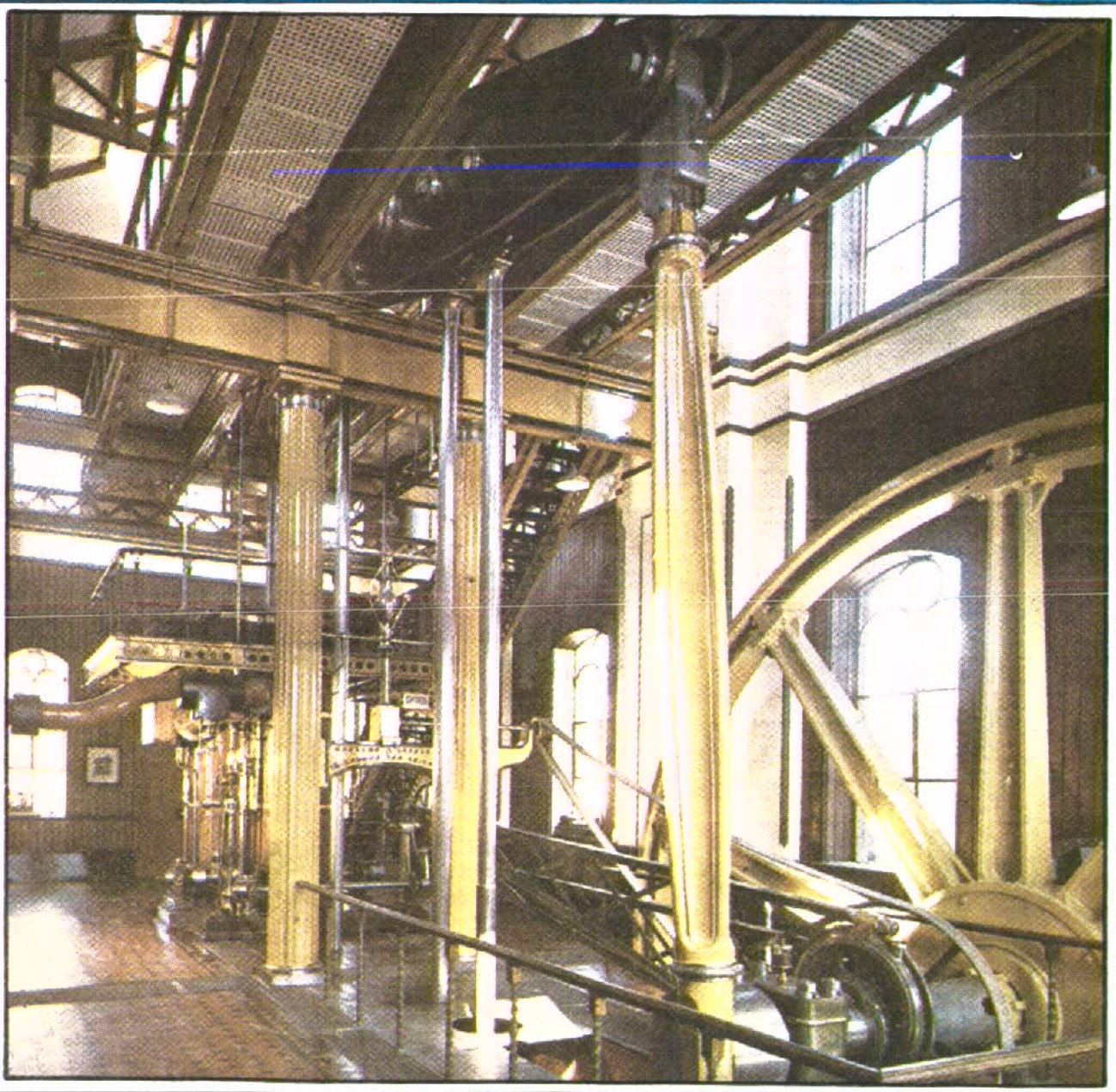
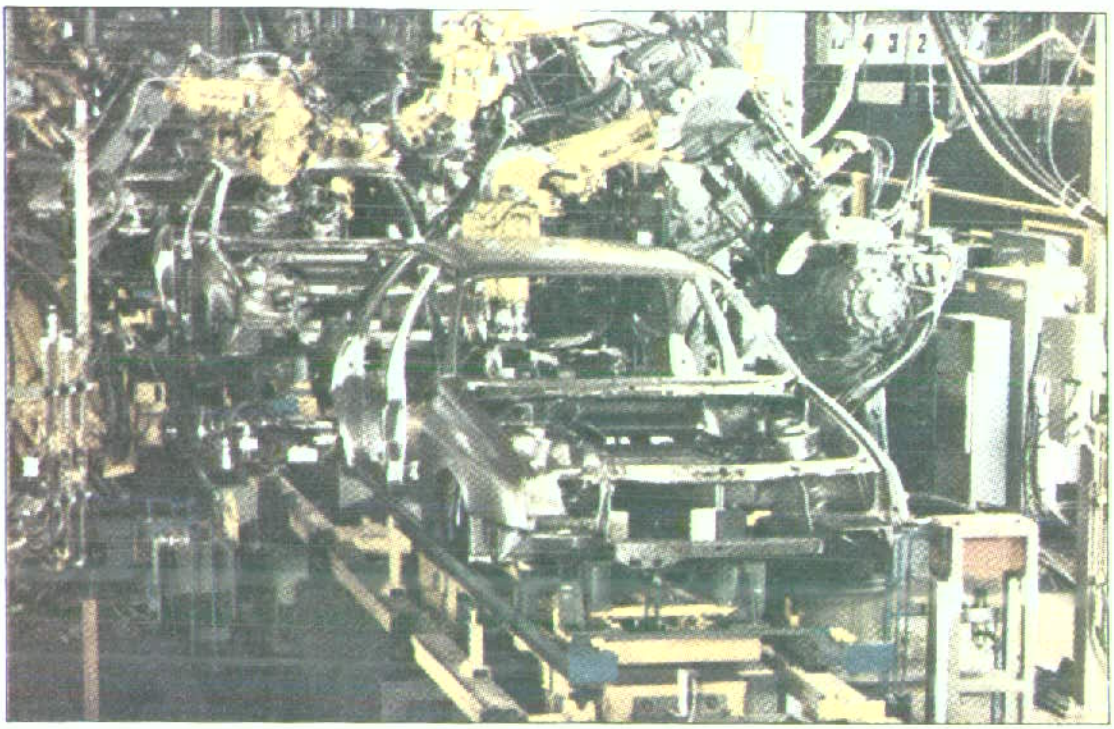
رشد آموزش فیزیک

سال سوم ــ بهار ۱۳۶۶ شماره مسلسل ۸

بها: ۱۰۰ ریال



خط تولید کارخانه ماشین سازی است، در این کارخانه قسمت‌های مختلف اتومبیل بوسیله روبات‌هایی که توسط کامپیوتر کنترل می‌شوند، بیکدیگر متصل می‌گردند.



روبات‌ها، در حال جوش دادن قسمت‌های مختلف اتومبیل.

روبات‌ها، در حال آبندی درب و شیشه اتومبیل

رشد آموزش فیزیک

سال سوّم ــ بهار ۱۳۶۶ شماره مسلسل ۸

نشریه گروه فیزیک دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف کتابهای درسی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
نشانی: خیابان ایرانشهر شمالی ــ ساختمان شمارهٔ ۴
وزارت آموزش و پرورش تلفن ۴ ــ ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۳)

سردبیر: اصغر لطفی
تولید: واحد مجلات رشد تخصصی
صفحه‌آرا: میترا فرامرزی نیکنام ــ خالد قهرمانی دهبکری

مجله رشد آموزش فیزیک هر سه ماه یک بار به منظور اعتلای دانش دبیران و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و آشنایی آنان با شیوه‌های صحیح تدریس فیزیک منتشر می‌شود.

فهرست

پیشگفتار	سردبیر	۳
سرگذشت فیزیک (قسمت سوم)	ابوالقاسم قلمسیاه	۴
فیزیک کوانتمی	ترجمهٔ: غلامعلی حداد عادل	۸
انرژی جرم دارد	ترجمهٔ: ابوالقاسم زال‌پور	۱۵
ابوعلی‌سینا		۱۸
مقدمه‌ای بر کامپیوتر به عنوان ابزار انفورماتیکی	سیدابراهیم ابطحی	۲۴
۳۳ تست با پاسخ و راهنمائی		۲۸
سطح انرژی پتانسیل صفر	احمد شیرزاد	۳۵
ابر رساناها	ترجمهٔ: محمودعیوضی‌ضیائی	۳۸
فیزیک عملی	جسام ــ حمزه	۴۷
امتحان گزینش دانشجو (۶۷ ــ ۶۶)		۴۸
اخبار علمی و فرهنگی		۵۴
قانون بقای اندازه حرکت خطی	سیدجعفرمهرداد	۵۸
آزمایشهای فیزیک	ترجمهٔ: احمدتوحیدی	۵۹
اجاق خورشیدی	اسدالله پارسا	۶۲
پاسخ به پرسشهای گزینش دانشجو (۶۷ ــ ۶۶)		۶۳

روی جلد: دستگاهی که از سال ۱۸۷۶ تا ۱۹۵۴ میلادی با توان ۲۵۰ اسب بخار برای پمپ کردن دو تن آب به‌کار گرفته میشد.

پشت جلد: روبات (Robot) در حال جوش دادن دو صفحه در امتداد خط شکسته مورد نظر.

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار

مجلهٔ رشد آموزش فیزیک با انتشار این شماره سوّمین سال وجود خود را اعلام می‌کند.

تدوین و انتشار هفت شماره در دوسالی که گذشت نه آنچنان آسان بود که خستهٔ راهمان نکند. ولی استقبال شما خواننده ارجمند از بسیار مفید و مؤثر بودن انرژی صرف شده سخن می‌گوید، و همین اثر بخشی است که ما را در ادامهٔ راهمان مشتاق‌تر و همّتمان را برای رشد دادن این طفل دو ساله بیشتر میسازد. در دو سالی که گذشت، اکثریت قریب باتفاق آنانیکه از قلمشان سود جُستیم یار فی سبیل‌الله بوده‌اند و نیّتی غیر از خدمت به اسلام و مسلمین نداشتند، جز به دانش‌افزایی مربیان نیاندیشیدند، که دانش‌افزایی مربّیان، دانش‌افزایی دانشجویان و دانش‌آموزان در نهایت باروری فرهنگ جامعه را در پی دارد.

شاید سخن از دشواریها گفتن دلچسب نباشد، ولی یاری خواستن همه‌جانبه برای رفع مشکلات اقدامی است در جهت رسیدن به هدف. لذا جهت آگاهی بیشتر می‌گوئیم که انتشار یک مقالهٔ چند صفحه‌ای قبل از هر چیز ساعتها و روزها از عمر نگارنده را صرف می‌کند و پس از آن ساعتها از وقت چند صاحب‌نظر را برای انتخاب مناسب‌ترین مقاله بخود اختصاص می‌دهد. و بالاخره مدّتی بس طولانی از عمر ویراستار علمی و ادبی را طلب میکند و این صرف وقتها همچنان ادامه دارد، تا به پایان آید آن عمری که خدای تبارک و تعالی مُقدرمان کرده. و ای کاش خالقمان که بر

بقیه در صفحه ۶۱

سرگذشت فیزیک

ابوالقاسم قلمسیاه

قسمت سوم
دنبالهٔ فصل دوّم

بلز پاسکال

شکست نور و نتایج حاصل از آن ــ شکست نور را از مدتها پیش می‌شناختند و تلاش زیادی برای پیدا کردن قانونهای آن به عمل آمده بود ولی همه ناموفق بودند. الحسن دانشمند فیزیکدان اسلامی هم آزمایشهای نسبتاً دقیقی در این زمینه انجام داد و کار اندازه‌گیری را تا زاویه تابش ۸۰ درجه ادامه داد و نسبت بین زاویه‌های فرود و شکست را حساب کرد. کپلر نیز به این کار راغب شد، ولی هیچکدام نتوانستند رابطه مشخّصی را بدست آورند. سرانجام دکارت در سال ۱۶۳۷/۱۰۱۶ قانون شکست نور ($\sin i = n \sin r$) را که در کشور فرانسه به نام خود او معروف شد بیان کرد، ولی او را محکوم کردند که این قانون را از اِسنلیوس[1] هلندی نخستین کاشف آن گرفته و او پیش از آنکه بتواند آنرا منتشر سازد مرده است. دکارت که مایل بود این قانون را با استدلال اثبات کند یک نظریهٔ نسبتاً بحث‌انگیز وضع کرد. او نور را متشکّل از ذرات ریزی درنظر گرفت که در محیط چگالتر تندتر از هوا حرکت می‌کنند. ولی فِرما این نظریه را مورد انتقاد قرار داد: فرما قانون را پذیرفت ولی توجیه آنرا رد کرد. در مقابل، اصل مهمّی را بیان کرد که به نام خود او «**اصل فرما**» نامیده می‌شود، و طبق این اصل، **نور برای رفتن از یک نقطه به نقطه دیگر همواره مسیری را می‌پیماید که زمان آن مینیمم است.** قانون شکست از این اصل با این شرط نتیجه گرفته شد که نور برعکس نظریه دکارت، هوا را تندتر از آب سیر می‌کند. این اختلاف نظر بین دکارت و فرما نزاع سختی به وجود آورد و هریک از آنان به شدّت از نظریه خود دفاع می‌کردند. باید منتظر فرارسیدن قرن نوزدهم میلادی بود تا با دادن حق به فرما به این اختلاف نظر خاتمه داده شود.

به هر صورت، دکارت به کمک قانونش توانست به درستی پدیده رنگین کمان را با تعقیب مسیر واقعی پرتوهای نور درون قطره‌های آب معلق در هوا تشریح کند. در آن زمان هنوز حساب دیفرانسیل طرح نشده بود. او روش شجاعانه‌ای بکار برد: ازاین‌قرار که ده هزار پرتو نور موازی که بطور منظم درجه‌بندی شده بودند روی یک قطره کروی تاباند و با تعقیب هریک از آنها همهٔ زوایای خروجی را حساب کرد و پی برد که پرتوهای ورودی به ازای زاویه ۳۰ و ۴۱° در دانه باران انبار می‌شوند و درنتیجه شکل و مقطع رنگین کمان اوّل را توضیح داد و همین کار را برای رنگین کمان دوم نیز کرد. این نتایج توسط نیوتن کامل شد و او تجزیه نور را تشریح کرد.

قانون شکست نور کم‌کم این امکان را بوجود آورد که طرز کار عدسیها، و در نتیجه، اسبابهای اپتیکی عدسی‌دار و همچنین اعمال چشم مورد مدّاقه قرار گیرند. پدیده‌های رؤیت بهتر درک شدند. **کپلر** اطمینان حاصل کرد که قاعدتاً از یک شیء تصویری معکوس بر روی پرده شبکیّه تشکیل می‌شود. این فکر توسط شینر[2] به اثبات رسید، به این طریق که وی چشم یک گاو را گرفت و پوستهٔ روی آنرا تا شبکیّه

برداشت و آنرا به طرف نور چرخاند و دید که تصویری واضح و معکوس تشکیل می‌شود. همین محقق پی برد که تطابق با فاصله، در اثر تغییر تحدّب عدسی چشم صورت می‌گیرد. ماریوت (۹۹۹ ــ ۱۶۲۰/۱۰۶۳ ــ ۱۶۸۴) نیز کشف کرد که محلّ ورود عصب بینائی یک نقطه کور است.

در نیمه دوم قرن هفدهم میلادی تصوّر می‌رفت که همه‌چیز دربارهٔ شکست نور گفته شده است. ولی در سال ۱۰۴۸/ ۱۶۶۹ یک نفر دانمارکی به نام بارتولین[3] موضوع تازه‌ای را کشف کرد: وی ضمن امتحان یک بلور اسپات دیسلند، که توسط خریداران آن به کپنهاگ باز آورده شده بود، مشاهده کرد که از پشت آن تمام اشیاء مضاعف دیده می‌شوند. پدیده **شکست مضاعف**، مورد سؤال دانشمندان قرار گرفت و آنان را سخت مشغول داشت ولی تا قرن نوزدهم بدون جواب ماند.

خواصّ مختلف نور. قدما تصور می‌کردند که انتشار نور آنی است. **گالیله** در این‌باره شک داشت؛ وی تلاش بسیار کرد تا مدّتی را که نور مسافت حدود ۳ کیلومتر را می‌پیماید اندازه بگیرد، ولی موفق نشد، زیرا این زمان درحدود یک صدهزارم ثانیه است که تعیین آن برای او امکان نداشت. شاگردان او هم نتوانستند در این باره کار بهتری انجام دهند و نتیجه گرفتند: اگر انتشار نور آنی نباشد سرعت آن بسیار زیاد است. به نظر می‌رسید که آنان امکان و آمادگی برای چنین اندازه‌گیری و برآورد سرعت نور نداشتند، و بطوریکه خواهیم دید، تنها در سال ۱۸۴۹/۱۲۲۸ اندازه‌گیری مستقیم سرعت نور عملی شد. با وجود این، یک منجم گمنام دانمارکی به نام رومر[4] (۱۰۲۳ ــ ۱۶۴۴/۱۰۸۹ ــ ۱۷۱۰) بدون هیچگونه آزمایش، به طریق بسیار هوشمندانه‌ای سرعت نور را برآورد کرد. وی که در آن زمان در رصدخانه پاریس کار می‌کرد دریافت که در خسوف بعضی از اقمار سیّاره مشتری بی‌نظمی‌هائی ظاهر می‌شود: خسوف آنها گاهی دیرتر و گاهی زودتر اتّفاق می‌افتد. او با اندیشه هوشمندانه‌ای این پدیده را به وضعیت آنها نسبت به زمین مرتبط دانست: یعنی وقتی که از زمین دورترند نورشان زمان بیشتری طول می‌کشد تا به ما برسد و یک تاخیر زمانی کوچک ظاهر می‌شود و برعکس. با این اندیشه بلافاصله سرعت نور را در حدود ۳۲۷۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه بدست آورد و این نخستین برآورد سرعت نور بود؛ دو قرن دیگر گذشت تا سرعت نور به طریق فیزیکی بهتری اندازه‌گیری شد.

از مدّتها پیش، فیزیکدانان روی مسئله رنگها توافق نظر نداشتند. عدّه‌ای از آنان بر این عقیده بودند که نور به خودی خود بی‌رنگ است و عوامل خارجی سبب رنگین شدن آن می‌شوند. این **نیوتن** بود که پس از یک مطالعه اصولی مسئله رنگ را حل کرد. وی به کمک یک رشته آزمایشهای جالب و پُربار (از ۱۰۴۷ تا ۱۰۵۱/ ۱۶۶۸ ــ ۱۶۷۲) نتایج واضح و غیرقابل بحثی را عرضه کرد:

نور سفید مخلوطی است از بینهایت نورهای رنگی خالص (به اصطلاح امروزه، منوکروماتیک)؛ این رنگها با انحرافهای متفاوت از منشور می‌گذرند و پدیدهٔ پاشندگی (دیسپرسیون)[5] آشکار می‌شود. ولی اگر دوباره همهٔ این پرتوها را یکجا جمع کنند (کاری که خود نیوتن انجام داد) خودبخود نور سفید اوّلیه از نو بدست می‌آید. نیوتن از این مطالب نتیجه‌های متنوّعی گرفت: رنگین کمان را بر همین اساس تشریح کرد: ابیراهی رنگی[6] را که عیب بزرگ دوربینها بود کشف کرد و آنرا غیرقابل اجتناب دانست، و دوربینها را به عموم مردم معرفی کرد. (یک قرن بعد، نورشناس انگلیسی به نام دالاند[7] عدسیهای شیئی آکروماتیک را اختراع کرد). نیوتن پی برد که رنگ یک جسم در اثر

توریچلی

آن دسته از پرتوهائی است که جسم آنها را باز می‌تاباند و این کیفیت انتخابی است، نه تبدیل نور که نظر پیشینیان بود.

در همان زمان یک محقق ایتالیائی به نام **گریمالدی**[8] دو پدیده اساسی تداخل و پراش (تفرّق) نور را در حالات خاص کشف کرد. این پدیده‌ها درست برخلاف شناختی بود که در آن زمان از ماهیت نور داشتند. کشف این پدیده‌ها هنوز زود بود و زمان طولانی لازم بود تا مورد بحث قرار گیرند، به همین جهت پدیده‌های کشف شده مورد توجّه قرار نگرفتند و یک قرن و نیم در بوته فراموشی ماندند. یادآور شویم که حلقه‌های معروف نیوتن نیز حالت خاصّی از تداخل نور است که نیوتن قوانین تجربی آنها را بخوبی پیدا کرد ولی نتوانست آنها را به درستی تعبیر کند.

نظریه‌های نور ــ دانشمندان، بر اساس کشفیات قرن، تلاش کردند تا نشانه‌هائی از ماهیت نور پیدا کنند و دیدند که کار آسانی نیست.

