری لازم برای برخورد با علوم را داشته باشند. متأسفانه، در کلاسهای علوم اغلب نظارت و فیدبک اندکی وجود دارد که اطمینان دهد دانشجویان در فعالیتهای علمی مفیدی درگیرند.

به‌عنوان مثال، معلم و کتاب درسی ممکن است دربارهٔ روشهای مؤثر حل مسئله بحث کنند، این مطالب را در کلاس نشان دهند، به دانشجویان چارچوبی برای تمرین بدهند، و تکلیفهای آنها را صحیح کنند. اما بسیاری از دانشجویان، تکالیف خود را با برخورد اتفاقی با فرمولها حل می‌کنند و ساعتهایی را که صرف این کار می‌کنند فقط عادت آنها را تداوم می‌بخشد. بنابراین ــ تمام این کوششهای آموزشی ممکن است تأثیری کمتر از یک ساعت آموزش توسط مربی داشته باشد ــ این نوع آموزش نظارت و فیدبک بسیار بهتری است.

نکته‌های آموزشی ــ چگونه می‌توان نظارت و فیدبک تجربی در اختیار تک‌تک دانشجویان گذاشت؟ به نظر من این مسئله بنیادی بسیار مهمی است که اگر حل نشود، گلوگاهی است که مانع از اجراء حتی بهترین طرح آموزشی می‌شود. آموزش تعاونی نیز می‌تواند مفید باشد (به شرطی که دانشجویان آموزش لازم برای درگیری مؤثر با آن را داشته باشند.) اما اجرای تمام این پیشنهادها به صورت اقتصادی مشکل است. بنابراین، به صورت یک چالش واقعی باقی می‌ماند.

VIII ــ نتیجه‌گیری

اغلب دوره‌های مقدماتی فیزیک مباحث بسیاری را «می‌پوشاند» اما معلوماتی که دانشجویان کسب می‌کنند پیش از آنکه عملی باشد صوری است. اگر بخواهیم دانشجویان معلومات بنیادی در مورد فیزیک کسب کنند و بتوانند آن را به صورت انعطاف‌پذیر به کار برند، باید درک بهتری از پیش نیاز فرایندهای فکری لازم جهت آموزش صریحتر آن داشته باشند. در صفحه‌های قبل کوشیدم بعضی از این فرایندهای فکری را به اختصار شناسایی و تحلیل کنم. اینها به ویژه شامل فرایندهایی می‌شود که برای تفسیر مفاهیم و اصول اساسی، توصیف و سازماندهی مؤثر معلومات، و حل مسئله‌ها (یعنی، تجزیه و تحلیل مسئله‌ها، تشکیل راه حل آنها و تصمیم‌گیریها و بررسی این راه‌حلها لازم است) ضروری است.

همین‌طور نشان دادم که چگونه فرایندهای فکری را می‌توان آموزش داد. در واقع، فکر می‌کنم اگر بخواهیم آموزش فیزیک را به صورت قابل ملاحظه‌ای بهتر کنیم باید این مسئله‌ها را آگاهانه آموزش دهیم. به هر حال، حتی این آموزش صرف ممکن است در عمل برای رسیدن به اهداف آموزشی مطلوب کافی نباشد. بنابراین، لازم است برداشتهای ساده‌لوحانهٔ دانشجویان در مورد ماهیت علوم را اصلاح کنیم، و نظارت و فیدبک بهتری برای هر دانشجو در کلاسهای بزرگ ایجاد کنیم. پس کسانی که درگیر تلاشهای سیستماتیک در جهت بهبود آموزش‌اند کار زیادی انجام دهند. امیدوارم بعضی از شما ما را در این تلاش یاری کنید.

ترجمهٔ دکتر منیژه رهبر

مرجع:

American Journal of Physics, Jan 95, p 17-32.

فیزیک در برنامهٔ درسی نیوزیلند

فیزیک در برنامهٔ درسی نیوزیلند«آخرین پیشرفتها» نشریهٔ وزارت آموزش نیوزیلند است که ترجمه آن در چند قسمت ارائه می‌شود.

قسمت دوم

فیزیک: پایه ۶*

هدفهای پیشرفت

در موضوعهای فهرست شدهٔ زیر دانش‌آموزان می‌توانند :

۶ ـ ۱ (الف) درکی از مفهومها، اصلها و مدلها را نمایش دهند.