نخستین فرضیه، متضمن کیفیت ذره‌ای نور بود: ذرات بینهایت ریزی که از اجسام نورده گسیل می‌شوند. **دکارت** از این نظریه دفاع می‌کرد. **نیوتن** آن را بسط داد و بر اساس آن بسیاری از خواصّ ساده نور را شرح داد (مانند انتشار نور به خط راست، بازتابش و شکست). متأسّفانه برای تعبیر خواصّ تازه‌ای که کشف می‌شدند مرتباً نظریه خود را با افزودن فرضیه‌های جدید پیچیده‌تر می‌کرد. او این ذرّات را تحت تأثیر نیروهای جاذبه یا دافعه می‌پنداشت. برای آنها حرکت دورانی دائمی به دور خودشان قائل بود، آنها را نامتقارن در نظر می‌گرفت بدین سان که یک طرف آنها را گِرد و طرف دیگرشان را نوک‌دار می‌انگاشت. برای توضیح پیدایش حلقه‌ها، که به نام خود او معروف بودند (حلقه‌های نیوتن)، «نظریه سهل الحصول بودن انتقال و بازتابش» را وضع کرد که هوشمندانه ولی بحث‌انگیز بود. بدیهی است که روش پیچیده‌تر کردن پی‌درپی موضوع نشانهٔ خوبی نبود و خواصّ متعدد دیگری نظیر پدیده شکست مضاعف اسرارآمیز باقی ماندند.

در مقابل نظریه ذرّه‌ای نور، تئوری دیگری نیز عرضه شده بود. در این تئوری نور جنبهٔ ذره‌ای نداشت، بلکه از **امواج** نورانی تشکیل می‌یافت. در این نظریه نور ماهیت غیر مادّی داشت. ماهیت موجی نور که ابتدا توسط **گریمالدی** و سپس توسط **هوک** احساس شد، بوسیلهٔ **هویگنس** به طور وضوح عرضه شد و او بر اساس پدیده‌هائی چند این نظریه را ترتیب داد. ولی نظریه موجی نور توسط دانشمندان زمان رد شد، زیرا در آن نظریه نقاط ضعف بزرگی دیده می‌شد که به سرعت انگشت روی آنها گذاشتند: این نظریه بویژه انتشار نور به خط راست را توضیح نمی‌داد. خلاصه، حیثیّت و شخصیّت **نیوتن** کمک کرد که نظریه انتشار نور او را بدون چون و چرا قبول کنند و تئوری موجی نور برای مدت مدیدی در خاموشی ماند.

فشار جو ــ پیشینیان هیچگونه تصوّری دربارهٔ جوّ (آتمسفر) نداشتند قرون وسطی هم در این مورد مزیّتی نداشت. از زمان ارسطو، برای تفهیم بالارفتن آب در تلمبه‌ها می‌گفتند که «طبیعت از خلاء تنفر دارد». ولی «horror vacui» جمله‌ای بود که چیزی را توضیح نمی‌داد.

یک روز یک باغدار فلورانسی به ملاقات **گالیله** که دوران بازنشستگی خود را می‌گذرانید رفت تا از او دربارهٔ یک امر غیرمنتظره توضیح بخواهد: آب را با داشت از این که تا انتهای لوله تلمبه تازه ساز

او بالا رود و در ارتفاع ۳۲ پا (تقریباً ۱۰ متری) متوقف شده بود. گالیله از این موضوع متعجب شد و با باغدار به محلّ رفت تا پدیده‌را از نزدیک بررسی کند و اعلام داشت که به نظر می‌رسد طبیعت از خلاء بطور محدود تنفر دارد، ولی چون پیر و کم حوصله شده بود، درباره این مسئله بیشتر از این اظهار نظر نکرد.

یکی از شاگردان گالیله به نام **توریچلّی**[۹] (۹۸۷ــ۱۰۲۶ / ۱۶۰۸ ــ۱۶۴۷) مسئله را چنین حل کرد: علّت این پدیده عقیده موهوم تنفر از خلاء نیست، بلکه ممکن است فشار اعمال شده توسط آتمسفر باشد. او طرح یک تحقیق تجربی را ریخت که یک ستون جیوه را به جای ستون آب قرار دهد که به همان اندازه سنگین ولی خیلی کوتاهتر و آزمایش با آن عملی‌تر باشد؛ این آزمایش را دوستش **ویویانی**[۱۰] در سال ۱۰۲۲ / ۱۶۴۳ با یک لوله تقریباً یک متری پر از جیوه که آنرا روی ظشتک جیوه واژگون کرد انجام داد، سطح آزاد جیوه در لوله همانطور که پیش‌بینی شده در ارتفاع تقریبی ۷۶ سانتیمتر متوقف شد.

با آنکه به نظر می‌رسید که این آزمایش مؤیّد نظرهای توریچلّی است ولی در ردّ نظریه پیشین مؤثر نیفتاد. آزمایش نشان می‌داد که یک عامل سیب بالا رفتن مایعات تا بلندیهای مختلف به علت چگالیهای متفاوتشان می‌شود ولی ثابت نمی‌کرد که این عامل فشار هوا است. توریچلّی موضوع را رها کرد و چندی بعد در جوانی درگذشت. لکن کارهای توریچلّی توسط **مرسین**[۱۱] به فرانسویان معرّفی شد. فرضیه او مورد توجّه **پاسکال** قرار گرفت که او نیز به لزوم اجرای یک آزمایش قاطع و سرنوشت ساز پی برد و خود شایستگی طرح ریزی آنرا داشت.

پاسکال چنین اندیشید: اگر فشار هوا علّت صعود جیوه در لوله باشد، چنانچه تا ارتفاعی بالا رویم فشار ضعیف‌تر خواهد شد و جیوه در لوله کمتر بالا خواهد رفت. پاسکال در آن وقت در شهر **روئن**[۱۲] در ایالت **نورماندی**[۱۳] سکونت داشت و آنجا برای انجام چنین آزمایشی مناسب نبود. وی نامه‌ای به شوهر خواهرش به نام **پریه**[۱۴] که در شهر **کِلرْمون ــ فِرّان**[۱۵] اقامت داشت نوشت و تعلیمات دقیقی دربارهٔ آزمایش به او داد. این شهر در دامنه کوهستان **پوئی ــ دو ــ دوم**[۱۶] واقع و محلّ مناسبی برای آزمایش موردنظر بود. پریه متخصّص درچیزی نبود ولی به فیزیک علاقه داشت. او با خوشوقتی قبول کرد و آزمایش را با دقّت در سال ۱۰۲۷ / ۱۶۴۸ انجام داد. وی نخست ارتفاع ستون جیوه را در پای دامنه پوئی ــ دو ــ دوم، در لولهٔ توریچلّی یادداشت کرد (۷۱/۲ سانتیمتر) سپس همراه چند تن از دوستان خود آزمایش را بالای قلّه کوه انجام داد، ارتفاع ستون جیوه ۶۲/۷ cm بود. اندیشه پاسکال درست بود. سپس دوستداران فیزیک چندین اندازه‌گیری دیگر به عمل آوردند و سطح تراز اولّیه را بدست آوردند و بدین ترتیب مسئله «تنفرّ طبیعت از خلاء» خاتمه یافته تلقّی شد.

کریستیان هویگنس

پاسکال خود نیز آزمایش را در بالای برج **سن ژاک** در پاریس انجام داد (این برج بعدها به یادگار وی با مجسمّه‌اش تزئین یافت)، و نتایج را در سال ۱۰۲۷ / ۱۶۴۸ منتشر کرد، سپس در سال ۱۰۴۲ / ۱۶۶۳ در یک کتاب بزرگ ایده فشار آتمسفر را بسط داد و به کمک آن طرز کار بسیاری از دستگاهها از جمله تلمبه‌ها، سرنگ‌ها، سیفون‌ها و غیره را تشریح کرد.

* * *

فیزیک کوانتمی

نوشتهٔ: ادوارد یو. کاندون
Edward U. Condon
ترجمهٔ: غلامعلی حداد عادل

نظریهٔ کوانتمی که فیزیک این قرن را تحت تسلط خود درآورده است ابتدا در سال ۱۹۰۰، بطور ناخواسته توسط ماکس‌پلانک[1] بوجود آمد. در ۱۹۰۵، مفاهیم آن بوسیله انیشتاین[2] عملاً تحقق یافت و در ۱۹۱۳ به نحو درخشانی توسط بوهر[3]، در اتم بکار گرفته شد.

سرانجام، در فاصلهٔ کوتاه ۱۹۲۵ تا ۱۹۲۷، ساختمان کامل مکانیک کوانتمی شکل پیدا کرد و تجسم یافت.

اگر تاریخ علم را ورق بزنیم انتظار خواهیم داشت که تحولی به این عظمت، دهها و شاید صدها سال وقت لازم داشته باشد تا به تصور درآید، توسعه پیدا کند و پذیرفته گردد، اما این تحول تنها چند سالی بطول انجامید.

در این مختصر، پیدایش فیزیک کوانتمی، به شکلی غیر رسمی توسط یکی از پرکارترین کسانی که به پیشرفت آن کمک کرده‌اند، بیان شده است.

ادوارد یو. کاندون[4] در بیست‌وچند سالگی، همراه با رونالد گورنی[5] بخاطر فرمول‌بندی نظریهٔ مکانیک کوانتمی را دیواکتیویته آلفا (که ژرژ گاموف[6] نیز در همان زمان آنرا کشف کرده بود) ممتاز و مشهور گشت. کاندون، از آن پس در فیزیک آمریکا، هم بعنوان یک مبتکر و هم بعنوان یک مدیر، عظمتی یافته است.

در حال حاضر در سن‌لوئی در دانشگاه واشنگتن است. کاندون در ۱۹۵۴ از طرف انجمن توسعه علوم آمریکا، عنوان سرپرستی و زعامت یافته است.

همهٔ پیشرفت‌های مهم فیزیک در این قرن، عملاً، به نظریات کوانتمی بستگی داشته است. در نیمهٔ نخست این قرن فیزیک، به نحوی که هرگز در تاریخ جهان سابقه نداشته است، پیشرفتی انقلابی کرده است.

کاری که در اینجا از من ساخته است اینستکه بامید اینکه در زمینهٔ این بحث جالب، اشتیاق بیشتری را برانگیزم، اندیشه‌های اصلی را به سرعت مروری کنم تا شاید با اشاراتی جسته و گریخته به این داستان روشنی بخشم.

اندیشه‌های کوانتمی[7]

مقصود ما از فیزیک کوانتمی تمام قسمتهائی از علوم است که با ثابت جهانی مخصوصی سروکار دارند که به ثابت پلانک (h) موسومست و مقدار آن برابر با ارگ × ثانیه $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۲۷}$ میباشد.

فیزیک کوانتمی، وقتی بدینگونه تعریف شود، تقریباً همهٔ فیزیک و شیمی را در بر خواهد گرفت و سهم عمده‌ای نیز در فیزیک ستارگان پیدا خواهد کرد. گذشته از این، اندیشه‌های کوانتمی در مبانی فلسفی فیزیک نیز تحقیقات فراوانی را ایجاب کرده‌اند.

فکر کوانتمی نخستین بار در سال ۱۹۰۰ و ۱۹۰۱ بوسیلهٔ ماکس‌پلانک به هنگام مطالعهٔ تابش حاصل از اجسام جامد ملتهب وارد فیزیک گردید. این تشعشع را که شامل نور مرئی نیز میشد در قسمت اعظمی از قرن نوزدهم، یک حرکت موجی میدانستند، اما پلانک، برای ایجاد نظریهٔ تشعشع اجسام ملتهب، لازم دید چنان فرض کند که انرژی بوسیلهٔ اتمها به نحو پیوسته‌ای جذب و منتشر نمیگردد، بلکه برعکس جذب و انتشار انرژی در «بسته‌های کوچک معین» یا «کوانتا» صورت میگیرد.

بسیاری از خواص تجربی نور، حکایت از این میکند که نور به صورت یک حرکت موجی منتشر میشود در مورد این تجربه‌ها مطلب اسرارآمیز و دور از ذهنی وجود ندارد. چتری ابریشمی را در مقابل بگیرید و از پشت آن به چراغی که در دور دست خیابان واقع است نگاه کنید، علاوه بر تصویر سفید مرکزی، ردیف‌هائی از تصویرهای رنگی نیز خواهید دید که از تصویر مرکزی در دو امتداد عمود بر هم که مربوط به تاروپودهای نسج پارچه چتر است ــ امتداد پیدا کرده‌اند. علت وجود این تصویرها تداخل امواج نوری است که از فواصل نخ‌های منظم نسج چتر میگذرد. برای مشاهدهٔ دقیقتر این بیناب[8] اسبابی بسیار ظریف بنام توری پراشی[9] ساخته‌اند. با اندازه‌گیری فاصلهٔ زاویه‌ای بین این تصویرها و تصویر مرکزی میتوان طول موج امواج نور را بدست آورد و با دانستن سرعت انتشار امواج، میتوان فرکانس، یعنی تعداد نوساناتی را که موج در عبور از نقطهٔ معینی، در مدت یک ثانیه انجام میدهد پیدا کرد.

از اینراه دانسته میشود که طول موج نور بنفش در حدود ۳×۱۰^{-۵} سانتیمتر و طول موج نور قرمز تقریباً دو برابر آن یعنی در حدود ۶×۱۰^{-۵} سانتیمتر است. هزاران هزار از این طول موجها، دست کم تا شش رقم اعشا

اندازه‌گیری شده است و وسیعترین و دقیقترین نتایج تجربی در همهٔ فیزیک همین اندازه‌گیریهاست. از اینجا، همچنین معلوم میشود که چون سرعت نور ۳×۱۰^{۱۰} سانتیمتر بر ثانیه میباشد، فرکانس نور بنفش در حدود $۱۰^{۱۵}$ سیکل بر ثانیه است. از دید پلانک، نوری با فرکانس ν سیکل بر ثانیه، بصورت ذره‌هائی با انرژی معادل $h\nu$ جذب و منتشر میشود، باینترتیب این مقدار برای نور بنفش $۶/۶ \times ۱۰^{-۱۲}$ ارگ خواهد بود. برای اشعهٔ ایکس فرکانس در حدود ۱۰۰۰۰ بار بزرگتر است و بنابر این ذره‌ها، ۱۰۰۰۰ بار بزرگتر خواهند بود.

استدلالی که به چنین نتیجه‌ای میرسید آنچنان پیچیده و مبهم بود که حتی خود پلانک را هم بطور کامل قانع نمیکرد. فیزیکدانها، دست کم در موضوعاتی که به رشتهٔ علمی آنان مربوطست، مردمی بسیار محافظه‌کارند، و بدین لحاظ مایل نبودند فکر انقلابی کوانتمی را بر مبنای مدرک ضعیفی قبول کنند.

در ۱۹۰۵ انیشتاین نشان داد که اگر دید کوانتمی نور را بر نظریهٔ موجی ترجیح دهی، چقدر روشن و دقیق میتوانیم حقایق مربوط به پدیدهٔ فتوالکتریک را دریابیم. در پدیدهٔ فتوالکتریک بر فلزی نور میتابد و از آن فلز الکترون منتشر میشود. آزمایشهای اولیه، نشان داد که افزایش شدت نور تابنده، موجب افزایش الکترونها میشود، اما در انرژی جنبشی که هر الکترون منتشر شده با خود دارد افزایشی ایجاد نمیکند، در حالیکه از دید موجی باید چنین تصور شود که یک موج بزرگتر (یعنی نوری با شدت بیشتر) الکترونها را سخت‌تر تکان خواهد داد و آنها را با انرژی بیشتری بیرون خواهد راند.

آزمایش همچنین نشان میداد که انرژی الکترونهای صادر شده، با افزایش فرکانس نور؛ بطور مستقیم و خطی افزایش پیدا میکند و چنین نتیجه‌ای بر مبنای نظریه موجی نور بهیچوجه قابل درک نبود.

انیشتاین چنین توضیح داد که مطابق نظریهٔ کوانتمی نور، اگر هر کوانتم نور به سراغ یک الکترون برود، چون شدت بیشتر نور معنیش کوانتم‌های بیشتر نور است، پس افزایش شدت نور موجب افزایش تعداد الکترونها خواهد شد. پلانک قبلاً لازم دیده بود که مقدار انرژی هر کوانتم را متناسب با فرکانس موج نور فرض کند و باین ترتیب، برای اینکه چرا انرژی الکترونهای منتشر شده مستقیماً با فرکانس افزایش پیدا میکند نیز، توضیحی طبیعی بدست میآمد.

دوگونگی «موجی ــ ذره‌ای»[۱۰]

چنین بود که دوگونگی «موجی ــ ذره‌ای» یا بلاتکلیفی فیزیک جدید، همچون نوزادی پا به دنیای فیزیک گذاشت.

آنچه هست اینست که:

نور، در عبور از یک ردیف شکافهای نزدیک به هم آنچنان عمل میکند که توجیه کمی آن تنها بر پایه نظریهٔ موجی میسر است.

نور در تابش به یک فلز، الکترونها را آنچنان آزاد میکند که توضیح فانع‌کننده آن تنها برمبنای تئوری ذره‌ای یا کوانتمی امکان دارد.

و از اینجا بود که مساله با سرعت دائم التزایدی رو به توسعه نهاد.

وقتی اتمها در لوله‌های تخلیهٔ پر از گاز[۱۱] نظیر لوله‌های اگهی‌های تبلیغاتی ــ تحریک شوند، نورهائی که از آنها منتشر میشود، دارای فرکانسهای دقیق و معینی هستند که این فرکانسها مشخص‌کنندهٔ اتمهای گازی است که در لولهٔ تخلیه قرار دارد. اگر نور به صورت ذرّه‌هائی با انرژی معین منتشر شود این باید بدینمعنی باشد که اتمها نه تنها میتوانند در حالتهای خاصّی از انرژی قرار داشته باشند. تفاوت بین مقادیر این انرژیهای مجاز یا انرژیهای کوانتیزه ــ کوانتمی شده ــ انرژی ذرات نوری است که اتم در انتقال از یک حالت انرژی بیشتر به یک حالت انرژی کمتر از خود منتشر میکند.

در ۱۹۱۳ «نیلزبوهر» از ترکیب این فکر کوانتمی با طرحی که رادرفورد[۱۲] از اتم هسته‌دار ترسیم کرده بود، تئوری موفقیت‌آمیز خود را برای اتم ئیدرژن بنا کرد. چیزی نگذشت که «جیمزفرانک»[۱۳] و «گوستاو هرتز»[۱۴] آزمایشی انجام دادند که در آن دریافتند که الکترونها در برخورد با اتمها تنها میتوانند مقادیر کوانتیزه‌ای ــ جدا از همی ــ از انرژی را از دست بدهند و این مقادیر کوانتیزه، بسیار نزدیک به مقدار انرژی کوانتم‌های نوری است که از اتمها منتشر میگردد و به این ترتیب واقعی بودن سطوح ناپیوسته و کوانتیزهٔ انرژی را در اتم نشان دادند.

در ۱۹۱۲، اکتشاف دیگری صورت گرفت اهمیت فراوانی داشت.

از زمان کشف اشعهٔ ایکس بوسیلهٔ «ویلهلم رونتگن[۱۵]» در ۱۸۹۶، همواره این فکر وجود داشت که آیا این پرتوها، یک حرکت موجی هستند یا باریکه‌ای از ذراتند تلاشهائی که در آزمایشهای پراش[۱۶] بکار رفت، همه نتیجه‌اش منفی بود و دقت آزمایشها چنان بود که معلوم میشد اگر این پرتوها حرکت موجی هم باشند، طول موجشان از حدود $۱۰^{-۸}$ سانتیمتر کمتر است و این مقدار که درست در حدود فاصلهٔ ردیف اتمها در یک کریستال است، «ماکس‌فون لاوه»[۱۷] را باینفکر انداخت که شاید جایگیری منظّم اتمها در یک کریستال، ــ شبیه خطوط یک توری برای نور معمولی ــ بتواند اشعهٔ ایکس را پراشیده سازد. آزمایش موفقیت‌آمیز بود و باینترتیب دو رشتهٔ جدید نیز در فیزیک

بوجود آمد.

با بکار گرفتن کریستالی با ساختمان معلوم، اینک این امکان پیدا شده بود که طول موج اشعهٔ ایکس مشخصی را که هر اتم منتشر میکند اندازه‌گیری کنند و بدینترتیب بینابنمائی[18] تا دامنهٔ اشعه ایکس نیز گسترش یافت. و نیز با بکارگرفتن اسعهٔ ایکسی با طول موج معلوم، این امکان پیدا شده بود که از ماهیت طرح پراش حاصل دریابند که اتمها در کریستالی که در جستجوی شکل ساختمان آن هستند، چگونه منظم شده‌اند. بنابر این ابزار نیرومندی برای مطالعهٔ ساختمان اجسام جامد بدست آمده بود.

فایدهٔ همهٔ اینها این بود که معمای اضطراب‌آور این بلاتکلیفی را که آیا اشعهٔ ایکس و نور، حقیقةً حرکت موجی هستند یا روانه‌ای از ذراتند، بهتر نشان میداد. چنین بنظر میآمد که باید چیزی شبیه هر دو جنبه در کار باشد و حال آنکه هیچ‌کس نمیتوانست بفهمد که چگونه ممکن است به هر صورت که باشد هر دو جنبه وجود داشته باشد. تنها «دبلیو. اچ. براگ[19]» در اواخر ۱۹۱۲ در کتاب خود بنام «طبیعت» به جنبه‌ای تلفیقی اشاره کرد، او نوشت: «اینطور بنظر من میرسد که مساله به اینجا خواهد رسید که از دو تئوری اشعهٔ ایکس، یکی را انتخاب نکنیم، بلکه ..... دنبال نظریه‌ای باشیم که قابلیت هر دو را داشته باشد».