مثلاً قانونهای نیوتون، مدلهای مفهومی برای جریان الکتریکی.

۶ ـ ۱ (ب) مفهومها و اصلها را به کار ببرند تا پدیده‌ها، سیستمها و دستگاه‌های فیزیکی را توضیح دهند، *مثلاً بلندگو، سنشوار.*

۶ ـ ۲ (الف) استفاده از گواه تجربی در پردازش نظریه‌ها و مدلها را کشف کنند، *مثلاً تعداد اندازه‌گیریهای مورد نیاز برای تعیین رابطه و مطمئن بودن داده‌ها.*

۶ ـ ۲ (ب) تأثیرهای کاربردهای فیزیکی روزمره بر روی زندگیهای ما را توضیح دهند، *مثلاً عینکها، لامپها، موتور احتراق.*

۶ ـ ۳ (الف) تحقیقهای عملی* انجام دهند تا رابطه‌ها، الگوها وروندها را در سیستمهای فیزیکی تعیین کنند *مثلاً نیروهای اصطکاک و نوع سطح، رونمودار بردن تغییرهای دما.*

۶ ـ ۳ (ب) تحقیقهای عملی انجام دهند تا کاربردهای مفهومها واصلهای فیزیکی را بشناسند، *مثلاً سیستم نوری یک پروژکتور اورهد.*

* هدفهای پیشرفت برای مهارتهای تحقیق در پایهٔ ۶ زیر عنوان «پیشرفت مهارتهای علمی تحقیقی و نگرشهایی در فیزیک» تشریح شده‌اند.

این هدفها با مطالعه در موضوعهای جدول صفحهٔ بعد برآورده می‌شوند.

زمینه‌های فراگیری نمونه (Sample-Learning Contexts)

فیزیک اسباب‌بازیها • بلندگوها و میکروفونها • انتقال • فیزیک و فراغت • عیبهای چشم • علم روبات (robotics) • ابزار موسیقی • دستگاه‌های دیدن • شنوایی سنجی • تلسکوپها • تارنوری • علم قانونی (forensic science) • عکاسی • چشمک‌زنهای نور (light dimmers) • دوچرخه سواری(cycling) • صنایع محلی • نمایشگاه‌های علوم • فیزیک در ورزش.

تجربه‌های محتمل یادگیری

مثالهای زیر انواع تجربه‌های یادگیری است که با توجه به منابع در دسترس، معلمان برای تهیهٔ آنها می‌توانند انتخاب کنند. این مثالها فقط پیشنهاد می‌شوند و جنبهٔ اجباری ندارند. گستره‌ای از وظیفه‌های کاملاً تعریف شده تا تحقیقهای وسیع، آورده شده‌اند. اگرچه این تجربه‌های یادگیری زیر عنوانهایی گروه‌بندی شده‌اند، اما گستره‌ای از نتیجه‌های یادگیری از هر تجربه یادگیری امکان‌پذیر است.

۶ ـ ۱ ـ الف) هدف پیشرفت

دانش‌آموزان می‌توانند با موارد زیر یاد بگیرند :

• استفاده از مدارهای الکتریکی برای نمایش دادن کار اجزاء الکتریکی مانند مقاومت، باتری، دماپا (رئوستا)، دیود ؛

• استفاده از مولد سیگنال‌ساز و بلندگو و میکروفون و توسان‌نگار(اسیلوسکوپ)، برای نشان دادن ایده‌های بسامد (فرکانس)، ارتفاع (pitch)، دامنه و بلندی امواج صوتی ؛

• بحث در این که چگونه گرمای تبخیر در محافظت گرمای بدن به کار می‌رود و از افت دمای بدن (hypothermia) هنگام راه رفتن جلوگیری می‌کند ؛

• بحث دربارهٔ تجربه‌های شخص در مورد نیروها در کلاس، با در نظر گرفتن سؤالهایی از این قبیل : «چرا سر خوردن روی یخ آسانتر از روی مسیر شنی است؟» ؛

• دیدن کارتون بچه‌ها و تهیهٔ فهرستی از پیشامدهای فیزیکی که با واقعیت ناسازگارند ؛

۶ ـ ۱ ـ ب) هدف پیشرفت

دانش‌آموزان می‌توانند با موارد زیر یاد بگیرند :

• استفاده از اندازه‌گیریهای «آهنگ بالا بردن در جرثقیلهای مدل» برای معرفی مفهومهای کار و توان ؛