در مدل اتمی بوهر، الکترون‌ها مثل سیارات که در منظومهٔ شمسی بدور خورشید میچرخند بدور هسته درچرخشند. این تئوری هر چند که در توجیه واقعیات مربوط به بینابنمائی، بی‌اندازه توفیق بدست آورد، لیکن نتوانست ماهیت اصلی نیروهای ظرفیتی[20] را که در یک ملکول اتمها را به هم می‌پیوندد، روشن کند. «جی. ان. لوئیس»[21] در بر کلی در مقابل این تئوری، تئوری دیگری بوجود آورد که مبتنی بر یک مدل ایستا از اتم[22] بود و در آن الکترونها در گوشه‌های یک سری مکعب‌هائی که هسته را احاطه میکنند جایگزین شده بودند و هشت گوشه هر مکعب متناظر با دوره‌های هشت تائی دستگاه تناوبی عناصر بود.

هنگامی که من در ۱۹۲۱ بعنوان دانشجوی سال اول وارد دانشگاه کالیفرنیا شدم، در بخش فیزیک اتم بوهر تدریس میشد و در بخش شیمی، اتم لوئیس نظریهٔ رسمی بود. درحال حاضر هر دو بخش مدل اتم واحدی را تدریس میکنند که به هیچ یک از مدلهای گذشته شباهت ندارد هر چند که بهترین جنبهٔ هر یک از آن دو را در خود جمع کرده است. آنچه من میگویم آنقدر قدیمی است که اگر قرار شود آنها را در جائی شرح دهند شاید آنجا بخش تاریخ باشد.

سالهای نخست پس از ۱۹۲۰، برای پژوهشگران فیزیک سالهائی پر هیجان بود. ماتئوریهای رقیب همی داشتیم که هر کدام نارسائی‌ها و تردیدهائی همراه داشتند، در هر یک از آنها بعضی چیزها از نظر دور مانده بود.

در ۱۹۲۳، دشوار «موجی ــ ذره‌ای» حادّتر شد». «آرتور کمپتون[23]» در سن لوئی کشف کرد که ذرات اشعهٔ ایکس همانگونه که انرژی دارند، اندازهٔ حرکت[24] نیز دارند. وقتی اشعهٔ ایکس بوسیلهٔ اتمهای سبک پراکنده شود[25] دیده میشود که اشعهٔ ایکس پراکنده شده کوانتم‌های کوچکتری از کوانتم‌های اشعهٔ برخورد کننده دارند وهر چه زاویهٔ انحراف پراکنده شده از امتداد اصلی بیشتر باشد، افت انرژی بجانب کوانتم‌های کوچکتر بیشتر است. این‌ها همه دقیقا منطبق براین‌نظر بودکه‌اشعهٔ ایکس کوانتم‌هائی هستند که در برخورد با الکترونها پراکنده میشوند و قوانین برخورد نیز همان قانون‌های بقای انرژی و بقای اندازهٔ حرکت هستند که دربرخورد دو ذره ــ مثلا دو گلولهٔ بیلیارد بکار میروند.

در همان سال ۱۹۲۳، «لوئی دو بروی[26]» در پاریس، پایان‌نامهٔ دکترای خود را انتشار داد. وی در آن پایان نامه که حالا دیگر خوب مشهور است، پیشنهاد کرد که دو گونگی «موجی ــ ذره‌ای» ممکن است همچنانکه برای کوانتم‌های نور و اشعهٔ ایکس در نظر گرفته میشود برای الکترونها نیز تعمیم یابد. تا اینزمان، فیزیکدانها مطمئن بودند که یک باریکهٔ اشعهٔ کاتودی، صرفا جریانی از الکترونهائی است که برطبق قوانین نیوتن حرکت میکنند که آن قوانین هم در ضمن میباید در انرژیهای زیاد بخاطر تاثیرات مربوط به نسبت تصحیح شوند.

دوبروی پیشنهاد کرد که رابطهٔ بین طول موج جنبهٔ موجی الکترون و اندازهٔ حرکت جنبهٔ ذره‌ای آن، باید همان رابطه‌ای باشد که قبلا برای کوانتم‌های اشعهٔ ایکس بدست آمده بود. که برطبق آن طول موج برابر با حاصل تقسیم ثابت پلانک بر اندازهٔ حرکت است. این پیشنهاد توجیه ساده‌ای برای وجود سطوح جدا از هم انرژی در اتم، که در تئوری بوهر، بمنظور هاهنگی با نتایج بینابی، صرفا بعنوان یک اصل قبول شده بود، بدست داد.

میدانیم که در یک دستگاه موسیقی نوسان آزاد هر تار کشیده‌یی در فرکانس مخصوصی صورت میگیرد و این به نحوی است که، برای هر فرکانس بخصوص، طول تار درست برابر نصف طول موج موجی میشود که در سیم انتشار میابد. همچنین سیم میتواند در دو برابر این فرکانس نیز نوسان کند و بنابراین طول آن برابر با دو نصفهٔ طول موج خواهد شد و یا با سه برابر فرکانس اصلی که در این حالت برابر با سه نصفه موج خواهد بود و بهمین ترتیب.... قواعد مربوط به نوسان اجسام یکپارچهٔ دیگر مثلا پوست یک طبل نیز مشابه همین قواعد

است.

دوبروی به طریق مشابهی استدلال کرد که اگر حرکت الکترونها نیز به نحوی به یک حرکت موجی وابسته باشد، بنابر این مدارهای مجازی که در اتم وجود دارد نیز معلول محدودیت‌های ریاضی است، شبیه محدودیتهایی که ایجاب میکند که اجسام مرتعش تنها بتوانند در حالتهای ارتعاشی جدا از همی ارتعاش داشته باشند.

بر مبنای چنین نظری، این نتیجه بدست میاید که طول موج دوبروئی الکترونی که در اختلاف پتانسیلی در حدود چند صد ولت، شتاب پیدا کرده است، در حدود طول موج اشعهٔ ایکس است. از اینجا لازم میاید که الکترونها نیز بوسیلهٔ ردیف اتمهای منظم یک کریستال، از خود پراکندگی پراشی نشان دهند. پراش الکترون در سال ۱۹۲۷ توسط «دی ویسون[۲۷]» و «جرمر[۲۸]» که در نیویورک در پراکندگی الکترونهای کم انرژی را بوسیلهٔ یک کریستال یک پارچهٔ نیکل مطالعه میکردند، کشف شد. در همان سال نیز مستقل از آندو، «تومسون[۲۹]» که در پراکندگی الکترونهای پر انرژی بوسیلهٔ مواد چند کریستالی در انگلستان کار میکرد، همان نتیجه را بدست آورد. این آزمایشها تایید کرد که الکترونها همچنان موجی با طول موج پیش‌بینی شده بوسیلهٔ دوبروی، از کریستالها پراکنده میشوند.

همچنین از اینجا برای مطالعات کریستالوگرافی نیز وسیلهٔ تازه‌ای بدست میامد که در این زمینه نتایج حاصل از پراش اشعهٔ ایکس را تکمیل میکرد.

چند سال بعد، هم از راه تجربه نشان داده شد که باریکه‌های ملکول ئیدرژن و اتم هلیوم نیز وقتی بوسیلهٔ کریستالها پراکنده میشوند از همان اصول موجی دوبروی پیروی میکنند. این کار بدست «اتواشترن[۳۰]» انجام شد، اشترن در آنوقت در هامبورگ آلمان استاد فیزیک بود و اکنون نیز از اعضای برجستهٔ بر کلی است.

در نتیجهٔ این اکتشافات تجربی و بسیاری از پیشرفتهای نظری مربوط به آن اکتشافات، اکنون فیزیکدانان اعتقاد پیدا کرده‌اند که دو گونگی «موجی ـــ ذره‌ای» برای همهٔ اشیاء طبیعت، از ذرات نور، الکترونها و پروتونها گرفته تا کل اتمها و ملکولها صادق است، منتها برای اجسام بزرگتر، طول موج بقدری کوچک میشود که جنبهٔ موجی غیر قابل مشاهده میشود و دلیل اینکه چرا همهٔ حرکت‌های معمولی از قوانین ذره‌ای مبتنی بر قوانین حرکت نیوتن اطاعت میکنند نیز همین است.

مکانیک ماتریسی[۳۱] در ۱۹۲۵، «ورنرهایزنبرگ[۳۲]»، در گوتینگن، راه ریاضی جدیدی برای بررسی مسایل فیزیک اتمی کشف کرد. این طریقه به مکانیک ماتریسی معروف شد، زیرا برخلاف مکانیک نیوتنی که در آن مقادیر را بوسیلهٔ اعداد معمولی بیان میکنند، در این تئوری کمیت‌ها را با ابزار ریاضی دیگری که به «ماتریس هرمیتی[۳۳]» موسوم شده است نشان میدهند.

این تئوری برای فیزیکدانان موجب درد سر فراوان شد، چون تا آنموقع هیچیک از آنها هرگز عملاً به مطالعهٔ جبرماتریسی نپرداخته بودند. درست است که ریاضی‌دانان ماتریسها را خوب میشناختند، اما چون فیزیکدانها به آنان فشار میاوردند که به آنها فقط آنچه را که بدردشان میخورد یاد بدهند، آنان نیز به همین دلیل وقتی با فیزیکدانها سر وکارشان میافتاد از ماتریسها صحبتی نمیکردند.

در سال ۱۹۲۵، ماکس بورن[۳۴] که در سال ۱۹۵۴ برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک شد، بعنوان یک استاد دعوت شده از گوتینگن به برکلی آمده بود و مکانیک ماتریس تدریس میکرد آنروزها به ما که سعی میکردیم اندیشه‌های عجیب و تازهٔ مکانیک ماتریسی را یاد بگیریم خیلی سخت میگذشت.

اما بعد در بهار ۱۹۲۶، وقتی «اروین شرودینگر»[۳۵]، مکانیک موجی خود را در مقابل این تئوری علم کرد و ما توانستیم از مشکلات جبر ماتریسی فرار کنیم جانمان راحت شد. و چه تعجبی پیدا شد وقتی که در تابستان ۱۹۲۶، «کارل اکارت»[۳۷] در «پازادنا»[۳۶] و نیز خود شرودینگر کشف کردند که این دو تئوری عیناً با هم یکی هستند. علت اینکه یکسانی این دو تئوری مدتی طول کشید تا معلوم شود این بود که هر یک از آندو، لباس کاملا دگرگونه‌ای بتن کرده بودند.

در اواخر سال ۱۹۲۶، من برکلی را به قصد گوتینگن ترک کردم تا در آنجا با بورن مکانیک گوانتمی جدید را مطالعه کنم. در آنجا «دیوید هیلبرت»[۳۸] این ریاضی‌دان بزرگ، با خوشحالی برای ما تعریف میکرد که چطور به فیزیکدانان نظری گوتینگن، رابطهٔ نزدیکی را که بین جبر ماتریسی وبعضی مسائل معادلات دیفرانسیل با مقدار مرزی[۳۹] وجود دارد، گوشزد کرده بوده است که اگر آنها دنبال این راهنمائی او را گرفته بودند، ممکن بود مکانیک موجی را زودتر از شرودینگر کشف کنند.

هیلبرت آنروزها عادت کرده بود که بگوید:

«فیزیک دارد برای فیزیکدانها خیلی مشکل میشود».[۴۰]

در سال ۱۹۲۷، سرعت اکتشافات فیزیک نظری، از هر سال دیگری در تاریخ علم بیشتر شد. هر شماره از مجلات عمدهٔ فیزیکی، دست کم یک مقالهٔ خیلی مهم در برداشت. از جملهٔ این اکتشافات و پیشرفت‌ها، یکی فرمول‌بندی. کلی‌تر قوانین مکانیک کوانتمی بود که بطور اصولی بدست «پی. ا. ام.

دیراک[41]» در انگلستان و «جان فون نیومن[42]» در آلمان انجام شد.

از پیشرفتهای دیگر یکی توسعهٔ نظریهٔ کوانتمی میدان تشعشعی و دیگر عرضهٔ شکل نسبیتی تئوری کوانتمی الکترون بود که بدست دیراک صورت گرفت و منجر به پیش‌بینی وجود الکترون با بار مثبت یا پوزیترون گردید که چند سال بعد نیز بوسیلهٔ «کارل آندرسن[43]» در پازادنا کشف گردید.

«آرنولد سمرفلد[44]» نیز با بکاربردن روشهای مکانیک کوانتمی در مورد رفتار الکترونهای آزاد رساناها، مبانی نظریهٔ جدید فلزات و نیمه رساناها راپایه‌ریزی کرد.

«دبلیو. هایتلر[45]» و «اف. لندن» (F. London) مکانیک کوانتمی را در مورد اتصال شیمیائی کووالانسی دو اتم ئیدروژن بکار بردند و نشان دادند که این تئوری میتواند نیاز شیمیدانان را در این زمینه برآورد، و همین امر موجب پیشرفت وسیعی شد که در نتیجهٔ آن «لینوس پاولینگ[46]» در سال ۱۹۵۴ از انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا بدریافت جایزهٔ نوبل شیمی نائل گشت.

و نیز هایزنبرگ نشان داد که چگونه مکانیک کوانتمی جدید میتواند واکنش متقابل شدید الکترونها را در آهن و کبالت و نیکل که موجب ظهور خواص مغناطیسی این عناصر است، توجیه کند.

اکتشافات بسیار دیگری نیز صورت گرفت که از آن میان میتواند به تبیین نهائی ظرفیت گرمائی گاز ئیدرژن اشاره کرد. مدتها بود که میدانستند که در مورد چرخش ملکولهای ئیدرژن از قید و شرطهای کوانتمی استفاده کنند، سرانجام «دیوید ام. دنیسون[47]» با حل این مساله، موفق به کشف دو نوع گاز ئیدرژن پایدار به نام ئیدرژن ارتو و ئیدرژن پارا گردید. این چیزهای تازه آنچنان به سرعت میشدند که فیزیکدانها از پیرو جوان از پرخوری و سوء هاضمهٔ دماغی حادّی ــ اگر بتوان چنین اصطلاحی را در اینجا بکار برد ــ رنج میبردند. یادم هست که در بهار سال ۱۹۲۸ که من برای نخستین بار در دانشگاه کلمبیا مکانیک کوانتمی درس میدادم، برگن دیویس پیر، همهٔ حرفهائی را که داشت در یک کلام خلاصه کرد و گفت: «من باور نمیکنم که شما جوانها از من بهتر بفهمید، اما شما همه باهم یکی شده و حرف خودتان را میزنید».

نظریه‌های آماری[48]

کمی به عقب بر میگردیم، در اواخر سال ۱۹۲۶ بود که ما کس بورن با عرضه کردن فرضیه‌ای که مبنائی کلی برای تعبیر فیزیکی ریاضیات مکانیک کوانتمی بدست میداد، یک قدم قطعی برداشت ما برای حرکت موجی ریاضیاتی داشتیم و در ضمن میدانستیم که این حرکت موجی به نحوی با حرکت الکترونها و نیز دیگر ذرات اتمی مربوط است. پرسش بزرگی که وجود داشت این بود که ارتباط اساسی بین ذرات اتمی و حرکت موجی وابسته به آنها چیست؟.

جواب بورن که به نحو عمده‌ای اساس جایزهٔ نوبلی بود که او در ۱۹۵۴ برد این بود که تئوری در مورد حرکت ذرات پیش‌بینی دقیقی نمیکند و نمیتواند هم بکند، بلکه تنها احتمال نسبی نمودها و حرکتهای گوناگون را بدست میدهد. او مخصوصا بر این اصل تکیه کرد که مجذور دامنهٔ موج دوبروی در هر نقطهٔ مشخص، همان احتمال نسبی یافتن یک ذره در آن نقطه است.

این فکر بطور ضمنی، یک فکر اساسی و انقلابی است و هنوز هم بر سر مفهوم اصلی آن، بین فیزیکدانها مشاجراتی درگیر است. با این وجود، باید تصدیق کرد که این فکر تعبیر آماری امواج برای بیان احتمال رفتار ذرات، اکنون بیش از یک ربع قرن است که در بوتهٔ آزمایش زمانه واقع شده و همچنان اساس همهٔ فیزیک اتمی جدید را تشکیل میدهد.

علم فیزیک در آغاز پیشرفت خود، به پیش‌بینی‌های دقیق نجومی دست یافت که نتیجهٔ تئوری دینامیکی منظومهٔ شمسی بود و پس‌از آن نیز این همه نتایج کمی تحقق یافته در فیزیک، تفکر فیزیکی را تحت سلطه و نفوذ خود در آورد و سبب شد که همه تصور شود که فیزیک را میتوان به بیانی کاملا حتمی و جزمی[49] مبتنی بر حرکت تبدیل کرد، بدانگونه که اگر وضعیت حال حاضر کاملا معلوم باشد و مهارت کافی نیز در محاسبات وجود داشته باشد، هرکس بتواند دقیقاً حساب کند که در آینده، در تمام طول زمان چه اتفاقی خواهد افتاد.

البته قبل از ۱۹۲۶ نیز تئوریهای آماری در فیزیک معمول بود. از روشهای آماری برای بدست آوردن میانگین کلی حرکتهای حرارتی که موجب بروز خواص حرارتی ماده است، استفاده میشد. لیکن در تمام این تئوریها فرض چنین بود که حقیقتا یک واقعیت صد درصد حتمی مکمونی[50] وجود دارد و این روشهای آماری را ما بدلخواه و برای سادگی بیان ــ و نه بعلت یک لزوم اساسی ــ بکار میگیریم.

و اینک این پرسشها پیدا شده بود:

آیا حقیقتا برای پدیده‌های فیزیک اتمی، یک بیان صددرصد حتمی و جزمی وجود دارد، که اگر تاکنون از مشاهدات ما و تئوری‌سازی‌های ما گریخته است، بعلت ناکاملی‌هائی اصولی بوده است که احتمالا در آینده برطرف خواهد شد؟

و یا اینکه برعکس، در جهان و راههای ممکنی که برای ما در مشاهدهٔ جهان وجود دارد یک محدودیت ذاتی وجود دارد، به نحویکه

سبب میشود علم ما به حوادث جهان، اساسا محدود به مشاهدات و استنتاجات آمارگونه باشد؟

در اواخر سال ۱۹۲۷، هایزنبرگ، تحلیلی از عمل اندازه‌گیری بدست داد که قویا پاسخ مثبتی به این پرسش دوم بشمار میرفت. تحلیلهای دیگری که در ۱۹۲۸ بدست بوهر صورت گرفت، به این گونه اندیشه‌ها وسعت بخشید.

جوهر و چکیدهٔ این اندیشه اینست که در مقیاس اتمی، مراحل مشاهده، لزوماً موجب آشفتگی‌ها و اغتشاشات غیرقابل کنترلی میگردد و همین امر باعث پیدا شدن «عدم یقین»[۵۱] دامنه‌داری میشود که آگاهی صددرصد قطعی و جزمی را محال میسازد. اگر کسی دست از مشاهده بردارد البته که باعث بروز هیچگونه آشفتگی نخواهد شد. لیکن درعوض نسبت به همه اطلاعاتی که برای انجام محاسبات یقین‌آور لازم است جاهل خواهد ماند.

میتوان از راههائی، مشاهده را آنچنان ترتیب داد که دقت آگاهی ما را در مورد یک متغیر افزایشدهد، اما این بالا رفتن دقت به قیمت بالا رفتن «عدم یقین» ما در آگاهی از یک متغیر وابستهٔ دیگر تمام خواهد شد.

تحلیلی که بوهر وهایزنبرگ به عمل آورده‌اند، بینش عمیقی در مورد ماهیت محدودیتهائی که برای علم قطعی و یقینی وجود دارد بدست میدهد که بنظر میرسد که حقیقتا اساسی باشد. امروزه بیشتر فیزیکدانان این نظرات را پذیرفته‌اند و به جنبه آماری تئوری کوانتمی بعنوان یک کیفیت ذاتی جهانی که در آن زندگی میکنیم، مینگرند. مطابق این نظر حتمیت کلاسیک[۵۲] یک حد ایده‌آل است که دانش ما میتواند در پدیده‌هائی که در مقیاس بزرگ صورت میگیرد به آن حد نزدیک شود، پدیده‌هائی که در آنها، محدودیت‌های کوانتمی به صورت اصلاحات جزئی ناچیزی درخواهند آمد.

اما در این میان یک فیزیکدان بسیار مهم، با سرسختی، نحوهٔ تفکر دیگری دارد و او «البرت انیشتاین» است که در همان آغاز کار عقیدهٔ خود را با گفتن این جمله ابراز کرد. «خدای متعال، تاس نمیاندازد[۵۳]!».

در کتاب بوهر بنام «فلسفهٔ طبیعی شانس و انتخاب» نامه‌ای از انیشتاین که در ۱۹۴۷ نوشته شده نقل شده است. انیشتاین در این نامه میگوید: «..... تعبیر آماری..... مقدار معتنابهی از حقیقت را در بردارد»، نامهٔ خود را ادامه میدهد تا آنجا که میگوید: «من مطلقا اعتقاد دارم که سرانجام میتوان به تئوریی رسید که در آن، قانون حاکم بر روابط اشیاء، قانون احتمالات نباشد، اینچنین تئوریی ــ همچنانکه در گذشتهٔ نزدیکی نیز اینظور تصور میشد ــ حقایق قابل درکی را جانشین قانون احتمالات خواهد کرد.»

و سپس با فروتنی مخصوص بخود، نامه را با این جملات[۵۴] به پایان میرساند:

«من نمیتوانم برای این اعتقاد خویش دلایلی منطقی عرضه کنم، من فقط میتوانم انگشت کوچک خود را ــ که نمیتواند ادعای هیچگونه اختیاری بکند که خارج از پوست من بحساب آید ــ شاهد بگیرم».