• بحث در این که چگونه نردهٔ الکتریکی به حیوان مزرعه شوک وارد می‌کند ؛

• در نظر گرفتن این که چگونه مفهوم شتاب و نمودارهای حرکت می‌توانند به تعیین مسافتهای توقف (stopping distances) هنگام رانندگی بینجامند ؛

• شناسایی مفهومها و اصلهای فیزیکی که در طراحی انتخاب اسباب بازی‌ها برای بچه‌ها دخالت دارند ؛

• کشیدن طرح روی کاغذ، برای دستگاه آب گرم خانگی بر پایهٔ اصول علمی ؛

• باز کردن قطعه‌های یک وسیلهٔ ساده (مانند

دوربین دوچشمی) بر پایهٔ اصول فیزیکی خوانده شده و ارائه ایده‌های آنها به کلاس مبنی براین که چگونه کار می‌کند ؛
● استفاده از مفهوم گرمای نهان در توصیف عملکرد یخچال ؛
● نامه‌نگاری یا ملاقات با یک تولید کننده یا نمایندگی تعمیرمحلی، برای دریافتن اصلهای فیزیکی دخیل در وسیله‌های مورد علاقهٔ دانش‌آموزان ؛ مثلاً ضبط صوت، دوربین عکاسی، سشوار، ماشین شیردوشی، ماشین بسته‌بندی کننده علوفه (haybaler) ؛
● استفاده از مفهوم نیروی وارد بر رسانای حامل جریان در توصیف کار بلندگو، موتور الکتریکی یا آمپرسنج ؛
● استفاده از مفهوم ربایش الکتروستاتیک برای توضیح ایدهٔ اصلی در طراحی یک دستگاه فتوکپی ؛
● مطالعهٔ عبور صوت از محیطهای مختلف و ارتباط دادن این به استفادهٔ آن در رویش فراصوتی (ultra sound scanning) بدن و در تعیین حاملگی گوسفندان.

۶ ـ ۲ ـ الف) هدف پیشرفت

دانش‌آموزان می‌توانند با موارد زیر یاد بگیرند :

● تکرار آزمایش برای امتحان درستی

محتوا	محتوای پیشنهادی اختیاری
مکانیک جابه‌جایی، سرعت و شتاب ؛ نمایش نموداری حرکت یک بعدی ؛ قانونهای اول و دوم نیوتون و ایده‌های نیروهای برآیند و تعادل نیروها ؛ نیروهای اصطکاک و نمودارهای آزاد نیرو ؛ جرم، وزن و شتاب گرانش ؛ فشار و چگالی کار و توان، انرژی پتانسیل گرانشی ؛ انرژی جنبشی و پایستگی انرژی مکانیکی ؛	*ساختارها، تعادل و گرانیگاه؛* *ماشینهای ساده (اهرمها، دنده‌ها، قرقره‌ها، سطح‌های شیبدار) و بازده آنها؛* *شناوری و اصل ارشمیدس؛*
الکتریسیته ایدهٔ بارهای مثبت و منفی، نیروهای الکتروستاتیک، رساناها و عایقها ؛ مدل مفهومی رفتار مدارهای ساده با استفاده از ایده‌های جریان، ولتاژ، مقاومت و اتصالهای موازی و متوالی مقاومتها ؛ نمایش نموداری رابطهٔ بین جریان و ولتاژ در رساناهای اهمی ؛ اتلاف انرژی و توان در مقاومتها ؛	*مدارهای الکتریکی خانگی: استفاده از کلیدها و دیودها در مدارها؛*
الکترومغناطیس میدانهای الکتریکی مربوط به جریان در سیمها و سیملوله‌ها ؛ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان ؛ موتور سادهٔ DC	*بلندگوها*
گرما گرما و دما ؛ رسانش، همرفتی و تابش ؛	*ظرفیت گرمایی و گرمای نهان؛ انبساط خطی؛*
نور و امواج عدسیهای همگرا و واگرا و کاربرد آنها ؛ امواج طولی و عرضی، دوره، طول موج، بسامد، دامنه، سرعت و رابطهٔ بین آنها ؛	رنگ *فراصوت؛ میکروویو*
فیزیک اتمی و هسته‌ای عدد اتمی، عدد جرمی، ایزوتوپ، شکاف هسته‌ای و رآکتورهای هسته‌ای	

توضیح‌هایی برای این که چرا نتیجه‌های اولیهٔ آزمایش با پیشگویی‌ها همخوانی ندارند ؛

● بررسی قابل اعتماد بودن میان‌یابی (interpolating) و برون‌یابی (extrapolating) داده‌های تجربی ؛

● بحث دربارهٔ این سؤال : «آیا چنین چیزهایی به عنوان نتیجه‌های نادرست وجود دارند؟» ؛

● بحث در این که آیا داده‌های گرد آمده برای نتیجه‌گیری دربارهٔ هدف تحقیق کافی است یا نه، مثلاً در نظر گرفتن محدودیتهای تجهیزات، متغیر بودن داده‌ها، تعداد اندازه‌گیریها ؛

● در نظر گرفتن تضاد احتمالی بین نتیجه‌های آزمایشها و ایده‌های استنباطی دانش‌آموزان، مثلاً تصمیم‌گیری در این باره که آیا لازم است نیروی برآیندی بر جسم وارد شود تا به حرکت ادامه دهد؟ ؛

۶ ـ ۲ ـ ب) هدف پیشرفت

دانش‌آموزان می‌توانند با موارد زیر یاد بگیرند :

● مطالعه در مورد کار فیزیکدانان (مانند ماری کوری و مایکل فارادی) و تهیه مقالهٔ کوتاهی دربارهٔ تأثیر کار آنها روی زندگی دانش‌آموزان ؛

● فهرست کردن مزیتها و عیبهای «نرده صوتی sonic fence» که برای محافظت مردم از سگهای ولگرد به کار می‌رود ؛

● بحث دربارهٔ مزیتهای استفاده از پتوی گرمایی برای درمان موارد افت دمای بدن ؛

● هر دانش‌آموز برای دریافتن تعداد موتورهای الکتریکی مورد استفاده در یک روز به بررسی می‌پردازد ؛

● بررسی تأثیر دستگاه‌های نوری مانند عینک روی زندگی مردم ؛

● نگهداری کتاب جرائد (scrapbook) و مجلهٔ کلاسی دربارهٔ پیشامدهای جاری یا پیشرفتهای اخیر در فیزیک که دانش‌آموزان می‌توانند دربارهٔ آنها به کلاس گزارش بدهند ؛

● در نظر گرفتن این که چگونه می‌توان ترکیبهای نورها و آینه‌ها را در مغازه‌ها به کاربرد تا به طور مصنوعی ظاهر کالاها مشخص‌تر شود.

۶ ـ ۳ ـ الف) هدف پیشرفت

دانش‌آموزان می‌توانند با موارد زیر یاد بگیرند :

● استفاده از وسیلهٔ ساده‌ای با طرح خود که نشان دهد چگونه فشاردر مایع با عمق تغییر می‌کند. همچنین دانش‌آموزان می‌توانند نمودار این رابطه را رسم کنند ؛

● یافتن رابطه‌ای بین نیروی وارد شده و کشیدگی برای یک مادهٔ معین کشایند (elastic) و استفاده از این معلومات برای طراحی روش اندازه‌گیری وزن اشیاء خاص ؛

● رسم نمودار تغییر دما که در قسمتهای مختلف مدرسه در روزهای مختلفی اندازه‌گیری می‌شود تا روند آن به دست آید ؛

● استفاده از تعدادی وسیله‌های اندازه‌گیری زمان و فاصله (از ساعتها وخط کشها گرفته تا وسیله‌های الکترونیکی وکامپیوترها) تا حرکت موجود در برخی وضعیتهای ساده مانند دویدن مردم، دوچرخه سواری مردم، غلتیدن توپها روی سطح‌های شیبدار را تعبیر کنند و توضیح دهند و نمودار رسم کنند ؛

● انجام یک تحقیق عملی که از یک فهرست مبحثها انتخاب شده است (این تحقیق را می‌توان به مدت دو هفته در برنامه کلاس گنجاند)، داشتن گزارشنامهٔ روزانه (log book) و تکمیل گزارش کامل ؛

● بررسی رابطهٔ بین مسافت توقف و سرعت اولیه برای یک چهارچرخهٔ آزمایشگاهی (trolley) که روی یک قطعه فرش متوقف می‌شود ؛

● طراحی یک بررسی برای مقایسه ویژگیهای عایق‌بندی در مواد مختلف ؛

● محاسبهٔ هزینهٔ گرم کردن یک استخر ۵۰۰۰۰ لیتری به اندازهٔ $10^{\circ}C$، با استفاده از اندازه‌گیریهای آزمایشگاهی به هنگام گرم کردن آب.