البته من (کاندون) نمیدانم که آیا میتوان همه نتایج تجربی را در قالب روابط قطعی[۵۵] تدوین کرد یا نه، اما جای تردید نیست که اگر نظام علمی قطعی باشد یعنی بتواند به نهائی‌ترین مرز خود برسد، مطلوب‌تر خواهد بود. تاریخ علم پر است از تعمیماتی سطحی و ساده‌سازیهای بیش از اندازه‌ای که نتوانسته‌اند آنچه را که اگر بدرستی بیان میشد حقیقت پیدا میکرد بیان کنند. درنظر بگیرید که برمبنای همین فکرها چه نوشته‌های مفصلی در انکار آزادی اراده و یادرانکاردترمینیزم نوشته‌شده‌است.

به عقیدهٔ من فیزیک در مورد هیچیک از این دو راه نمیتواند حرفی بزند، چون مساله‌ایست که به رفتار انسانی مربوط میشود. همچنانکه از همان قدم اول، این تعمیم درست نبود که بر پایهٔ موفقیتهائی که در مورد سیارات نصیب مکانیک کلاسیک شده بود، درخصوص افعال انسانی نیز بهمانگونه به یک دترمینیزم افراطی اعتقاد پیدا کنند، در اینجا نیز بهمان ترتیب درست نیست که از دترمینیزم آماری مکانیک کوانتمی، تکیه‌گاهی برای آزادی اراده در رفتار انسانی جستجو شود.

فیزیک هسته‌ای[۵۶]

اصول تئوری کوانتمی، نسبتا بهمانگونه که امروز میشناسیم، تا سال ۱۹۲۷ بخوبی بوجود آمده بود.

از آنزمان تاکنون، نظرات فیزیک کوانتمی باندازه‌ای با پیشرفتهایی که در فیزیک و شیمی صورت گرفته است عجین شده است که هرگز نمیتوان فیزیک کوانتمی را جدا از پیشرفتهای این علوم مورد بحث قرار داد.

ساختمان فیزیک هسته‌ای، یکپارچه در قالب مکانیک کوانتمی ریخته شده است. این رشتهٔ جدید فیزیک هرگز از هیچ طریق دیگری مورد بحث قرار نگرفته است. استفاده از مکانیک کوانتمی در مسائل ساختمان داخلی هسته در ۱۹۲۸، با کشف نظریهٔ رادیواکتیویتهٔ ذرات آلفا بوسیلهٔ ژرژگاموف در گوتینگن و جد از او توسط رونالد گورنی و خود من در پرینستون، آغاز شد. این تئوری یکی از مواردی است که در آن مفهوم احتمال به منتها درجه بکار رفته است. مطابق مکانیک کلاسیک، هرگز امکان ندارد یک ذره در جایی قرار بگیرد که در آنجا انرژی کلش از انرژی

پتانسیلش کمتر باشد، در مکانیک کوانتمی این عدم امکان به عدم احتمال تبدیل میشود. در هستهٔ اتم اورانیوم، یک ذرهٔ آلفا، در هر ثانیه در حدود 10^{20} بار با دیوارهٔ محیطی هسته برخورد پیدا میکند. مطابق مکانیک کوانتمی برای چنین ذره‌ای، احتمالی ــ ولو بسیار کم ــ وجود دارد تا برخلاف مکانیک کلاسیک، هرچند که انرژی کافی برای عبور از دیواره را نداشته باشد، باز هم بتواند بخارج راه پیدا کند. این احتمال فوق‌العاده کوچک و در حدود یک در 10^{36} است، درنتیجه ذرهٔ آلفا قبل از آنکه تجزیهٔ خودبخودی برایش پیش آید، بطور متوسط در حدود 10^{9} سال در هسته باقی میماند. با اینهمه سیمای آماری تئوری چنین نشان میدهد که بعضی از اتمهای اورانیوم دراندک زمانی تجزیه میشوند و البته بسیاری از اتمها، برای هزاران هزار سال، بی آنکه تجزیه‌ای پیدا کنند، باقی میمانند.

با استنتاج معکوسی که از همین تئوری «نفوذ ازسدّ»[57] حاصل میشود، چنین معلوم میشود که عناصر سبک را مورد تابش ذراتی که با ولتاژهائی بسیار کمتر از مقدار لازم حساب شده، شتاب گرفته‌اند، به عناصر دیگر تبدیل کرد. این نکته، خود انگیزهٔ شدید کاوشهای تجربی واکنشهای هسته‌ای گردید، واکنشهائی که در اوایل ۱۹۳۰ آغاز گشت.

هم‌چنین، مکانیک کوانتمی مفهوم نیروهای تبادلی قابل اشباع بین ذرات بنیادی[58] را بدست داده است، چنین فکری هر چند که دور از افکار کلاسیک است، چنین بنظر میرسد که در پیشبرد بیشتر نظریه ساختمان هسته، فکری اساسی باشد.

مکانیک کوانتمی نسبیتی، همچنانکه پیش از این یاد شد، وجود پوزیترون را پیش‌بینی میکند و مبانی نظری محاسبهٔ بسیاری از فرایندهای[59] اساسی فیزیک انرژیهای زیاد را فراهم میسازد. این رشتهٔ فیزیک که در برکلی بمقیاس وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است فیزیک ذراتی است که از چند صدملیون تا چندین بلیون الکترون ولت انرژی دارند.

نظریه‌های مکانیک کوانتمی که به نیروهای متبادل بین پروتونها و نوترونها مربوط میشود، در ۱۹۳۶ «اچ. یوکاوا»[60] را به فرض وجود ذره‌ای به نام «مزون»[61] با جرمی بین جرم الکترون و پروتون، که هنوز اکتشاف نشده بود، رهنمون شد. در سالهای اخیر آزمایشهای چندی نشان داده است که درحقیقت، انواع بسیاری مزون وجود دارد که خود با یکدیگر روابط پیچیده‌ای دارند و مطالعه آنها، امروزه یکی از مهمترین مباحث تحقیقات اساسی فیزیک به شمار میرود.

با وجود همهٔ این توفیقات و کامیابی‌های بسیار دیگر که فراوانتر از آنند که در اینجا یاد شوند، گذشتهٔ مکانیک کوانتمی یک گذشتهٔ کاملا موفقیت‌آمیز نبوده است.

در اوایل این دورهٔ تازه، یعنی در سال ۱۹۲۷، دیراک بمنظور ایجاد تئوری کوانتمی میدان الکترومغناطیسی، گامهائی قطعی برداشت و با تئوریی که بوجود آورد، موفقیت‌های مهمی کسب کرد. این تئوری را هایزنبرگ و پاولی توسعه دادند و نیز بسیاری دیگر بر سر آن کار کردند. این تئوری، یا بهتر از آن ایندسته از تئوریها، از درد درمان ناپذیری رنج میبرند که بخاطر ان بسیاری از مسائل مهم فیزیکی بلاجواب مانده است. وقتی به حل مساله میپردازند، به انتگرالهای واگرائی[62] میرسند که مقدار آنها برای جواب رسمی به مساله‌ای که باید حل آن به نهایتی برسد، بینهایت میشود. برای رفع این مشکل، مطالعات بسیاری در تلاش‌های فراوان صورت گرفته است اما توفیق چندانی بدست نیامده است بنابراین تئوری کوانتمی میدان الکترومغناطیسی، امروزه وضع رضایت‌بخشی ندارد. شاید رفع این مشکل از طریق تجدیدنظری ریشه‌دار در اندیشه‌های اساسی صورت‌پذیر باشد، تجدید نظری که میباید در نوع خود بهمان اندازه که تئوری کنونی در آغاز پیدائی خود در ۱۹۲۷ انقلابی بود انقلابی باشد.

نیم قرن گذشته، دوره پرهیجان ثمربخشی‌های فراوان فیزیک و شیمی بوده است. امروزه، بیش از هر روزگار دیگری در تاریخ عالم، بمنظور تحقیق در ماهیت اصلی ماده، تلاش پیگیری بدست دانشمندان و جماعات مناسب و کارآزموده‌ای صورت میگیرد.

بنابراین، شاید ما میباید منتظر باشیم که این پنجاه سال دیگر، دانش ما و نظرات ما را، بیشتر از آنچه در نیمهٔ نخستین این قرن توسعه یافته است به پیش برد. اگر چنین شود، فیزیک سال ۲۰۰۰ از دیدگاه امروزین ما، بهمان اندازه که فیزیک امروز از دیدگاه فیزیکدانان سال ۱۹۰۰ عجیب مینمود، شگفت‌انگیز و غیرقابل پیش‌بینی خواهد بود.

(از کتاب گردآوری از انتشارات در سال ۱۹۶۰)

Max Born

Ervin Scherodinger

Carl Eckart

Pasadena

David Hilbert

Boundry Value Problems of Differential Equations

Die Physik Wird Zu Schwer für die Physikern

*

«انرژی جرم دارد»

یک اشتباه متعارف

ترجمه: ابوالقاسم زال پور

نوشته: سرهرمان باندی و سی‌بی‌اسپورجین
نقل از:
بولتن فیزیک انجمن فیزیکدانان لندن جلد ۳۸ شماره ۲ فوریه ۱۹۸۷

در نوشته‌های (مثلاً: وارن ۱۹۷۶) بطور گسترده استنباطی نادرست از تفسیر معادله معروف ($E = mc^2$) انشتین بوجود آمده است. غالباً اینطور بنظر میرسد که گویا این معادله چیزی شبیه مثلاً تبدیلات ارزی است مثل اینکه بگوئیم یک پوند برابر ۱/۴۵ دلار است (£1.00 = $1.45) و جرم و انرژی بصورتی مشابه قابل تبدیل بیکدیگرند. که البته چنین نیست. جرم و انرژی قابل تبدیل بیکدیگر نبوده و ایندو دو کمیّت کاملاً متفاوت و مجزا هستند و ارتباط آنها چیزی شبیه رابطه جرم و حجم $V = \rho m^{-1}$ می‌باشد جرم و حجم دو کمیت مختلف‌اند با دیمانسیونهای متفاوت و بهمین ترتیب جرم و انرژی ویژگیهای مختلف در معادلات دارا هستند.

گستردگی و وخامت این سوء تعبیر را برای نمونه در پاورقی آورده‌ایم این منابع مکرر مبیّن همین سوء تعبیرند.

آنچه انشتین در تئوری نسبیت خاصّ خود نشان داد و مورد قبول همهٔ فیزیکدانان قرار گرفت و با آزمایش‌های متعدّد صحّت و دقّت آن تأئید گردید اینست که انرژی تماماً،الزاماً و اجباراً جرم دارد. جرم، البته اندازهٔ لختی است (اینرسی) و نکته اینجاست که اگر جسمی انرژی E را بدهد اندازهٔ لختی آن باندازه $\frac{E}{c^2}$* افزایش می‌یابد. و برعکس اگر انرژی آن کاهش یابد(بهمان اندازهٔ E)لختی آن بهمان اندازه تقلیل می‌یابد. آنچه از این نتیجه بدست آمد بر مبنای این فرض استوار بوده که قوانین بقاء باید در تمام چهار چوب‌های مرجع یکی باشد و اصول بقای اندازه حرکت، جرم و انرژی تا رابطه $E = mc^2$ بکار گرفته شود.

انشتین نشان داد وقتیکه یک ناظر مشاهداتی را جهت اندازه‌گیری جرم یک جسم انجام میدهد و درین مشاهدات جرم در حال سکون جسم نسبت به چهارچوب مرجع خود شخص m_0 بوده در آنصورت اندازهٔ جرم از رابطه $m = m_0 (1 - \frac{V^2}{c^2})^{-\frac{1}{2}}$ بدست میآید که V سرعت نسبی جسم نسبت به چهارچوب مرجع شخص است. وقتیکه رابطه فوق را بصورت بسط دوجمله‌ای می‌نویسیم خواهیم داشت:

$$m = m_0 \left[1 + \frac{1}{2}\cdot\frac{v^2}{c^2} + \frac{3}{8}\cdot\frac{v^4}{c^4} + \frac{5}{16}\cdot\frac{v^6}{c^6} + \frac{35}{128}\cdot\frac{v^8}{c^8} + \cdots\right]$$

و مازاد جرم m بر m_0 برابر:

$$\frac{1}{2} m_0 v^2 \left[1 + \frac{3}{4}\cdot\frac{v^2}{c^2} + \frac{5}{8}\cdot\frac{v^4}{c^4} + \frac{35}{64}\cdot\frac{v^6}{c^6} + \cdots\right] \div c^2$$

است. از رابطه $\int Fds$ و بکارگیری مکانیک نسبی با مقدار عددی این عبارت انرژی جنبشی جسم را بدست میآوریم. اگر $v \ll c$ باشد آنگاه عبارت بالا $\frac{1}{2}m.v^2$ می‌شود که انرژی جنبشی در مکانیک نیوتنی است و با آن بسیار آشنا هستیم. در اینجا باید جرم اضافی که در معادله (۱) آمده است، جرم ناشی از انرژی جنبشی جسم تعبیر گردد یعنی: جرم اضافی جرم انرژی جنبشی جسم است. و بسیدرنگ روشن میشود که اگر یک صورت از انرژی دارای جرم باشد باید صور دیگر انرژی نیز جرم داشته باشند.

حال فرض کنید یک سفینه فضایی نسبت به ناظر لَخت A با تندی معین V در حرکت باشد ناظر A نسبت بنه سفینه تندی V- را داراست. حال اگر یک فضانورد در داخل سفینه جاروی تخلبه خود را بکار اندازد و جریان برق از باطری (یا مولّد هسته‌ای) بگیرد درین صورت انرژی شیمیایی (یا هسته‌ای) را به انرژی الکتریکی و بعد به انرژی جنبشی موتور تبدیل می‌کند و سپس هوا بحرکت درآمده و نهایتاً حرارت تولید می‌شود (انرژی داخلی) یعنی در مجموع انرژی گرمایی سفینه افزایش می‌یابد. امّا هیچکدام از این نوع انرژی‌ها قادر نیستند کمترین تأثیری در جرم مجموعه ایجاد کنند. اندازه حرکت نسبی نسبت به A با تبادل انرژی نیز متأثر نخواهد شد. و اگر تغییری در جرم سفینه پدید میآمد برای جبران این تغییر قاعدتاً تندی آن نسبت به A و تندی A نسبت به سفینه باید تغییر می‌کرد و چنین تغییری در تندی سفینه هم با تغییر تندی ناظر لَخت A نسبت به سفینه و هم با تندی ناظرین لَخت و متحرک B و C از حیث راستا و اندازه تفاوت خواهد داشت و این وضعیّت کاملاً بی‌معنی است. این تصوّر نادرست که جرم نیز می‌تواند به انرژی تبدیل شود. شاید از محاسبات معروف فرآیند شکافت هسته منشأ گرفته باشد که در آنجا بر این واقعیت تأکید می‌شود که ذرات حاصل از شکافت اورانیوم در مجموع جرمی کمتر از جرم اورانیوم و نوترون اولیّه داشته در حالیکه مقدار فوق‌العاده زیادی انرژی در این فرآیند حاصل شده که بنظر میرسد محلی برای موجودیّت قبلی آن وجود نداشته است (مانند انرژی جنبشی حاصل از فتون‌ها و غیره)

و امّا این انرژی جرمی معادل آن جرم را دارد که بنظر میرسد ناپدیده شده است. انرژی

از «هیچ جا» پدیدار نگردیده است. این انرژی بدواً بصورت انرژی پتانسیل جهت آرایش نوترون‌ها و فتون‌ها قبل از شکافت صورت‌بندی شده بوده است و در حقیقت کاهش انرژی پتانسیل صرف آرایش مجدد و پایدارتر محصولات شکافت شده است.

از نظر شخصی که جرم انرژی را نادیده می‌انگارد این کاهش انرژی پتانسیل ناشی از تقلیل جرم مشهود است.

انرژی پتانسیل کاهش یافته و انرژی جنبشی افزایش پیدا کرده، در حقیقت جرم انرژی پتانسیل کاهش یافته و جرم انرژی جنبشی افزایش پیدا کرده است و بقای انرژی و بقای جرم هر کدام جداگانه برقرار است.

«رد موهومات»

یک تشابه بسیار مناسب و خوب با فرآیند اورانیوم انفجار T.N.T است. در اینجا انرژی حاصل با جا دو پدیدار نمی‌شود قبلاً بصورت انرژی پتانسیل شیمیایی صورت‌بندی شده بشیوه‌ایکه باعث آرایش اتم‌های کربن، ازت هیدروژن و اکسیژن در ترکیب گردیده است و تری‌نیترو تولوئن را پدید آورده است. در این ترکیب آرایش اتم‌ها بصورت دسته‌بندی با آزادی انرژی جنبشی بشکل پایداری درآمده است. مقدار انرژی حاصل از تغییر انرژی پتانسیل به جنبشی در انفجار یا در واکنش شیمیایی یا در آرایش شیمیایی فوق‌العاده کمتر از انرژی لازم در آرایش هسته‌ای است و درینجا ما نمی‌توانیم تفاوت در دو صورت‌بندی آرایش‌ها را تغییر در جرم بین مولکول T.N.T تفسیر کنیم. بقای جرم و انرژی را بصورت جداگانه بار دیگر در اینجا صادق میدانیم.

یک مثال تازه (مطمئناً تازه‌ترین) مربوط به محاسبه انرژی اتمی یا هسته‌ای که برای مردم عادی نوشته نشده بود فقط برای گروه معتبری از مهندسین و دانشمندانی که بتوانند این مطالب را درک کنند نگاشته شد گزارش اسمیت بود. انتشار آن در اوت ۱۹۴۵ (مرداد ۱۳۲۴) بلافاصله پس از کاربرد اوّلین بمب اتمی صورت گرفت

گزارش در ایالات متحدّه توسط ادارهٔ انتشارات دولتی منتشر گردید و در همان سال ۱۹۴۵ بوسیله Hmso در لندن دوباره انتشار یافت در آن زمان این مقاله فروش فوق‌العاده‌ای داشت عصاره این گزارش در زیر ذکر شده است:

«این دو اصل بطور مدام راهنما و ناظم پیشرفت و کاربرد علم بوده‌اند. تا پنج سال پیش برای تمام مقاصد عملی آنها، دگرگون‌ناپذیر و جداگانه بودند، برای اغلب مقاصد عملی هنوز هم همچنین است امّا معلوم شده که در حقیقت آنها دو فاز از یک اصل واحد بودند. زیرا ما کشف کرده‌ایم که برخی اوقات انرژی به ماده و ماده به انرژی تبدیل میشود بویژه چنین تبادلی در پدیدهٔ شکافت اورانیوم مشاهده میگردد (صفحه ۱ تا ۳)

«قبل از بحث در بارهٔ چنین طرحی و قسمت عملی تبدیل ماده ــ انرژی اعتقاد اصلی ما اینست. (پاراگراف ۵ ــ ۱) بررسی برابری جرم انرژی (پاراگراف ۱ــ۶)

باین دلیل بود که انشتین به دانشجویان رشته رادیواکتیو پیشنهاد کرد که اگر ممکن است برابری ماده و انرژی را نشان دهند. (پاراگراف ۱ ــ ۹)

بر طبق تئوری ما مجموع جرم و انرژی رویهم قبل و بعد از واکنش باید یکی باشد و بنابراین ۰/۰۱۸۵ واحد جرم ناپدید گشته... یا ۰/۰۱۸۵ واحد جرم نابود شده و ۱۷Mev انرژی ظاهر گردیده است (پاراگراف ۱ تا ۳۹)

در مجموع روش‌های مختلف جهت تبدیل ماده به انرژی قابل تصوّر است. آیا یک طرح و نقشه‌ای برای تبدیل به انرژی حتّی برای درصد بسیار کمی از ماده معمولی می‌تواند موجود باشد» (پاراگراف ۳۴ ــ ۱۳)

شاید دلیل این اظهارنظرات در بارهٔ انرژی آن باشد که بدست آوردن آن از جرم معمولی مشکل (غیرممکن) بوده و مؤلفین از تشریح اینکه انرژی از تغییر انرژی پتانسیل هسته (یا مولکول) پدید آمده طفره رفته‌اند.

ممکن است مشکلات زیاد، حتی در سطوح بالای اندیشه در اثر اختلاط دو مفهوم جرم و جرم در حال سکون پدیدار شده باشد که برخلاف شباهت این دو اصطلاح این دو معنی از حیث هویت یا ویژگی کاملاً با هم متفاوت‌اند. جرم کمیّت یا اندازه لختی است و وقتی اندازه‌گیری میشود که لختی نیز اندازه گرفته شود. کمیتی است دارای خصوصیّت بقاء و جمع‌پذیری.

جرم در سکون، جرم یک جسم است که بوسیله ناظر ساکن نسبت به جرم، اندازه‌گیری میشود اهمیت این معنی از این واقعیت استنتاج میگردد که تمام نقاط منفرد و ذرات هسته‌ای منفرد مثلاً الکترون‌ها جرم ساکن یکسان دارند. همچنین تمام نوترون‌های منفرد ذرات هسته‌ای از یکنوع، جرم ساکن یکسان دارند. برخی از جرم‌های ساکن، جرم انرژی پتانسیل فتون، نوترون الکترون و یا ذرات هسته‌ای هستند. ولی بهرحال جرم ساکن هر فتون صفر است اما از آنجائیکه انرژی محدودی را حمل می‌کند جرم انرژیی که حمل می‌کند نیز محدود است. بنابراین انرژی و جرم آن ممکن است بین اجسام (ذرات) و دارای جرم‌های ساکن متفاوت مشتمل بر صفر نیز مبادله شوند. در واکنش هسته‌ای (و در حقیقت به یک مثال کوچکتر واکنش شیمیایی فکر کنید) غالباً بقای جرم در حال سکون برقرار نیست یا جرم در حال سکون کنرو نیست، چون در وضعیت نهایی، انرژی زیادی توسط فتون‌ها که جرم ساکن صفر دارند ایجاد می‌گردد. ولی بقای انرژی همواره برقرارست و هنگامیکه تمام جرم را جرم در حال سکون حساب کنیم بقای جرم را نیز نتیجه میگیریم.