۶ ـ ۳ ـ ب) هدف پیشرفت

دانش‌آموزان می‌توانند با موارد زیر یاد بگیرند :

● انجام بررسی یافتن عاملهایی که خشک کردن لباسهای خیس روی بند را تسریع می‌کنند ؛

● محاسبهٔ هزینهٔ انرژی الکتریکی در وسائل خانگی دانش‌آموزان با خواندن کنتور برق در شروع و پایان یک دورهٔ ۲۴ ساعته ؛

● مقایسهٔ مزیتها وعیبهادردستگاه‌های سنجش قیاسی و رقمی (digital & analogue) ؛

● کمک به معلم در طراحی برنامه یادگیری برای کشف کاربردهای فیزیک در منزل ؛

● تعیین فاصله‌های کانونی عدسیهای مختلف عینک ؛

● بررسی این که چگونه فرهنگهای مختلف طناب می‌سازند، و تعیین استحکام نسبی مربوط به کلفتی طناب.

مثالهای ارزیابی

فعالیتهای ارزیابی زیر مثالهایی از انواع وظیفه‌هایی هستند که معلمان می‌توانند برای تهیهٔ اطلاعات تشخیصی (diagnostic)، دوره‌ای (formative) یا 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.

۶ ـ ۱ ـ الف) هدف پیشرفت

● *دانش‌آموزان مسائل خود را دربارهٔ حرکت‌های ساده طراحی می‌کنند و حلهای خودشان را می‌نویسند.* با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :

ـ وضعیتهای ساده و داده‌های واقعی را انتخاب کنند ؛

ـ از داده‌ها و نمودارهای حرکت استفاده کنند و حل مناسبی را محاسبه کنند ؛

ـ مناسب بودن مسائل دانش‌آموزان دیگر را ارزشیابی می‌کنند. با استفاده از این مثال، معلمان و *دانش‌آموزان می‌توانند توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :*

ـ اصلهای مربوطه فیزیکی مانند لزوم محیط مادی برای انتشار صوت را به کاربرند ؛

ـ اطلاعات علمی مناسب را برای سطح درک خود ارزیابی کنند.

● *دانش‌آموزان مقوایی را طراحی کنند که ساختار چشم را نمایش دهد و دیاگرامهای پرتو که نشان دهند چگونه عدسی‌ها چشمهای دوربین و نزدیک‌بین را تصحیح می‌کنند.*

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

ـ دیاگرامهای پرتو را برای هر ساختار چشم

دقیق رسم کنند :
ـ اطلاعات علمی مناسب را برای سطح درک خود ارزیابی کنند ؛
ـ اطلاعات را به طور فشرده منظم نمایند ؛
ـ اطلاعات را به گونهٔ بصری نمایش دهند.

● *دانش‌آموزان الگوی میدان مغناطیسی را که در اطراف دو آهنربای میله‌ای موازی به فاصلهٔ کوچکی از هم قرار دارند را رسم می‌کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ از الگوی ناکامل براده‌های آهن ایده‌آل‌ـ سازی کنند ؛
ـ تشخیص دهند که خطهای میدان مغناطیسی یکدیگر را قطع نمی‌کنند و در جهت شمال به جنوب هستند ؛
ـ دیاگرام واضحی با برچسبهای مناسب رسم کنند ؛
ـ اصلهای فیزیکی را برای وضعیت جدید به کار برند.

۶ ـ ۱ ـ ب) هدف پیشرفت

● *دانش‌آموزان بررسی کنند که چگونه فضانوردها می‌توانند در کرهٔ ماه با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.*

۶ ـ ۲ ـ الف) هدف پیشرفت

● *دانش‌آموزان تحقیق کنند : «آیا یک نوشیدنی داغ که برای ده دقیقه مانده است در دمای پایین‌تری سرد می‌شود یا نه؟ اگر شیر در ابتداء یا در پایان ده دقیقه به آن اضافه شود چگونه خواهد شد؟*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ پیش بینی خود را از نظر علمی توجیه کنند ؛
ـ تشخیص دهند که کدام متغیرها لازم‌اند که ثابت بمانند ؛
ـ تشخیص دهند که داده‌های گرد آمده ممکن است برای نتیجه‌گیری مطمئن کافی باشند.

● *دانش‌آموزان گواهی بر تاریخ تأثیرهای میدانهای مغناطیسی کم بسامد حاصل از صفحه‌های نمایش (مونیتور) کامپیوتر را روی انسانها بررسی کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ ماهیت موقت توضیح علمی که از داده‌های محدود به دست آمده است ؛
ـ ارزش توضیح‌های مسابقه‌ای و الگوهایی از داده‌های متضاد را در نظر بگیرند.

۶ ـ ۲ ـ ب) هدف پیشرفت

● *دانش‌آموزان یک مقالهٔ روزنامه‌ای دربارهٔ واکنش خانواده در ورود وسیله‌ای فیزیکی (مثلاً اجاق میکروویو) به منزل آنها تهیه کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ سؤالهای مناسبی را طرح کنند ؛
ـ از اطلاعات دلخواه گزارشی داشته باشند ؛
ـ یافته‌ها را به طور مؤثر مبادله کنند.

● *دانش‌آموزان کاربردهای در منزل یامدرسهٔ خود را که از پدیده فشار استفاده می‌کنند دسته‌بندی کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ استفاده فشار در بسیاری از کاربردها را بشناسند ؛
ـ کاربردها را با عنوانهای «ضروری»، «مطلوب» و «نامطلوب» دسته‌بندی کنند و از انتخابهای خود دفاع کنند.

۶ ـ ۳ ـ الف) هدف پیشرفت

● *دانش‌آموزان تحقیقی را برای اندازه‌گیری فاصلهٔ کانونی یک عدسی طرح و اجراء کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ طرح نوشته شده‌ای از یک تحقیق را تهیه کنند ؛
ـ برای گرد آوردن داده‌ها تجهیزها را برپا سازند ؛
ـ داده‌های مناسب را گرد آورند ؛
ـ برای محاسبهٔ فاصلهٔ کانونی از داده‌ها استفاده کنند.

● *دانش‌آموزان یک تحقیق عملی گسترده از انتخاب خود انجام دهند که دو تا سه هفته برای این کار وقت لازم است. دانش‌آموزان گزارشنامه داشته باشند و یک گزارش کامل تکمیل کنند و همچنین کار خود را به کلاس ارائه دهند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ به طور مستقل کار کنند و یاد بگیرند ؛
ـ گزارشهای مناسبی از کار خود داشته باشند ؛
ـ هدفهایی را تعیین و زمان‌بندی کنند و در تاریخ معین آنها را تمام کنند ؛
ـ در اشتراک منابع با دیگران همکاری کنند.

۶ ـ ۳ ـ ب) هدف پیشرفت

● *دانش‌آموزان، گروه‌بندی شده، کاربردی را طرح کنند که بر پایهٔ رسانش گرما باشد و برای قضاوت دربارهٔ مؤثر بودن آن امتحان مناسبی را طرح کنند.*

با استفاده از این مثال،معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند*توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ در دستیابی به هدف گروهی سهیم باشند ؛
ـ کارکرد یک وسیلهٔ فنی را ارزیابی کنند.

● *دانش‌آموزان ظرفیتهای گرمایی انواع مختلف کوهاتو (نوعی سنگ* ko'hatu ≡ hangi stones) *را اندازه‌گیری کنند.*

با استفاده از این مثال، معلمان و دانش‌آموزان *می‌توانند* توانایی دانش‌آموزان را ارزیابی کنند تا :
ـ داده‌ها را گزارش و ارائه دهند ؛
ـ عاملهایی غیر از ظرفیت گرمایی ـ که در مناسب بودن یک سنگ ویژه مؤثرند ـ تشخیص دهند ؛
ـ دربارهٔ مناسب‌ترین نوع سنگ تصمیم بگیرند ؛
ـ تجهیزات و مواد را با ایمنی به کار ببرند.

ترجمهٔ محمدعلی سعادت‌بخت

ادامه دارد

مرجع:

The New Zealand Curriculum Framework

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: ۷۳۳۵۱۱۰ ارسال 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.