درک درست

بهترین راه برای تقدیس از نتایج حاصل از تحقیقات انشتین اینست که قبول کنیم انرژی جرم دارد و بیان بهتر آنست که بگوئیم جرم معادل انرژی E برابر m است که $m = \frac{E}{c^2}$ و

دانشجو باید بدینگونه فکر کند که:

۱ ــ انرژی جرم دارد

۲ ــ بقای انرژی همواره صادق است

۳ ــ بقای ماده صادق است

و بایستی دانشجو را از آنچه در ذهنش باوری تبدیل جرم و انرژی است جداً برحذر داشت و باید معادل بودن جرم و انرژی را جایگزین این اندیشه نمود.

در اینجا شایسته است از اریک راجرز و کتاب او «فیزیک برای اندیشه پویا» یاد کنیم که در تمام کتاب از نظریه بالا حمایت نموده است. گرچه کتاب او برای دانشمندان طرح‌ریزی نشده است ولی بنظر میرسد از گزارش اسمیت که برای گروه خاصی از دانشمندان و مهندسین نوشته شده بود خیلی بهتر باشد.

متأسفانه روش عالی و مطلوب راجرز توسط فیزیکدانان در زمینه فیزیک نسبی و انرژی هسته‌ای شکافته نشده است. اگر کسی طالب این مباحث باشد می‌تواند به مقاله و نامه‌ای که دکتر ج ــ دبلیو وارن به آموزش فیزیک داده و سایر تألیفات وی که مفهوم بسیار واضحی از ماده بدست میدهند مراجعه نماید.

معرفی هرمان باندی و سی‌بی اسپورجین

سرهرمان باندی عضو برجسته انستیتو فیزیک لندن دانشمند سرشناس و معاصر انگلستان است. وی رئیس شورای تحقیقات محیط طبیعی بوده سرپرست دانشمندان بخش انرژی و پرفسور ریاضی دانشکده کینگ لندن است.

سی بی اسپورجین ــ اکنون بازنشسته عضو برجسته انستیتو فیزیک لندن ــ در آکادمی ادینبورگ کرسی داشته. وی در نحوه تدریس الکتریسیته و مغناطیسی از پدیدآورندگان شیوه‌ای متحول و بدیع است در ابداع و پیشرفت دستگاه متریک سهم بسزایی داشته است.

پاورقی

* (c سرعت سیر نور در خلاء است)

نمونه‌هایی از بیان و تفسیر معادله انشتین بشیوهٔ نادرست.

«رابطه انرژی و جرم لختی با ضریب ثابت C^2 دلالت بر این دارد که انرژی فوق‌العاده زیادی از نابودی جرمی کوچک تولید می‌شود و برعکس...»

اچ مویرهد ۱۹۷۳ در تئوری نسبی خاص (لندن انتشارات مک میلان) صفحه ۵۸.

«..... و در حقیقت تبدیل ماده به انرژی چشمه‌ای بسیار قدرتمند برای تولید انرژی در تمام واکنش‌های اگزوترمیک فیزیکی و شیمیایی است. چون ماده و انرژی ذاتاً از یکدیگر مستقل نبوده بقای ماده و انرژی بیک قانون واحد مبدل می‌شود و آن قانون بقای ماده و انرژی است. جرم را می‌توان خلق یا نابود کرد ولی این امر وقتی اتفاق میافتد که همزمان با آن انرژی فوق‌العاده زیادی از بین رفته یا تولید شود جرم و انرژی صُور مختلف از یک چیزند..»

آرتور بیزر ۱۹۷۳ در «اصول فیزیک جدید» (توکیو انتشارات مک گروهیل) صفحه ۳۶.

«..... تئوری نسبی انشتین تفسیری بدنبال دارد برطبق این تئوری جرم و انرژی ازاین به بعد بعنوان دو مفهوم مستقل مورد مطالعه قرار نمی‌گیرند. این یکی بدیگری تبدیل می‌شود. ماده تحت شرایط خاص به انرژی و در شرایط دیگر انرژی به ماده تبدیل می‌شود و در این راه رابطه جرم ــ انرژی با یک قانون محکم فیزیکی بنا می‌شود جرم و انرژی باید هر دو از یک چیز باشند.»

۱ ــ ام فری من ۱۹۷۴ در «فیزیک بزبان ساده (لندن هینمن) صفحه ۴۱.

«در طی سالها، قانون بقای ماده و انرژی معتبر بوده است ولی کاملاً بصورت قوانین مستقل از یکدیگر انشتین نشان داد که جرم و انرژی قابل تبدیل بیدیگرند بنابراین این دو قانون دو صورت از یک قانون عمیق‌تر واحدند و آن قانون بقای ماده و انرژی است.

از واکنش هسته‌ای تغییر جرم بسهولت قابل اندازه‌گیری است در این صورت جرم و انرژی را می‌توان کاملاً قابل تبدیل بیدیگر دانست.» هالیدی ــ رزنیک ۱۹۸۱ در اصول فیزیک جلد دوم (نیویورک صفحه ۱۲۳)

«... معادله ۱۲ ــ ۳ رابطهٔ معروف انشتین است که معادل بودن جرم و انرژی را نشان میدهد جرم و انرژی هر کدام صورتی از تجلی یک جوهرند. یک ذره در حال سکون نسبت بیک ناظر جرم ساکن m_0 و انرژی m_0C^2 را دارد. چون جرم و انرژی معادل و قابل تبدیل بیکدیگرند دیگر قوانین بقای جرم و انرژی بصورت مجزا نخواهیم داشت بلکه فیزیک نسبی آنها را بصورت قانون ساده و واحدی بنام قانون بقای جرم ــ انرژی ترکیب کرده است.

... چنین واکنشی که در آن جرم به انرژی تبدیل می‌شود.»

آر ــ تسی ــ ویدنر و آر ــ ال سلز ۱۹۷۳ در فیزیک جدید مقدماتی تجدید چاپ بوستن آلین وباکن) صفحه ۸۰ و ۳۷۴

قبل از اینکه رابطه جرم ــ انرژی انشتین شناخته شود دو قانون مستقل علمی موجود بود.

۱: اصل بقای جرم ۲: اصل بقای انرژی از رابطه انشتین چنین برمیآید که دو قانون را می‌توان در یک قانون واحد بنام قانون بقای جرم ــ انرژی ترکیب نمود...

در ۱۹۰۵ انشتین در تئوری نسبی خود نشان داد که جرم و انرژی می‌توانند بیکدیگر تبدیل شوند...»

ام ــ نلکُن و پی ــ پارکر در «اصول فیزیک با واحدهای SI» چاپ چهارم لندن انتشارات هینمان.

«... فرض کنید برای دوره‌ای طولانی جرم خورشید با تبدیل به انرژی به نصف تقلیل یابد... آزمون فیزیک ۱۹۸۴ سطح A مدرسه کمبریج و اکسفورد. سؤال ۲

«جرم و انرژی را باید معادل دانست که یکی قابل تبدیل بدیگری است.»

دائرةالمعارف بریتانیا چاپ پانزدهم ۱۹۸۳ (شیکاگو همان دائرةالمعارف)

«یک مقدار معین از جرم قطعات (باصطلاح جرم کاهش یافته) ممکن است به انرژی لازم جهت پیوند ذرات بیکدیگر تبدیل شود.»

ان ــ اسوارتز ۱۹۸۵ در کتاب مفهوم قانون فیزیکی (کمبریج انتشارات دانشگاه کمبریج صفحه ۹۹).

*

(توضیح مترجم:
برخی از اصطلاحات مانند ناظر لَخت و... طبق قرار مرکز نشر دانشگاهی انتخاب شده و این امر بخاطر احترام به واحد واژه گزینی این مرکز است.)

ابوعلی سینا

ابن سینا

ابوعلی حسین بن عبدالله، که در غرب به اوی‌سنا (Avicenna) هم معروف است. (تولد: افشنه، نزدیک بخارا، آسیای مرکزی [اکنون ازبکستان شوروی]، ۹۸۰/۳۷۰؛ وفات: همدان، ایران، ۱۰۳۷/۴۲۸)، فلسفه، علم، طب.

ابن سینا که از کودکی هوشی سرشار داشت، به سرعت علم زمان خود را با همهٔ شعبه‌هایش فرا گرفت و در شانزده سالگی به کار طبابت پرداخت. وی در امور سیاسی زمان خود هم دستی داشت. پس از آنکه مدتی را در گُرگانج (جُرجانیه) به قضاوت گذراند و در گرگان به تدریس علوم پرداخت و در ری و همدان کارهای دیوانی پیش گرفت، وزیر شمس‌الدولهٔ دیلمی شد. وی گذشته از کارهای حکومتی، فرصت را برای پرداختن به کار علمی، که به همان اندازه سنگین بود، از دست نمی‌داد. به بیماری مرموزی درگذشت؛ ظاهراً علت مرگش قولنجی بود که خوب درمان نشده بود، و شاید هم یکی از خدمتکارانش او را مسموم کرده باشد. به مناسبت هزارمین سال تولد او، بنای پرشکوهی بر گور او در همدان برپا شد.

ابن سینا در فنون مختلف و متنوعی تألیفات بسیاری دارد و آثار او بالغ بر ۲۷۰ عنوان می‌شود، از آن جمله زندگینامه‌ای است که از خود نوشته و شاگردش جوزجانی آن را تکمیل کرده است.

مهمترین اثر فلسفی ابن‌سینا کتاب شفا است که دائرة المعارف عظیمی است در چهار بخش: منطق، که با ارغنون ارسطو تناظر دقیق دارد؛ طبیعیات (فیزیک)؛ ریاضیات (هندسه، حساب، موسیقی و نجوم)؛ و مابعدالطبیعه. وی تلخیصی هم از این اثر فراهم آورده به نام نجات، و نیز کلیات فلسفهٔ خود را در آثار دیگری هم بیان کرده که از آن جمله است الهدایة، عیون الحکمة، و دانشنامهٔ علائی به فارسی. آخرین آثار او الاشارات والتنبیهات است که ا. م. گواشون آن را تحت Livre des directives et remarques (بیروت ــ پاریس، ۱۹۵۱) به فرانسوی ترجمه کرده است. پرویز مروج هم بخش مابعدالطبیعهٔ دانشنامهٔ علائی را به انگلیسی ترجمه کرده است (لندن، ۱۹۷۳). یکی از آثار او در زمینهٔ دانش رمزی، کتاب حی‌بن‌یقظان است.

فلسفه و علم. در فلسفه و علم ابن سینا زیر تأثیر سه جریان فکری نیرومند بود، و کوشید تا این سه را با هم جمع کند و از آنها ترکیبی بدیع بسازد. این سه عبارتند از قرآن و تحولات کلامی ملازم آن (که به الهیات بمعنی الاخص، خلقت جهان، انسان‌شناسی و آخرت شناسی می‌پردازد)؛ علم (نظریهٔ زمین مرکزی، نجوم یونانی، حرکت دایره‌ای افلاک سماوی،

سلسله مراتب موجودات در عالم، و نظریهٔ عناصر اربعه)؛ و فلسفه که بخصوص فلسفه‌ای است ارسطویی با مایه‌های قوی نو افلاطونی که عمدتاً از فلوطین (از طریق اثولوجیا یا الهیات منسوب به ارسطو) و پروکلوس (کتاب العلل) سرچشمه می‌گیرد، و برخی از وجوه سنت ایرانی هم با آن درآمیخته است.

مابعدالطبیعه. اساس ما بعدالطبیعهٔ ابن سینا بر نظریهٔ صدور (فیض) ضروری و نزول تدریجی است. مبدأ این طرح واحد یا خداست که واجب‌الوجود بالذات است و وجودش با ماهیتش یکی است. عالم سماوی، که شامل اجسام و ارواح و عقول افلاک است ــ و این همه با لذات ممکن‌اند، اما خداوند آنها را واجب می‌کند ــ و عالم تحت قمر که شامل سه قلمرو جماد و گیاه و حیوان است، از خداوند صادر می‌شوند. در همهٔ مخلوقات، وجود از ماهیت جداست، و عالم تحت قمر به قلمرو ممکنات تعلق دارد.

به موجب طرح فلوطینی بازگشت به اصل، سراسر عالم را نیرویی به حرکت درمی‌آورد که آن را به میانجیگری عقول جداگانه به سوی خدا می‌برد. منشأ بی‌میانجی ارواح بشری عقل فلک قمر است، که عقل مُفارق یا واهبَ الصُّوَر است، و بزرگترین سعادتی است که آدمی می‌جوید. آفرینش، به معنی فیض، ضروری و همیشگی است و عامل آن عقول (فرشتگان)اند.

ابن سینا می‌خواست که همهٔ جنبه‌های علم و دین را در یک بینش پردامنهٔ مابعدالطبیعی با هم متحد کند. با این کار، می‌کوشید هم پیدایش جهان را توضیح دهد و هم مسئلهٔ وجود شر، دعا، قضا و قدر، نبوت (پیشگویی)، معجزه و خوارق عادات را روشن کند. مسئلهٔ سازماندهی مملکت بر وفق قوانین شریعت و نیز مسئلهٔ سرانجام بشر نیز در حوزهٔ کار او بود.

فیزیک و کیهانشناسی. مفهومی که ابن سینا از علم دارد از فیزیک (طبیعیات) و کیهانشناسی زمان او، و بنابراین از علم یونانی، گرفته شده است. و این مجموعهٔ معارف را به صورتی که ابن سینا دریافته و پرورده می‌توان چنین خلاصه کرد (ر. ک. نجات، چاپ قاهره).

فیزیک مطالعهٔ اجسام طبیعی و حرکت است. ابن سینا در چندین مورد به تفصیل نظر اتمیستها را دربارهٔ جسم خصوصاً و واقعیت عموماً به تفصیل رد می‌کند و به جای آن از اتصال و پیوستگی جانبداری می‌کند. به نظر او جسم مرکب است از جوهری مادی که مَحل است و صورتی که حال در آن است. نسبت ماده به صورت مانند نسبت مفرغ به مجسمهٔ مفرغی است.

از لحاظ صورت، وجه مشترک همهٔ اجسام دارا بودن سه بعد است. این سه بعد بالفعل در جسم وجود ندارند، هرچند آنها را می‌توان در جسم فرض کرد. بنابراین در ترکیب ماده‌مدخلیت ندارند و جزء تعریف آن محسوب نمی‌شوند.

ماده، که بدون صورت نمی‌تواند موجود باشد، متجانس است و پذیرای هر صورتی است. ماده یک صورت اولی دارد که صورت جوهری یا جسمانی است، و آن همان سه بعدی بودن است. در کنار صورت جوهری صورتهای دیگری هم وجود دارند، مانند کم، کیف، أین، و خلاصه همهٔ مقولات ارسطویی. (اینها عرض خوانده می‌شوند.) همچنین یک مبدأ مفارق هم وجود دارد که ضامن اتحاد ماده و صورت است.

اجسام طبیعی دو گونه کمال دارند، أوّلی و ثانوی. مبدأ مفارق کمالات ثانوی را به توسط قوایی که در جسم جای دارند باعث می‌شود، و این قوا خود کمالات اولی‌اند و مبدأ کمالات ثانوی محسوب می‌شوند. افعال از جملهٔ کمالات ثانوی‌اند.

قوایی که در جسم جایگیراند بر سه نوع‌اند. نوع اول قوایی است که در همهٔ اجسام جریان دارند و کمالات آنها را، از شکل و مکان طبیعی و اعمال، حفظ می‌کنند. اگر اجسام از مکان طبیعی خود دور شوند یا به نحوی شکل طبیعی خود را از دست دهند، این قوا به وضع پیشین برشان می‌گردانند و بدان وضع نگاهشان می‌دارند و این امر بتسخیر و بدون معرفت و تدبر (رَوِیَّت) و قصد اختیاری صورت می‌گیرد. این نوع از قوا را طبیعی می‌گویند و مبدأ بالذات برای همهٔ حرکات بالذات اجسام و سکون آنها ــ و درواقع مبدأ همهٔ کمالات اجسام ــ به شمار می‌آیند. هیچ جسمی خالی از این قوا نیست.

نوع دوم از قوا، به وساطت آلاتی بر اجسام عمل می‌کنند و آنها را به حرکت درمی‌آورند یا به حال سکون نگاه می‌دارند یا نوع آنها را حفظ می‌کنند. برخی از این قوا عملی دائمی دارند که نه مستلزم علم است و نه مستلزم اختیار، نفس نباتی چنین است؛ برخی دیگر امور سودمند و زیادنبخش را درمی‌یابند و

قدرت عمل و ترک عمل دارند، مانند نفس حیوانی؛ و نوع دیگر حقایق اشیاء را از راه فکر و تحقیق درک می‌کنند، مانند نفس انسانی.

نوع سوم از قوا همین نتیجه را بی‌میانجیگری آلات و از راه اراده‌ای که فقط رو به یک سو دارد، حاصل می‌کند، و نفس فلکی از این نوع است.

خواص مربوط به جسم طبیعی عبارت‌اند از حرکت و سکون، زمان، مکان، خلأ، تناهی و عدم تناهی، تقارن، اتصال و توالی.

حرکت. حرکت فعلی است و کمال اولی شیء است که در شیء وجود بالقوه دارد. حرکت در زمان بین قوهٔ صرف و فعل صرف، وجود دارد. حرکت امر ثابت و انجام شده‌ای نیست و بنابراین آن را فقط می‌توان به عنوان چیزی که افزایش یا کاهش می‌یابد تصور کرد. از اینرو در جواهر حرکت نیست، زیرا پیدایش جوهر دفعی صورت می‌گیرد نه از راه حرکت، اما حرکت در کَمّ وجود دارد، زیرا در هر کَمّی کم و بیشی راه می‌یابد و بدین طریق افزایش (نمو) و کاهش (ذُبول) و نیز تخلخل و تراکم پدید می‌آید. جسم ضمن این تغییرات اتصال خود را از دست نمی‌دهد. حرکت، به خودی خود، در کیف و مکان (مثلاً حرکت انتقالی) و وضع (مثلاً حرکت دورانی) هم یافت می‌شود.

سکون فقدان حرکت است در اجسامی که بالقوه پذیرای حرکت باشند، بنابراین سکون را نمی‌توان صرفاً نفی حرکت دانست.

همهٔ حرکات جسم از علتی که متمایز از جسم است ناشی می‌شوند؛ جسم به خودی خود هیچ حرکتی ندارد. حرکت را منحصراً باید ناشی از علت آن دانست. علت حرکت یا از خارج جسم است که در این صورت می‌گوییم جسم بذاته حرکت نمی‌کند، و یا در جسم است که در این صورت می‌گوییم جسم بذاته حرکت می‌کند. علت یا چنان است که گاه می‌تواند جسم را به حرکت درآورد و گاه درنیاورد؛ که در این صورت می‌گوییم جسم حرکت بالاختیار دارد؛ یا اینکه علت همیشه جسم را به حرکت درمی‌آورد و جسم هرگز نمی‌تواند خالی از حرکت باشد، که در این صورت می‌گوییم جسم «حرکت بِالطَّبع» دارد. این حرکت دوم بر دو نوع می‌تواند باشد، یا حرکت جسم بِتَسخیر است و علتش آن را بدون قسر به حرکت درمی‌آورد که در این صورت می‌گوییم جسم حرکت طبیعی (بالطبیعه) دارد، یا اراده و قصدی آن را به حرکت درمی‌آورد. که در این صورت می‌گوییم حرکتش ناشی از فعل نفس فلکی است.

به طور کلی، آنچه را که لازمهٔ طبیعت چیزی باشد نمی‌توان از آن چیز جدا کرد، زیرا اگر چنین کنیم طبیعتش فاسد می‌شود. حرکت را می‌توان از جسم جدا کرد بی آنکه فسادی در طبیعت جسم راه یابد. پس حرکت لازمهٔ طبیعت جسم متحرک نیست. پس هر جسم طبیعی که در حال حرکت باشد، در حالت طبیعی خود نیست و می‌خواهد که به حالت طبیعی خود بازگردد و در آنجا قرار گیرد. دور کردن جسم از محل طبیعیش از راه قسر صورت می‌گیرد، پس همهٔ حرکات غیرقسری جسم (که از طبیعت آن ناشی می‌شود) گریزی است

«بالطبع» از حالتی که مناسب آن جسم نیست.

اگر جسم در مکان طبیعی خود نباشد حرکت آن مستقیم الخط خواهد بود، زیرا علت آن میل طبیعی جسم است که می‌خواهد از کوتاهترین راه به مکان طبیعی خود بازگردد. بنابراین حرکت مکانی مستدیر، از طبیعت جسم ناشی نمی‌شود.

حرکت مستدیر، هرگز قسری نیست، بلکه مبدأ آن نفس، یعنی قدرتی است که این حرکت را به اختیار یا اراده ایجاد می‌کند. حرکت مستدیر ستارگان نیز از نفسی ناشی می‌شود.

به خلاف رأی قائلین به جز لایَتَجَزّی، حرکتی در مکان که قابل تقسیم نباشد ممکن نیست، چه با بیشترین سرعت انجام بگیرد و چه با کمترین سرعت.