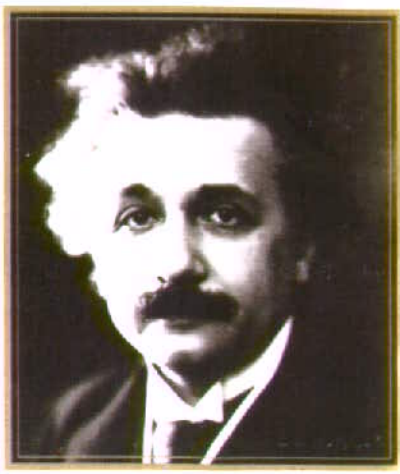
لطفاً برای هر مجله تقاضای جداگانه ارسال دارید.

مرکزتوزیع انتشارات کمک آموزشی

اسامی نمایندگان توزیع مجلات رشد تخصصی در استانهای سراسر کشور

	نام استان	نماینده توزیع	شهر	تلفن
۱	مرکزی	آقای محمد احمدلو	اراک	۳۱۲۱۹
۲	گیلان	آقای حسین صفری	رشت	۹ ـ ۳۹۰۸۲
۳	مازندران	آقای حمزه علی یلی‌لله نوری	ساری	انبار ۵۲۰۸۱ اداره ۲۰۵۶۱
۴	آذربایجان شرقی	آقای رحیم خلیلی	تبریز	مستقیم ۵۰۴۶۷ ۳۸ ـ ۳۷ ـ ۵۸۰۳۶
۵	آذربایجان غربی	آقای حسین سلیمی	ارومیه	۳ ـ ۳۲۵۹۰
۶	اردبیل	آقای محمدزاده	اردبیل	۴ ـ ۴۱۰۸۱
۷	کرمانشاه	آقای محمدرضا امیریان	کرمانشاه	۲۸۳۴۹
۸	خوزستان	آقای علیرضا سورمه	اهواز	۳۳۵۵۰۲
۹	فارس	آقای محمدجعفر مهرافسر	شیراز	۸۶۸۳۳۲
۱۰	کرمان	آقای حسین کارآموز	کرمان	۲۶۳۰۰۸ ۲۲۶۰۷۱
۱۱	خراسان	آقای محمد رضا بهروش	مشهد	۸۱۸۲۲۴
۱۲	سیستان‌وبلوچستان	آقای محمدرضا خسروی	زاهدان	۴۳۴۳۱۴
۱۳	اصفهان	آقای رحمت‌الله فروغی	اصفهان	۵۱۰۲۷۵
۱۴	کردستان	آقای محمدحسن فرخی	سنندج	۵۳۶۱۰
۱۵	سمنان	آقای حبیب‌اله اخلاقی	سمنان	۲۱۷۳۱
۱۶	همدان	آقای اردشیر جهانگیری	همدان	۳۰۸۷۷
۱۷	لرستان	آقای بهزاد رشیدنیا	خرم‌آباد	۳۴۰۲۲
۱۸	بوشهر	آقای محمدرضا پورمحمد	بوشهر	۳۷۳۴۱ ـ ۳۲۵۵۷ ۳۵۰۸۳
۱۹	هرمزگان	آقای ابراهیم دهقانی	بندرعباس	۳۶۶۵۸
۲۰	چهارمحال‌وبختیاری	آقای علی‌کرم کریمی	شهرکرد	۴ ـ ۲۴۰۰۱
۲۱	یزد	آقای محمدعلی دستا	یزد	۶ ـ ۴۳۰۲۱
۲۲	کهگیلویه‌وبویراحمد	آقای نصرالله اسدپور	یاسوج	۲ ـ ۳۱۲۱
۲۳	زنجان	آقای محمدرضا عبدالهی	زنجان	۳۸۰۵۱
۲۴	ایلام	آقای خدا رحمی	ایلام	۴۲۲۷۴

برای تهیه مجلات رشد در تهران و شهرستانهای تهران، علاقمندان می‌توانند به فروشگاه انتشارات مدرسه به‌نشانی :خیابان کریم‌خان‌زند ـ ابتدای خیابان ایرانشهرشمالی تلفن ۸۹۳۸۰۹ و یا به مراکز توزیع مجلات در مناطق آموزش و پرورش مراجعه نمایند. در شماره‌های بعدی مجله اسامی نمایندگان توزیع تهران و شهرستانها نیز درج خواهد شد.



آلبرت اینشتین ALBERT EINSTEIN

جیمز کلرک ماکسول JAMES CLERK MAXWELL

ریچارد فاینمن RICHARD P.FEYNMAN

پاول دیراک PAUL DIRAC

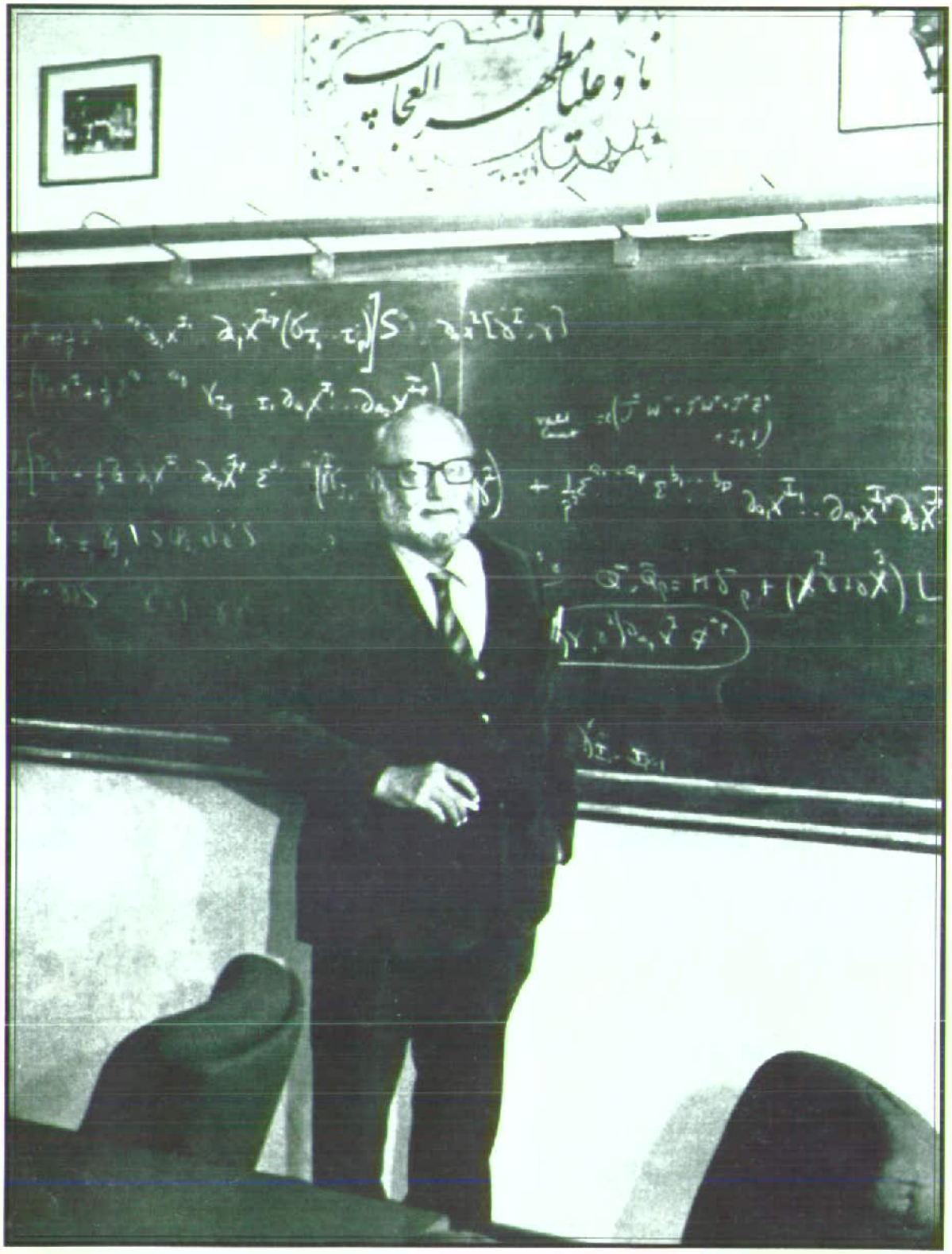
ارنست رادرفورد ERNEST RUTHERFORD

انریکو فرمی ENRICO FERMI

نیلزبور NIELS BOHR

ورنر هایزنبرگ WERNER HEISENBERG

مایکل فارادی MICHAL FARADAY



پروفسور فقید محمّد عبدالسلام، فیزیکدان پاکستانی، برندهٔ جایزه نوبل فیزیک ۱۹۷۹ و بنیانگذار مرکز بین المللی فیزیک نظری و فرهنگستان علوم جهان سوم.