حرکت را می‌توان برحسب جنس یا نوع یا عدد بررسی کرد. حرکت ممکن است کمابیش تند یا کند باشد، و تقابل میان حرکت و سکون، تقابل عَدَم و مَلَکه است.

زمان، مکان و بینهایت. زمان اندازهٔ حرکت دورانی است نسبت به «قبل» و «بعد»، و نه نسبت به فاصله. مکان سطح داخلی جسم محیط است در نقطهٔ تماس با سطح خارجی جسمی که در آن محاط می‌شود. خلأ وجود ندارد، و نیز بعدی که در یک جسم مادی مُتمکّن نباشد موجود نیست.

هیچ کمیت متصل نامتناهی که وجود یکپارچه و مکانی داشته باشد نمی‌تواند وجود داشته باشد. همچنین عدد مرتب بینهایت (عدد مُرَتَّبُ الذّات) هم وجود ندارد و نیرویی هم که شدتش بینهایت باشد موجود نیست. همچنین، قدرتی که شدتاً یا عدتاً نامتناهی باشد، حتی بالعرض تقسیم و شراکت نمی‌پذیرد.

چون خلأ وجود ندارد، جهان پر است. فلک خارجی، که همان فلک ثوابت است، هرچه را که وجود دارد در برمی‌گیرد. ستارگان و افلاک آنها در داخل این فلک حرکت

مستدیر ابدی دارند. وقتی رابطهٔ میان مرکز عالم (که همان مرکز زمین است) و فلک ثوابت را بدانیم، می‌توانیم جهت «بالا» و «پایین» را، در هر نقطه از جهان، به طور مطلق تعیین کنیم. جهت بالا به طرف فلک ثوابت است و جهت پایین به طرف مرکز زمین.

همهٔ اجسام ناگزیر در مکان جای دارند. مکانها برحسب موقعیت خود (بالا و پایین بودن) اجسام را از حیث جهت تقسیم می‌کنند. اجسامی که در اجسام دیگر محاط باشند مکانی دارند، هر جسم طبیعی مکان طبیعی خاصی دارد.

اجسام مرکب به طریق «جوش خوردن» (التحام) ساخته می‌شوند؛ التحام مستقیماً میان اجسام صورت نمی‌گیرد بلکه به میانجیگری کیفیات محسوس تحقق می‌یابد. چهار کیفیت محسوس اولی وجود دارند که چنین وحدتی را باعث می‌شوند: گرمی، سردی، تری و خشکی. سردی و گرمی در تغییر اجسام باهم واکنش دارند و قوای فعاله خوانده می‌شوند. دو کیفیت دیگر را قوای منفعله می‌نامند.

اجسام ساده‌ای که اجسام مرکب را پدید می‌آورند، از ترکیب خاصی از این چهار قوه ساخته می‌شوند. در هر یک از این اجسام باید یک کیفیت فعال و یک کیفیت منفعل موجود باشد، بنابراین چهار جسم ساده وجود دارد: آتش (گرم و خشک)، آب (گرم و تر)، خاک (سرد و خشک)، و هوا (سرد و تر).

مکان طبیعی موجودات فسادپذیر فلک تحت قمر است و مکان طبیعی موجودات فساد ناپذیر عالم فوق قمر. اجسام اخیر از ترکیب چهار عنصر ساخته نشده‌اند و افلاک آنها نه سبک‌اند و نه سنگین.

به نظر ابن سینا، تنها با استفاده از ترکیبات مختلف چهار عنصر و کیفیات آنها، و نیز حرکت افلاک (که ماده را پذیرای صورت می‌کند.) می‌توان ساخته شدن اجسام فسادپذیر را در عالم تحت قمر تبیین کرد؛ یعنی ساخته شدن کانیها، سنگها و فلزات؛ گیاهان؛ حیوانات؛ و انسان که از حیث جسم خود به عالم طبیعی تعلق دارد.

طبقه بندی علوم. ابن‌سینا بر اساس این اصول کلی طبیعی (که بتفصیل در کتاب اول از طبیعیات شفا بررسی کرده است) و موافق با مابعدالطبیعهٔ وجودی خود، علم را با حکمت یکی دانسته و نظریهٔ پردامنه‌ای در این باب پدید آورده است. بدین طریق وی توانسته است طیف علوم زمان خود را به صورتی زنده

طبقه‌بندی کند. (در این مورد به رسالهٔ مختصر او در تقسیم علوم، که مجملی از مطالب اصلی آن در زیر آمده است، رجوع کنید).

علم، به معنای قدیمی آن، با حکمت یا فلسفه مترادف است؛ از علم معرفتی حاصل می‌شود که چون نظر به علل دارد، یقینی است. علم یا عملی است و یا نظری. علم عملی در کسب معرفت به نتایج عملی آن توجه دارد، اما هدف علم نظری دست یافتن به معرفت یعنی در مورد موجوداتی است که وجودشان به عمل انسان بستگی ندارد.

ما در اینجا با علم عملی، که با رفتار انسان سرو کار دارد، کاری نداریم. علم نظری سه بخش دارد که برحسب نسبت موضوعشان با ماده و حرکت مرتب شده‌اند. بخش اول علم طبیعی (علم الطبیعه) است که موضوع آن هم از حیث وجود و هم از حیث تعریف با ماده و حرکت بستگی دارد؛ دوم علم ریاضی است که موضوع آن فقط از لحاظ وجود عینی با ماده ارتباط دارد، اما ماده در تعریف آن داخل نمی‌شود؛ موضوع شاخهٔ سوم، یعنی مابعد الطبیعه، هم از حیث وجود و هم از لحاظ تعریف با ماده بستگی ندارد.

منطق، که هم علم است و هم فن، ابزار علم به شمار می‌آید.

علم طبیعی مشتمل است بر هشت علم اصلی و هفت علم فرعی. علوم اصلی از این قرارند:

۱) علم مبادی کلی (که در بالا بیان شد)، و موضوع کتاب *سَمعُ الکیان* (physike akroasis) یا علم سماع طبیعی است.

۲) علم آسمان و جهان (السماء والعالم)، که به بررسی اجسام و خاکی و افلاکی. که جهان را تشکیل می‌دهند، و به بررسی چهار عنصر و حرکات آنها می‌پردازد.

۳) علم کون و فساد، در این علم پیدایش عناصر اولیه، تأثیرات متقابل آنها، نحوه‌ای که خداوند موجودات زمینی را با موجودات آسمانی مربوط کرده است، و بقای انواع با وجود فنای افراد، بررسی می‌شود.

۴) علم آثار علوی، که به بررسی عناصر پیش از آمیزش آنها با یکدیگر، انواع مختلف حرکت، تکاثف و تخلخل، و پدیده‌های جوی که تحت تأثیر افلاک‌اند، از قبیل شهاب ثاقب، ابر، باران و رعد می‌پردازد.

۵) علم معدنیات، که دنبالهٔ علم آثار علوی است.

۶) علم گیاهان.

۷) علم جانوران (علم طبیعة الحیوان).

۸) علم نفس یا روانشناسی. ابن‌سینا این موضوع را در کتاب چهارم طبیعیات شفا بررسی کرده است، و این نوشته تحت عنوان De anima یا Liber sextus naturalium در اروپای قرون وسطی بسیار معروف و مورد رجوع بود.

علوم فرعی طبیعی از این قرارند:

۱) طب، که غرض آن علم به مبادی جسم انسان و احوال آن، از بیماری و تندرستی است. کتاب عظیم و دائرة المعارف گونهٔ ابن‌سینا در طب، کتاب قانون، به صورت یک کتاب کلاسیک، درآمده است.

۲) اخترگویی (احکام النجوم). به نظر ابن‌سینا احکام نجوم علمی گمانی و تحکّمی است. این علم می‌خواهد با دانستن هیئت کواکب، فاصلهٔ آنها از یکدیگر، و جای آنها در منطقة االبروج، اوضاع و احوال عالم تحت قمر یعنی سرنوشت افراد و ملل را پیش‌بینی کند. ابن‌سینا رساله‌ای نوشته و در آن ادعاهای احکامیان را رد کرده است.

۳) قیافه‌شناسی (علم الفراسة). ابن‌سینا در این باره چیزی ننوشته و کتابهای منسوب به او همه منحول است.

۴) علم تعبیر رؤیا.

۵) علم طلسمات، «که هدف آن به هم پیوستن نیروهای فلکی با نیروهای برخی از اجسام خاکی برای ایجاد آثار و اعمال غریب در این عالم سفلی است».

۶) علم نیرنجات، که هدف آن به هم پیوستن نیروهای اجسام خاکی برای ایجاد آثار و اعمال غریب است. در آخرین فصل اشارات ابن‌سینا «اسرار خوارق عادات» و اعمال محیرالعقول را خصوصاً، و رابطهٔ عالم صغیر و عالم کبیر را عموماً، به صورتی عقلانی تبیین می‌کند.

۷) کیمیا. ابن‌سینا مبادی علمی و فلسفی این موضوع را بررسی کرده و حتی خود به آزمایشهای کیمیاگرانه دست زده است. با این حال، چنانکه از رسالهٔ او دربارهٔ کیمیا پیداست، سرانجام دربارهٔ ارزش این علم حکمی منفی صادر کرده است.

علوم ریاضی شامل چهار علم اصلی و چهار علم فرعی است. علوم اصلی (که ابن‌سینا در شفا به بحث درباره‌شان می‌پردازد) عبارتند از:

۱) علم اعداد یا حساب.

۲) علم هندسه، روایت ابن‌سینا از این علم مبتنی بر اصول اقلیدس است.

۳) جغرافی و نجوم، که مبتنی است بر مجسطی بطلمیوس.

۴) علم موسیقی.

علوم ریاضی فرعی عبارتند از:

۱) علم حساب هندی و جبر (که جزء حساب است).

۲) مکانیک (علم‌الحیل المتحرکه)، جر اثقال، علم اوزان و ترازوها، علم ادوات خاص، نور شناخت (علم المناظر والمرایا) و هیدرولیک (علم نقل المیاه) (که همه جزء هندسه محسوب می‌شوند).

۳) علم ترتیب‌دادن جداول نجومی و تقاویم (علم الزیجات و التقاویم) (که جزء نجوم است).

۴) نحوهٔ استعمال آلات موسیقی بیگانه، مانند ارغنون (که جزء موسیقی است).

پزشکی. شاید بهتر باشد که نظر خود را دربارهٔ آثار طبی ابن‌سینا به صورت مقایسه‌ای بیان کنیم: از دو حکیم (طبیبان فیلسوف) ابن‌سینا فیلسوف بهتری بود و رازی طبیب زبردستری. ابن‌سینا در تألیف کتاب دائرة‌المعارف گونهٔ خود قانون، از حاوی رازی مطالب بسیاری اخذ و اقتباس کرده است. وی در زندگینامهٔ خود [رسالهٔ سرگذشت] می‌گوید که قانون را در گرگان آغاز کرده، بخشی از آن را در ری، زادگاه رازی، نوشته و آن را در همدان به پایان رسانده است. پزشکان این کتاب را (که بزرگترین اثر طبی ابن‌سیناست و به یک میلیون کلمه بالغ می‌شود) بسیار می‌پسندیدند و آن را بر حاوی رازی و کامل الصناعة الطبیةی علی بن عباس مجوسی و حتی آثار جالینوس ترجیح می‌دادند. (ابن‌سینا و طبیبان بزرگ دیگر در زمان خود به لقب جالینوس الاسلام مفتخر بودند.)

اما در قرطبه (اسپانیا) ابو العلاء بن زهر و پسرش، طبیب متطبب بزرگ ابو مروان بن زهر، و ابن رشد از قانون انتقادهای سختی کردند. بعضی از نویسندگان می‌گفتند که قانون کامل و کافی است و نمی‌توان آن را با افزایش چیزهایی از منابع دیگر تکمیل کرد. این گونه نظرها نسبت به وثاقت کتب، باعث شد که طب اسلامی (تا هنگام انحطاط) و تا اندازه‌ای طب اوایل قرون وسطای اروپا ــ که تا حدودی بر ترجمهٔ لاتینی کتابهای عربی متکی بود ــ از پیشرفت باز بماند. اما گناه این وضع به گردن ابن‌سینا نیست، بلکه پزشکانی که دید انتقادی نداشتند و ترجیح می‌دادند به وثاقت کتب اعتماد کنند و برای رسیدن به نتیجه به جای آزمایش و مشاهده به منطق روی بیاورند، مسؤول آن به شمار می‌آیند. سنت مترقی رازی

ــ که هر چه را از راه آزمایش درستیش معلوم نشده بود نمی‌پذیرفت، و مفهوم آزمایش گواه[1] و مشاهدات بالینی را وارد کار کرد، و به انتقاد از جالینوس و دیگر مراجع طب پرداخت ــ تحت‌الشعاع قانون ابن‌سینا قرار گرفت. این کتاب، که عرضهٔ زیبایی دارد، به پنج کتاب تقسیم شده است.

کتاب اول، که کلیات است، مشکلترین بخش کتاب است و در حدود ده شرح دارد که یکی از آنها را ابن نفیس نوشته است (کتاب اول شرح القانون که در آن گردش کوچک خون را بیان کرده است). کلیات به چهار فن تقسیم می‌شود. فن اول تحقیقی است در چهار عنصر آتش و هوا و آب و خاک، که از رابطهٔ میان آنها مزاجها (یعنی خواص ویژهٔ اخلاط اربعهٔ خون، صفرا، سودا و بلغم) پدید می‌آیند. اخلاط اربعه به نسبتهای معینی باهم مخلوط می‌شوند و از اختلاط آنها اندامهای ساده به وجود می‌آیند، و کالبدشناسی این اندامها در فن اول از کتاب اول قانون آمده است. ابن‌سینا فن اول را با بحثی دربارهٔ قوا پایان می‌دهد: قوهٔ عاقله که مرکز آن مغز است؛ قوهٔ طبیعی که عهده‌دار نگاهداری آدمی است و مرکز آن کبد و بیضه‌هاست؛ و قوهٔ حیوانی (که مرکز آن قلب است) و زمام نفس حیوانی را که باعث حس و حرکت می‌شود به دست دارد. فن دوم دربارهٔ سبب‌شناسی و نشانه‌های بیماریهاست. فن سوم دربارهٔ بهداشت، علل تندرستی و بیماری و ناگزیر بودن مرگ است. فن چهارم از کتاب اول به طبقه‌بندی روشهای درمان می‌پردازد، آنگاه بحثی کلی دربارهٔ درمان با پرهیز و رژیم غذایی می‌آورد، سپس به اصول و قواعد درمان با داروهای مُنَقّی و قی‌آور و قواعد تخلیه و تنقیه و درمان با داروهای ملین و طرز ضماد انداختن می‌پردازد. همچنین در این فن فصلی دربارهٔ حجامت و سوزاندن [زخمها] و قصد و جراحی عمومی می‌آورد.

کتاب دوم قانون («ادویهٔ مفرده») به دوبخش تقسیم شده، که یکی شامل بحثی کلی دربارهٔ خصوصیات طبیعی داروها (کیفیات، خواص و نحوهٔ نگهداری) و دیگری سیاهه‌ای از داروها به ترتیب الفبایی است (که در آن خواص هر دارو هم ذکر شده است).

کتاب سوم («امراض از فرق سر تا نوک‌پا») با بحثی دربارهٔ بیماریهای مغز آغاز می‌شود، به دنبال آن به بیماریهای اعصاب، چشم و گوش می‌پردازد، و با بحث دربارهٔ درد مفاصل، عِرقُ النساء (سیاتیک) و بیماریهای ناخن پایان می‌یابد. در این فن دربارهٔ کالبد شناسی اندامهای مرکب هم بحث شده است. در قانون بخشی از کالبدشناسی در کتاب اول و بخش دیگری از آن در کتاب سوم آمده است. (ابن‌نفیس بخش کالبدشناسی قانون را در دو شرح خود، شرح تشریح القانون و کتاب اول شرح القانون، در یک جا جمع کرده است).

کتاب چهارم («امراضی که به عضو خاصی اختصاص ندارند») شامل بحث مبسوطی دربارهٔ تبها، طبقه‌بندی آنها، انواع و نشانه‌های آنها و نیز بحث دربارهٔ پیش‌اگهی، بحران و روزهای بحرانی و همهٔ اصولی است که برای تشخیص و درمان ضروری به نظر می‌رسند. به دنبال آن بحثی دربارهٔ دملها، تاولهای چرکی زخمها، سموم، و موجودات سمی می‌آید. این کتاب با بحثی دربارهٔ بیماریهای مو و مطالعاتی دربارهٔ چاقی و لاغری مفرط به پایان می‌رسد.

کتاب پنجم («داروهای مرکب») شامل بحثهایی است دربارهٔ پذیرش هرها، حبهای مکیدنی، معجونها، داروهای منقی، قرصها، داروهای ملین و طرز استفاده از آنها در درمان بیماریها.

اطلاعات بسیاری که در قانون فراهم آمده است باعث شد که بسیاری از پزشکان (تا قرن سیزدهم / نوزدهم) شرحها و حاشیه‌هایی بر آن بنویسند، و گروهی دیگر خلاصه‌هایی از آن فراهم آوردند که در میان پزشکان و دانشجویان طب بسیار رایج بود. ابن‌سینا گذشته از قانون در حدود چهل نوشتهٔ طبی دارد که بیشتر آنها به صورت دستنوشت باقی مانده‌اند. این آثار (که برخی از آنها به نظم است) نیز توسط حکمای معروفی شرح شده‌اند.

قانون را گرارد کرمونایی به لاتینی ترجمه کرد (میلان، ۱۴۷۳؛ پادوا، ۱۴۷۶، ۱۴۷۹؛ ونیز، ۱۴۸۲، ۱۴۸۶) و تا سال ۱۶۵۰ در دانشگاههای مونپلیه و لوون کتاب درسی بود. گرارد ارجوزهٔ فی الطب را هم به لاتینی ترجمه کرده است:

(ترجمهٔ‌فرانسوی این رساله:

G. C. Anawati, "Avicenne et l'alchimie," in Atti dei convegni Fondazione Alessandro Volta [Rome, 1971], 285–341).

(Canticum de medicinaseu liber de medicina in Compendium reducta)

آندره آ آلپاگو (وفات: ۱۵۲۰) به عنوان مترجم ابن‌سینا کسب شهرت کرد، و برخی از آثاری که او ترجمه کرده عبارت است از: احکامُ الادویة القَلبیّة:

(De viribus cordis seu de medicamentis Cordialis)

دفع المضار الکُلّیة عن الا بدانِ الا نسانیة (Liberationis seu removendis nocumentis, Quae in regimine sanitatis Liber)، والفصول (Aphorismi).

نقل از کتاب زندگینامه دانشمندان اسلامی از انتشارات، شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

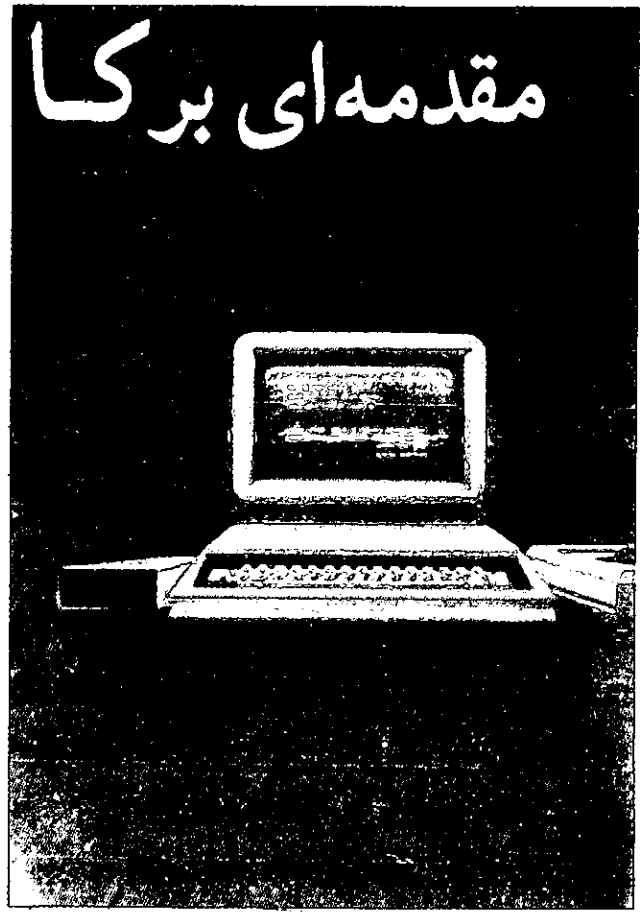
---

۱ ــ Control experiment

مقدمه‌ای بر کامپیوتر

بعنوان ابزاری انفورماتیکی

سید ابراهیم ابطحی



الف ــ پیشگفتار

این نوشته با هدف معرفی کامپیوتر به زبانی ساده برای طیفی از عامه مردم تا متخصصین کامپیوتر نگاشته شده است. شکل و محتوای مطالب بتدریج طی بخشهای مختلف پیچیده و عمیق میشود.

در این نوشتار تلاش گردیده از ایجاد ذهنیت نادرست در خواننده یا شنونده احتمالی احتراز گردد ضمن اینکه نگاه نسبتاً تلخ در بررسی اثرات اجتماعی و آینده بکارگیری انفورماتیک بر مبنای تجربه سالها بکارگیری کامپیوتر در کشور ما استوار است تا شاید بتواند از خلاوت و شوق کودکانه تصرف بلامصرف ابزار انفورماتیکی در راستای بکارگیری مفید، اقتصادی و لازم آنها بکاهد، انشاءالله.

ب ــ کامپیوتر چیست؟

از یک دیدگاه کامپیوتر وسیله‌ای است همانند قلم که کارهای انسان را تسهیل میکند، قلمی که ضمن داشتن محاسنی از قبیل سرعت، وسعت حافظه و امکان انجام محاسبه و دریافت و پرداخت اطلاعات هنوز اسیر امکانات از پیش فکر شده یا برنامه‌ای است که به آن داده میشود.

اگر ابزارسازی انسان را تلاش او در جهت وسعت بخشیدن به دنیای اطرافش از طریق گسترش حواس بدانیم که مثلاً با اختراع هواپیما گامی به طول یک قاره برداشته و با اختراع دوربین نگاهی به ژرفای کیلومترها یافته است، کامپیوتر را میتوانیم وسیله‌ای جهت انجام فعالیتهای تکراری انسان بشماریم که میتواند ذهن او را در جهت خلاقیت بیشتر آزاد سازد.

یک کودک برای درک ساختمان یک کامپیوتر میتواند با دقت به برخورد ساده دو نفر در یک احوالپرسی دوستانه بنگرد. او براحتی میتواند واژه سلام و تصویر نفر اول که توسط گوش و چشم نفر دوم دریافت میشود به عنوان ورودی تلقی کرده و پاسخ نفر دوم را با ذکر اسم نفر اول حاصل، یا خروجی این برخورد بپندارد. یافتن علیک سلام بعنوان پاسخ سلام و تشخیص نام نفر اول از طریق سیمای او توسط نفر دوم میتواند به سهولت واحدهای حافظه و محاسبه و مقایسه را در بخش مرکزی توضیح دهد و برای معرفی واحد کنترل اشاره به فعالیت مغز در جهت توازن و هماهنگی سایر فعالیتهای انسانی کافی بنظر میرسد.

یک شیمیدان که بعید است با کامپیوتر بیگانه باشد میتواند به کامپیوتر همچون یک پالایشگاه بنگرد که وظیفه تصفیه، جداسازی و در نهایت پردازش اطلاعات ورودی یا گرفته‌هایش را بعهده دارد. یک مدیر به کامپیوتر بعنوان یک مشاور در تصمیم‌گیریها و محرم اطلاعات و اسرار واحد خود میتواند بنگرد یا یک بایگانی که محاسبه و مقایسه جزء لاینفک آنست.

پ ــ کامپیوتر چگونه بوجود آمد و چگونه بکار گرفته میشود؟

ابزار شمارشگر در پی لزوم شمارش مایملک انسانها ابداع شد، زمانیکه تفکیک اموال را دیگر مقایسه کم و بیش، کمتر و بیشتر پاسخگو نبود، استنباط کمّی که از سنگریزه‌های معادل شروع شد از

چوب خط به میز شنی و از چرتکه به ماشین حساب ختم شد. با درک ضرورت کلیدی منظوره برای ماشین حساب مفهوم برنامه‌سازی طرح گردید و کامپیوتر همه منظوره اختراع شد. تعیین تفاوتهای دو مفهوم اساسی در هر کامپیوتر تحت عناوین سخت‌افزار و نرم‌افزار با مثال رابطه جسم و روح یا جان تقریباً میسر است. با این مثال تأکید بر ارزش ویژه نرم‌افزار برای حیات این جسم بی‌جان و در پیوند با بکارگیری آن توسط انسان، نیاز به توضیح بیشتری ندارد.

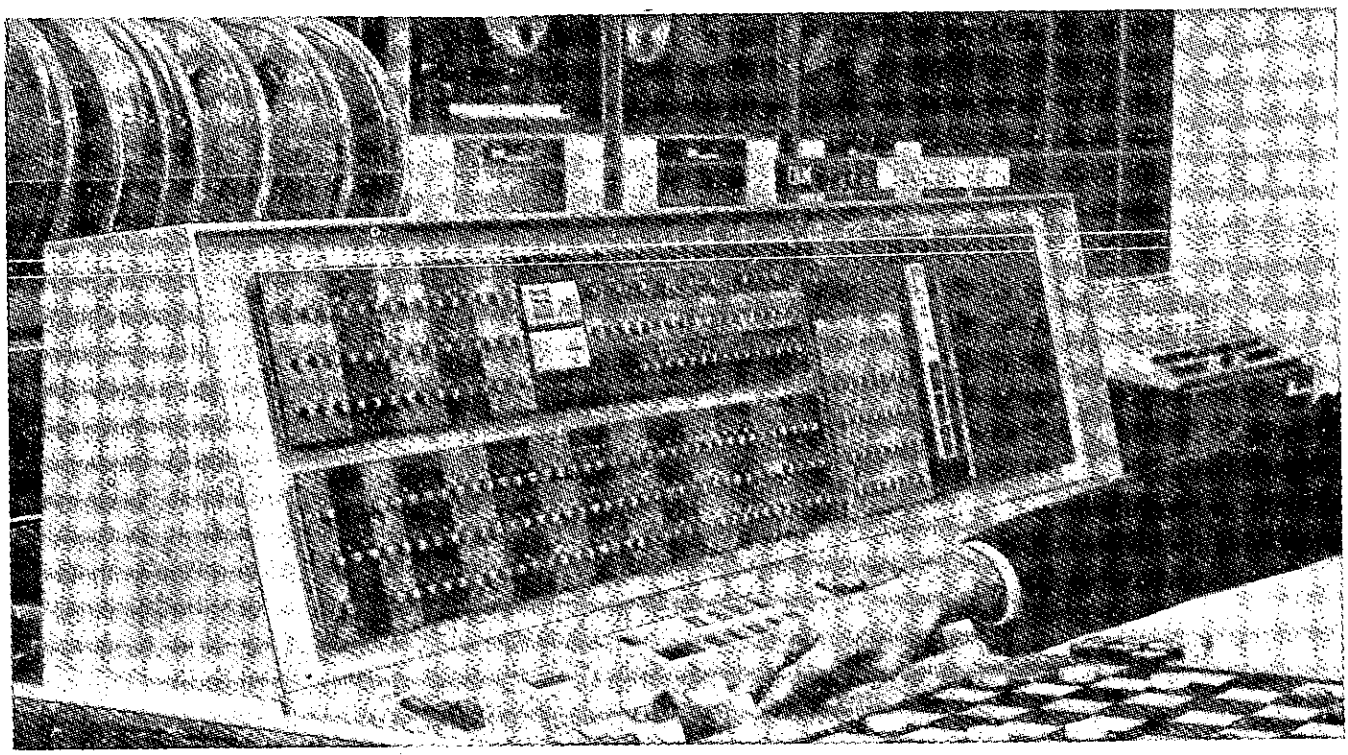
تکامل سخت‌افزاری کامپیوترها در طی سالیان بشکل نسلهای مختلف بیان میشود که عمدتاً مرهون تکامل و کوچکتر شدن عناصر الکترونیکی است. این مسیری است که از ماشینهای نسل یک لامپی تا نسل دو ترانزیستوری، سپس نسل سه با مدارات مجتمع و نسل چهار با مدارهای مجتمع با تراکم زیاد پیموده شده است. ریز کامپیوترها که ثمره امروزین این تکامل سریع سخت‌افزاری هستند بدلیل عدم رشد همپای نرم‌افزارهای پایه بصورت اجسامی ریز، پرتوان ولی هنوز الکن جلوه میکنند.

بدیهی است با هر وسیله‌ای باید بطریقی ممکن ارتباط برقرار ساخت و از آن بهره گرفت. مثلاً برای ثبت حرفی خاص توسط ماشین تایپ باید دکمه مخصوصی را فشار داد. اگر تایپ مذکور فارسی و شخصی انگلیسی زبان بخواهد کلمه‌ای فارسی بنویسد نیاز به ماشین‌نویسی فارسی که انگلیسی هم بداند دارد و این نمونه‌ای از زبان مشترکی است که وسیله ارتباط است و راه بکارگیری ابزار را نیز نشان میدهد. بکارگیری کامپیوتر همچون وسایلی نظیر ماشین لباسشوئی نیاز به بکارگیری با شیوه خاص خود دارد که آنهم استفاده از زبانهای مصنوعی خاص کامپیوترهاست.

برای درک عمیق‌تر زبان ارتباطی با کامپیوتر باید به نمایش داخلی پدیده‌هائی که از راه ورودی میپذیرد اعتناء کرد و این تنها با بررسی سیر علائم شمارش و محاسبه میسر است. اعداد که خود شکل سمبلیک کمیّت‌ها هستند با درک نیاز و مراجعه اولیه به انگشتان دست در مبنای ده بکار گرفته شدند در حالیکه در پیوند با عناصر فیزیکی دوحالته مبنای دو شکل مناسبی برای نمایش اعداد و کد معادل آنها در داخل کامپیوتر تشخیص داده شد. این مجموعه ارقام که احکامی را به کامپیوتر جهت اجرا میسپردند بعنوان کد معادل حروف و در نتیجه کلمات و جملات زمینه‌ساز ایجاد زبانهای مصنوعی تا سطح بالایی از مشابهت با زبان طبیعی گردیدند.

این زبانها که بعنوان واسط تحت عنوان زبانهای برنامه‌سازی مورد استفاده واقع میشوند خود بر مبنای راه‌حل از پیش فکر شده ما برای مسئله مورد نظرمان تحت عنوان الگوریتم که بشکل تصویری نمودار گردشی هم قابل نمایش است نوشته میشوند. کامپیوتر مجری این برنامه و در واقع الگوریتم یا راه‌حل ماست.

با اشاره‌ای که به نحوه نمایش اطلاعات در داخل کامپیوتر گردید اشکال متنوع ورودی و خروجی در قالب صوت و تصویر و یا حرکت و اعمال آدمکهای ماشینی که براساس الکتروموتورهای



مرحله‌ای صورت میپذیرد براحتی قابل تشریح است.

ت ــ کامپیوتر چه کاربردهایی دارد؟

قلمرو بکارگیری کامپیوتر وسعتی به ابعاد اکثر فعالیتهای انسانی و اجتماعی یافته است. تأکید بر به عهده گرفتن انجام فعالیتهای تکراری انسان توسط کامپیوتر نباید موجب فراموشی اهمیت و عدم امکان انجام اکثر این فعالیتها توسط انسان یا انسانها در زمان و با سرعتی مشابه کامپیوتر شود. مثالهای تعیین مسیر سفینه‌های فضائی، یا کار به ظاهر ساده مرتب کردن چند هزار عدد و یا امکانات دسترسی سریع به حجم وسیعی از اطلاعات از این نمونه‌ها هستند.

امروزه حضور کامپیوتر در حیات اجتماعی از منازل آغاز و به تمامی مراکز فعالیتهای انسانی ختم میشوند. همان گونه که مدیران ارشد جوامع جهت برنامه‌ریزیهای استراتژیک محتاج استفاده از کامپیوتر هستند، مدیران صنایع، ادارات و شرکتها ناگزیر از بکارگیری کامپیوتر در چارچوب یک سیستم مدیریت فعال و زنده میباشند. ارزش اقتصادی اطلاعات که به کمک کامپیوتر دسترسی به آن تسریع میشود ارزشهای اقتصادی ویژه‌ای به کامپیوتر بخشیده است.

پزشکان همانگونه که کامپیوتر را بعنوان پیش پزشک بخدمت گرفته‌اند به آن بعنوان مشاور و حافظ اسناد و مدارک پزشکی در مطب، بیمارستان، آزمایشگاه و یا دانشگاه و بدیده یک همیار مینگرند. مهندسان طراحی کامپیوتر را دیگر یک پدیده تجملی و یا تجربی نمی‌انگارند، همانگونه که مدرسین و معلمین نیز به کامپیوتر بعنوان یک وسیله کمک آموزشی نیاز مبرم احساس میکنند. دانش‌آموزان و دانشجویان پس از تعویض خط کش‌های محاسبه با ماشین حساب اینک ناچارند آنرا با ریز کامپیوترهای شخصی تعویض نمایند. همچنین بانکها، کتابخانه‌های معتبر و شرکتهای هواپیمائی کامپیوتر را در حد وسیله‌ای ضروری به کار میبرند.

امروزه نیاز دانشمندان امور فضایی برای محاسبه مسیر سفاین به کامپیوترها در جوار بکارگیری کامپیوتر توسط معلولین جسمی و عقلی قابل مشاهده است. آدمکهای ماشینی در ساخت کارخانه‌های کامپیوتری امروزی (انفورماتیکی فردا) بر روی خطوط تولید حضوری ملموس و غیرقابل حذف یافته‌اند و مهندسین شیمی از برنامه‌های مشابه ساز جهت انجام آزمایشهای شیمیایی در آزمایشگاه فرضی شبیه‌سازی شده سود میبرند. فیلمسازان از نقاشی متحرک و تصاویر واقع‌گرای کامپیوتری برای کاهش بهای ساخت فیلمهایشان و هم به عنوان جلوه‌های ویژه (SPECIAL EFFECTS) سود میبرند. شبکه‌های کامپیوتری مراکز اقتصادی علمی و فنی را بهم پیوند داده است و خانمهای خانه‌دار هم از درون خانه‌هایشان میتوانند براحتی از خدمات کامپیوتری شبکه‌های تله‌ماتیکی سود برند.

ث ــ حضور کامپیوتر چه اثرات اجتماعی به بار آورده است؟

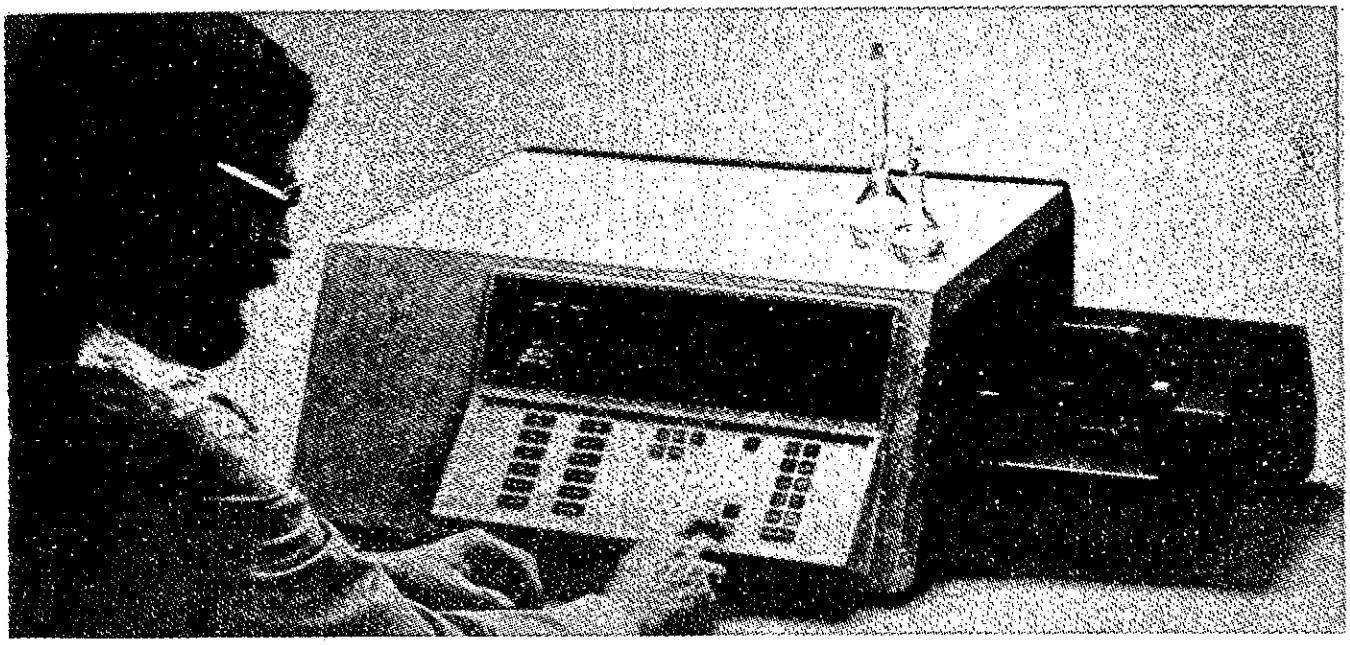
حضور غیرقابل حذف کامپیوتر در جوامع صنعتی واقعیتی درخور اعتنا است و اثرات بکارگیری کامپیوتر در محدوده‌های وسیعتری تحت عناوین جامعه‌شناسی و اقتصاد انفورماتیک میتواند به بحث گذارده شود.

حضور روبوتها و نقش آنها در آزادسازی نیروهای خلاق بشری نظریه‌های کلاسیکی از قبیل انتخاب تکنولوژی نفربر یا سرمایه‌بر را به نقد مجدد کشیده است. همانگونه که اثرات روانی و جسمی ساعتها کار مداوم با کامپیوتر مورد بحث گسترده ارگونومیست‌ها واقع شده است. موافقین و مخالفین بکارگیری پدیده‌های عمومی کامپیوتری نظیر بازیها را به صف‌آرایی در مقابل هم کشانده است و طیفی از استنباط‌هایی در حد اعتیاد از یکسو و ابزار کاملاً مفید آموزشی از سوی دیگر ترسیم کرده است.

نظریه «جامعه انفورماتیکی» آقای «شرایبر» به کتاب «موج سوم» «تافلر» راه یافته است و عبارت «کودکان در عصر اطلاعات» دیگر یک انگاره نیست بلکه عنوان کنفرانسی است که در سال گذشته در «وارنای» بلغارستان برگزار شده است. «جورج لوکاس» فیلمساز امریکایی در پی بکارگیری از امکانات کامپیوتری در فیلمهای خود اینک شرکت تولید سخت‌افزار تأسیس کرده است، ضمن اینکه «هنر انفورماتیکی» مقوله‌ای است که بحث‌های نظری بسیاری را میتواند مطرح سازد.

حضور کامپیوتر بعنوان عامل تشدید شکاف تکنولوژیک بین جوامع صنعتی و عقب نگهداشته شده از سوی گروهی کینه‌توزانه و بعنوان عامل اصلی نگریسته میشود در حالیکه شرایط نابرابر در جهان کنونی زائیده حضور این تکنولوژی نیست و برای حل مشکلات کلان جوامع با تمرکز کنونی استفاده از کامپیوتر در مواردی جبری و غیرقابل اجتناب است.

«لوئی لپرسن رانگه» آکادمیسین فرانسوی نگران ایجاد جامعه عریانی است که باسم انفورماتیک و به بهانه ضرورت دریافت اطلاعات تمامی آزادیهای فردی در آن پایمال گردد در حالیکه آمریکائیها با استفاده از تکنولوژی انفورماتیکی «سنجش از دور» و در پی مخفی نگهداشتن خبر آفت‌زدگی محصول قهوه آمریکای لاتینی‌ها به کمک احتکار این محصول صدها میلیون دلار در دهه هفتاد به جیب زده‌اند. هرچند جامعه «۱۹۸۴» «ارول» کاملاً محقق نشده است اما میتوان نشانه‌هایی از «جهان قشنگ نو» هاکسلی را که چندان هم قشنگ نیست مشاهده کرد. جامعه‌ایکه شرایبر در آن همه را «نرم‌افزار» کار فرض و پیش‌بینی میکند اتوپیای به ظاهر زیبایی است که جدا از اهداف احتمالی سیاسی مطرح ساختن آن فاصله زیادی با واقعیتهای موجود در جهان از جمله هوای دم کرده خیابانهای «داکار» و ماشین ۱۱۳۰ مستقر در فلان اداره دولتی آن دارد.



ج ــ کامپیوتر، انفورماتیک و آینده

کامپیوتر ابزاری انفورماتیکی است و انفورماتیک گستره وسیعتری است که در آینده بیش از امروز از آن خواهیم شنید. از تعریف کلاسیک «دریفوس» بشکل «پردازش خودکار اطلاعات» تا تعاریف مدرن انفورماتیک در قالب مفهوم عام «اطلاع‌رسانی» طیفی را میتوان ترسیم کرد که در پیوند مستقیم با درجه رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی است. قابل پیش‌بینی است که تکنولوژیهای نوین انفورماتیکی جایگزین شیوه‌های موجود ساخت کامپیوتر گردند. معماری جدید ماشینها بر مبنای برداشتهای نوین «بیوسیبرنتیکی» از الگوهای رفتار بشری، ابزاری را به جهانیان عرضه خواهد کرد که با کامپیوترهای «نسل‌یمانی» موجود سنخیت کمی خواهند داشت. برنامه‌سازی منطقی، طراحی سیستم برای استفاده‌کنندگان معمولی و به اصطلاح «ته خط» (END USERS) و اصول مهندسی نرم‌افزار فضاهایی را گشوده‌اند که ابزار انفورماتیکی را در محیط‌های اجتماعی قابل جذب‌تر خواهد ساخت.

«سیستمهای خبره» انسان را بسمت تخصص‌های پیچیده و دقیق در راستای بکارگیری گسترده خلاقیتهای بشری هدایت خواهند نمود، و «روبوتیک» جدا از تخیل نه چندان صحیح جامعه «مگاماشین» انسان را از کارهای دشوار و خسته‌کننده میتواند رها سازد.

اما این آینده فرضی و محتمل در کشورهای صنعتی و عقب نگهداشته شده همان نخواهد بود. آینده برای گروه دوم در تطابق مستمر با تکنولوژیهای جدید انفورماتیکی که طبق معمول به لحاظ افزایش واردات بار سنگینی را برتر از پرداختهایشان تحمیل خواهد کرد تنها از زاویه فیلمهای سینمائی و اتوپیاهای تکنوکراتیک نظیر «مدینه فاضله کلوپ پاریس» زیبا جلوه میکند وگرنه بسیار هشداردهنده است.

سیستمهایی که توان جذب تکنولوژی انفورماتیک را ندارند از آن همچون اسباب تفرعن و تزیین بهره خواهند گرفت و کاربران نه چندان خبره آنها عملاً تنها نگاه حسرت‌بار و متحیر خود را بر این جعبه‌های جادو، خواهند دوخت. انفورماتیک در این جوامع تا مدتها ناشناس خواهد ماند و در نهایت همچون سایر تکنولوژیهای نوین در یک محیط فاقد زیر ساختهای لازم جهت گسترش استفاده مفید از آن یعنی زیرساخت‌های اطلاعاتی و ارتباطی، جذب نشده باقی خواهد ماند.

آینده در قالب تکنولوژی انفورماتیک محصور نخواهد ماند اما انفورماتیک بلاشک در ساخت جوامع آتی که همه آنها چه صنعتی و چه عقب نگهداشته شده در یک چارچوب بهم پیوسته و در عین حال نابرابر بسر خواهند برد نقشی عظیم‌تر خواهد یافت. اما چهره انسانی و گسترده بکارگیری مفید از انفورماتیک تنها در جوامعی محقق خواهد شد که واجد ویژگیهایی از یک رشد متوازن و همگون در همه بخشها باشند وگرنه حتی به قیمت فراهم ساختن مجموعه‌های گرانقیمتی از نوین‌ترین ابزار انفورماتیکی، سیمایی کاراً از بکارگیری مفید این تکنولوژی را در هیچ جامعه‌ای نمیتوان ترسیم کرد، چرا که کمتر تکنولوژی‌ای همچون انفورماتیک مرهون و مدیون دانش‌بکارگیرندگان آن است.

والسلام

***

۳۳ تست با پاسخ و راهنمایی

۱ ــ یک رسانای گلابی شکل تو خالی و منفرد دارای بار الکتریکی است؛ در این صورت کدامیک از عبارات زیر درست است:

۱ ــ پتانسیل در تمام نقاط سطح آن یکسان است.

۲ ــ بار در انتهای تیز آن متمرکز است.

۳ ــ میدان الکتریکی در داخل رسانا وجود ندارد.

الف ــ ۱ و ۲ و ۳

ب ــ فقط ۱ و ۲

ج ــ فقط ۲ و ۳

د ــ فقط ۱

ه ــ فقط ۳

۲ ــ در نمودار زیر سطوح هم پتانسیل یک جفت بار نقطه‌ای Q+، Q+ نشان داده شده‌اند؛ اگر الکترونی از X به طرف y حرکت کند:

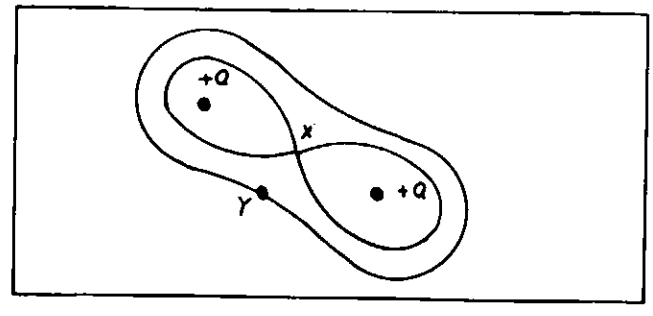
الف ــ پتانسیل الکتریکی آن افت می‌کند.

ب ــ پتانسیل الکتریکی آن تغییر نمی‌کند.

ج ــ برآیند نیروهای وارد بر آن، آن را به طرف X می‌کشد.

د ــ برآیند نیروهای وارد برآن، آن را از X دور می‌کند.

ه ــ بر آن نیروی برآیندی وارد نمی‌شود.



۳ ــ دو صفحهٔ فلزی و موازی X و y، دارای بار الکتریکی هستند؛ صفحهٔ X به کلاهک یک الکتروسکوپ و y به زمین متصل است؛ اگر یک قطعه پرسپکس (جسم نارسانا) بدون بار را بین صفحات فلزی قرار دهیم، انحراف ورقهٔ الکتروسکوپ:

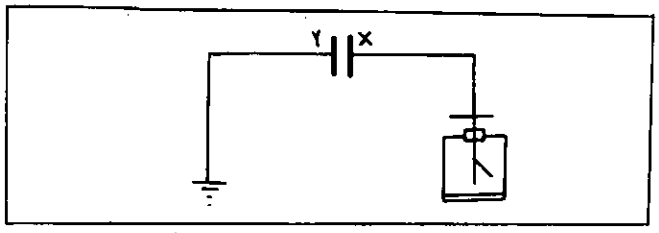
الف ــ کاهش می‌یابد.

ب ــ افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

ج ــ افزایش می‌یابد.

د ــ بدون تغییر باقی می‌ماند.

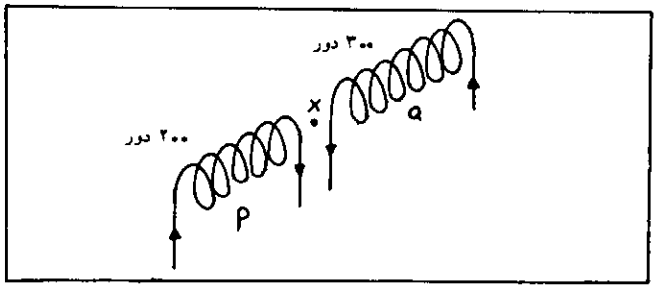
ه ــ فوراً انحراف صفر می‌شود.



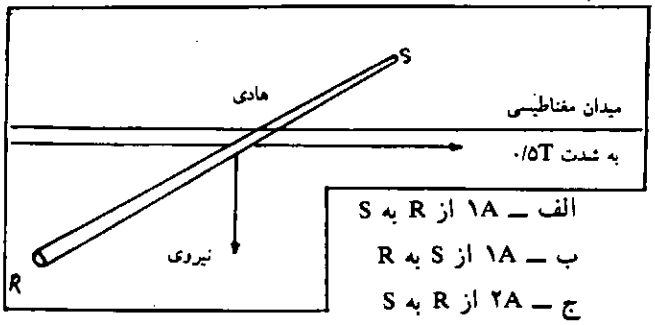
۴ ــ دو سیم‌پیچ P و Q، هم طول و مطابق شکل در یک امتدادند، تعداد دورهای P و Q به ترتیب ۲۰۰ و ۳۰۰ دور است. جریان ۱A از Q می‌گذرد. برای آنکه برآیند میدان در نقطهٔ X (وسط سیم‌پیچها) صفر شود، چه جریانی باید از P بگذرد؟

الف ــ $\frac{۲}{۳}$ A　　ب ــ $\frac{۳}{۴}$ A　　ج ــ ۱A

د ــ $\frac{۴}{۳}$ A　　ه ــ $\frac{۳}{۲}$ A



۵ ــ شکل زیر هادی (RS) حامل جریان، به طول ۲m را که عمود بر یک میدان مغناطیسی به شدت ۰/۵T قرار گرفته است، نشان می‌دهد. نیروی ۱N بر هادی وارد می‌شود؛ اندازه و جهت جریان برابر است با:



الف ــ ۱A از R به S

ب ــ ۱A از S به R

ج ــ ۲A از R به S

د ــ ۲A از S به R

ه ــ ۴A از R به S

۶ ــ سیم‌پیچ سادهٔ X با پیچیدن منظم ۱m سیم روپوش‌دار بدور یک لولهٔ مقوایی به قطر ۱Cm و به طول ۱۰Cm ساخته شده است. سیم‌پیچ y نیز با پیچیدن منظم ۲m سیم روپوش‌دار به دور لولهٔ دیگری به قطر ۲Cm و طول ۲۰Cm ساخته می‌شود؛ نسبت شدت جریان y به x چه اندازه باشد تا اندوکسیون مغناطیسی در داخل لوله‌ها یکسان شود:

الف ــ $\frac{۱}{۲}$ ب ــ ۱ ج ــ ۲ د ــ ۴ ه ــ ۸

۷ ــ مطابق شکل از دو سیم بلند و موازی X و Y به ترتیب جریانهای ۳A و ۵A می‌گذرد. نیروئی که بر واحد طول X بر ابر $۵ \times ۱۰^{-۵}N$ اعمال می‌شود به طرف راست است؛ نیرویی که بر واحد طول سیم Y اعمال می‌شود برابر است با:

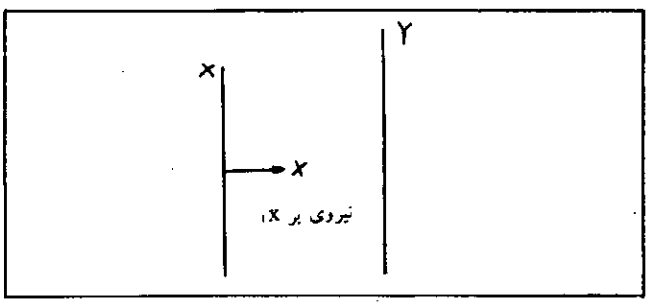
الف ــ $۲ \times ۱۰^{-۵}N$ بطرف چپ

ب ــ $۳ \times ۱۰^{-۵}N$ بطرف راست

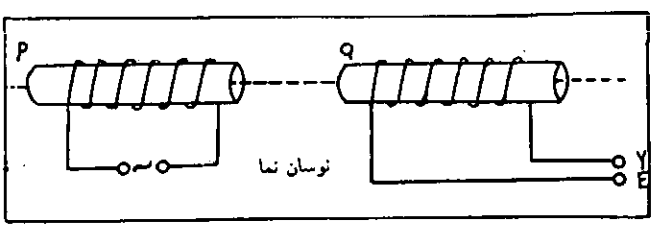
ج ــ $۳ \times ۱۰^{-۵}N$ بطرف چپ

د ــ $۵ \times ۱۰^{-۵}N$ بطرف راست

ه ــ $۵ \times ۱۰^{-۵}N$ بطرف چپ



۸ ــ سیم‌پیچ P که به مولد جریان متناوب ۵۰HZ بسته شده است، در کنار سیم‌پیچ (Q) که به ورودی یک نوسان‌نما متصل است، قرار دارد. نمودار نوسانات بر روی صفحهٔ نوسان‌نما ظاهر می‌شود. اگر یک هستهٔ آهنی را وارد سیم‌پیچ‌ها کنیم، چه تغییری در این نمودار حاصل می‌شود؟



دامنهٔ نمودار	تعداد دندانه‌های نمودار
الف ــ افزایش می‌یابد.	افزایش می‌یابد.
ب ــ کاهش می‌یابد.	افزایش می‌یابد.
ج ــ تغییر نمی‌کند.	افزایش می‌یابد.
د ــ افزایش می‌یابد.	تغییر نمی‌کند.
ه ــ تغییر نمی‌کند.	تغییر نمی‌کند.

۹ ــ سطح حلقهٔ کلفت مسی شکل (الف)، عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار گرفته است. سپس، حلقه را آنقدر می‌چرخانیم تا همانطور که در شکل (ب) نشان داده شده، صفحه‌اش با میدان مغناطیسی موازی گردد. در اثر این حرکت، یک نیروی محرکهٔ الکتریکی القائی و در نتیجهٔ آن یک جریان القائی در حلقه بوجود می‌آید.

این جریان القائی را به کدامیک از طرق زیر می‌توان افزایش داد:

۱ ــ افزایش اندازهٔ سوراخ مرکزی

۲ ــ افزایش سرعت چرخش حلقه.

۳ ــ استفاده از فلزی با مقومت ویژهٔ پائین‌تر.

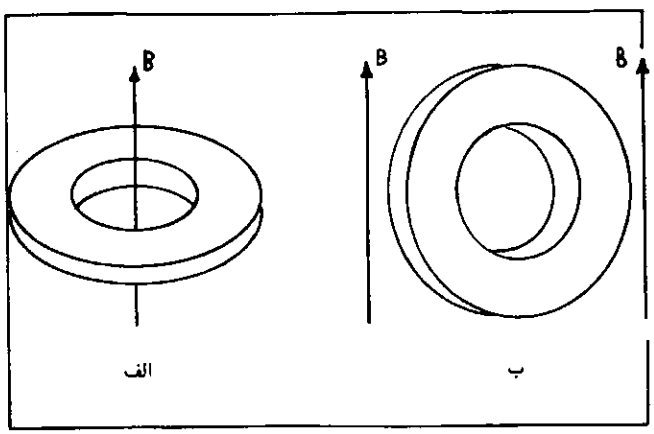
الف ــ ۱ و ۲ و ۳ همگی درست هستند.

۲ ــ فقط ۲ و ۳ درست هستند.

ب ــ فقط ۱ و ۲ درست هستند.

د ــ فقط ۱ درست است.

ه ــ فقط ۳ درست است.



۱۰ ــ کدامیک از آثار زیر به اثر خود القایی مربوط است:

الف ــ ایجاد ولتاژ هنگام قطع جریان در یک سیم‌پیچ با هستهٔ آهنی.

ب ــ آهنربایی که به داخل یک سیم‌پیچ وارد و از آن بیرون آورده می‌شود با نیروهای مخالف حرکت خود روبرو می‌گردد.

ج ــ سیم‌پیچهای گالوانومتر اغلب روی چارچوبهای فلزی سبک پیچیده می‌شوند.

د ــ وجود یک هستهٔ آهنی، میدان مغناطیسی سیم‌پیچ را افزایش می‌دهد.

ه ــ چگالی شار مغناطیسی در داخل یک سیم‌پیچ طویل هنگام عبور جریان.

۱۱ ــ مطابق شکل مهره x بر روی سطح افقی صاف قرار دارد و به دو فنر مشابه بسته شده و در امتداد طول فنرها نوسان می‌کند وقتی مهره از وضعیت مرکزی می‌گذرد انرژی آن:

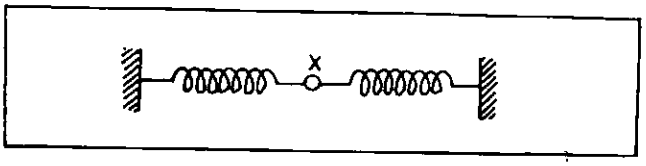
الف ــ صفر است

ب ــ بیشترین انرژی پتانسیل است

ج ــ تمامش انرژی پتانسیل است

د ــ نیمی انرژی پتانسیل و نیمی انرژی جنبشی است.

هـ ــ تمامش انرژی جنبشی است.



۱۲ ــ در حرکت نوسانی یک آونگ ساده با دامنه کم، کدام‌یک از ستونهای جدول زیر وضعیت انرژی جنبشی و کشش نخ آونگ را هنگام عبور از وضع تعادل به درستی نشان می‌دهد:

	الف	ب	ج	د	هـ
انرژی جنبشی	ماکزیمم	صفر	ماکزیمم	صفر	می‌نیمم
کشش نخ	می‌نیمم	ماکزیمم	ماکزیمم	می‌نیمم	صفر

۱۳ ــ فنری از قانون هوک پیروی می‌کند وقتی فنر با نیروی F_1 کشیده می‌شود طول آن l_1 است و چون نیروی کشش تا F_2 افزایش یابد طول فنر l_2 می‌شود انرژی ذخیره شده در فنر در طی این فرآیند عبارت است از:

الف ــ $(F_2 - F_1)(l_2 - l_1)$

ب ــ $\frac{1}{4}(F_2 + F_1)(l_2 + l_1)$

ج ــ $\frac{1}{4}(F_2 + F_1)(l_2 - l_1)$

د ــ $\frac{1}{2}(F_2 + F_1)(l_2 + l_1)$

هـ ــ $\frac{1}{2}(F_2 + F_1)(l_2 - l_1)$

۱۴ ــ جسم سختی تحت تأثیر نیروهای ۲N و ۳N و ۴N در حال تعادل است. اگر نیروی ۲ نیوتن ناگهان حذف شود اندازه برآیند نیروها برحسب نیوتن برابر است با:

الف ــ ۷

ب ــ ۵

ج ــ ۴

د ــ ۳

هـ ــ ۲

۱۵ ــ اگر خواص فیزیک مشترک در امواج رادیوئی و امواج صوتی را بصورت زیر بیان کنیم:

۱ ــ هر دو می‌توانند پلاریزه شوند

۲ ــ هر دو می‌توانند منعکس شوند

۳ ــ هر دو می‌توانند تفرق یابند

کدام یک از مطالب زیر درست است:

الف ــ هر سه مورد

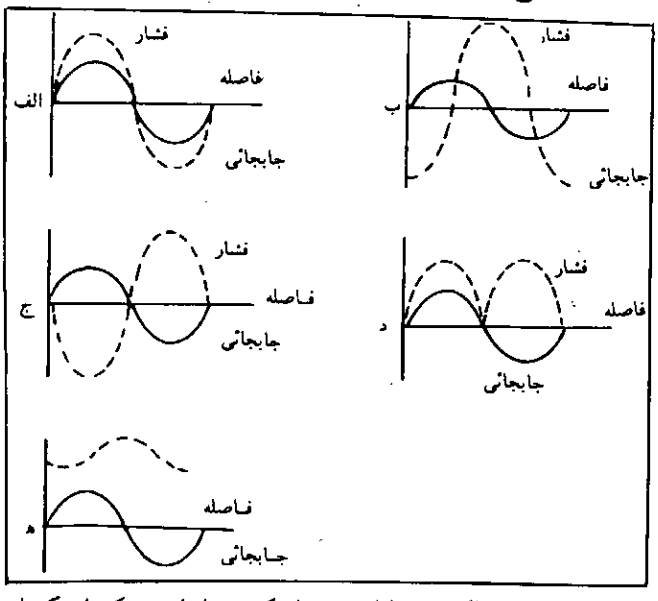
ب ــ ۱ و ۲

ج ــ ۲ و ۳

د ــ فقط ۱

هـ ــ فقط ۳

۱۶ ــ کدام یک از نمودارهای زیر نشان دهندهٔ تغییرات فشار متوسط هوا و تغییر مکان ذرات در یک موج صوتی منتشر شده در هوا می‌باشد؟ (موج از چپ به راست حرکت می‌کند)



۱۷ ــ وسائل زیر قابلیت نوسان کردن را دارند. کدام یک از اجزا اصلی آنها باعث میرائی نوسانات می‌شوند:

۱ ــ سیم پیچ در آمپرسنج با قاب متحرک

۲ ــ سیم پیچ گالوانومتر بالستیک

۳ ــ سیستم توقف اتومبیل

الف ــ فقط ۱

ب ــ فقط ۲

ج ــ فقط ۳

د ــ ۱ و ۲

هـ ــ ۱ و ۳

۱۸ ــ اشکال زیر عکس فوری از یک محیط را در وضع تعادل و وقتی که موج طولی در آن انتشار می‌یابد نشان می‌دهند، کدامیک از

توضیحات زیر در حالتی که موج منتشر می‌شود درست است:

۱ ــ x نقطه‌ای با تغییر مکان صفر است.

۲ ــ فاصلهٔ x تا z معادل طول موج است.

۳ ــ x با y همفاز است.

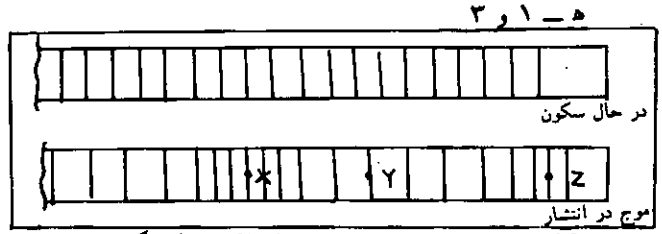
الف ــ فقط ۱

ب ــ فقط ۲

ج ــ فقط ۳

د ــ ۱ و ۲

هـ ــ ۱ و ۳



۱۹ ــ دو منبع مرتعش s_1 و s_2 به فاصلهٔ a از یکدیگر قرار دارند، در نتیجهٔ تداخل بر امتداد xy که موازی با خط و اصل دو منبع و بفاصلهٔ d از آن است شکمها و گره‌ها ملاحظه می‌شوند. فاصلهٔ بین شکمهای مجاور در صورتی افزایش می‌یابد که:

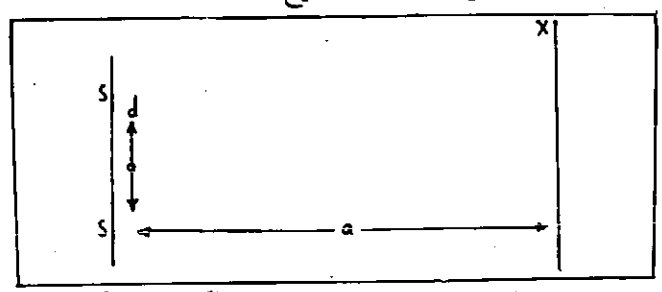
۱ ــ فاصلهٔ دو منبع (a) زیاد شود

۲ ــ فاصلهٔ (d) افزایش یابد.

۳ ــ فرکانس دو منبع افزایش یابد.

بدین منظور کدامیک از قسمت‌های فوق درست است:

الف ــ فقط ۲ ب ــ فقط ۱ و ۲ ــ ج ــ فقط ۱ و ۳ ــ د ــ فقط ۲ و ۳ هـ ــ هر سه قسمت صحیح است



۲۰ ــ از جملات زیر در مورد امواج الکترومانیتیک کدام درست است.

۱ ــ اشعهٔ x در خلأ سریعتر از امواج نوری منتشر می‌شود

۲ ــ انرژی فوتون‌های اشعه x بیشتر از انرژی فوتونهای نور مرئی است.

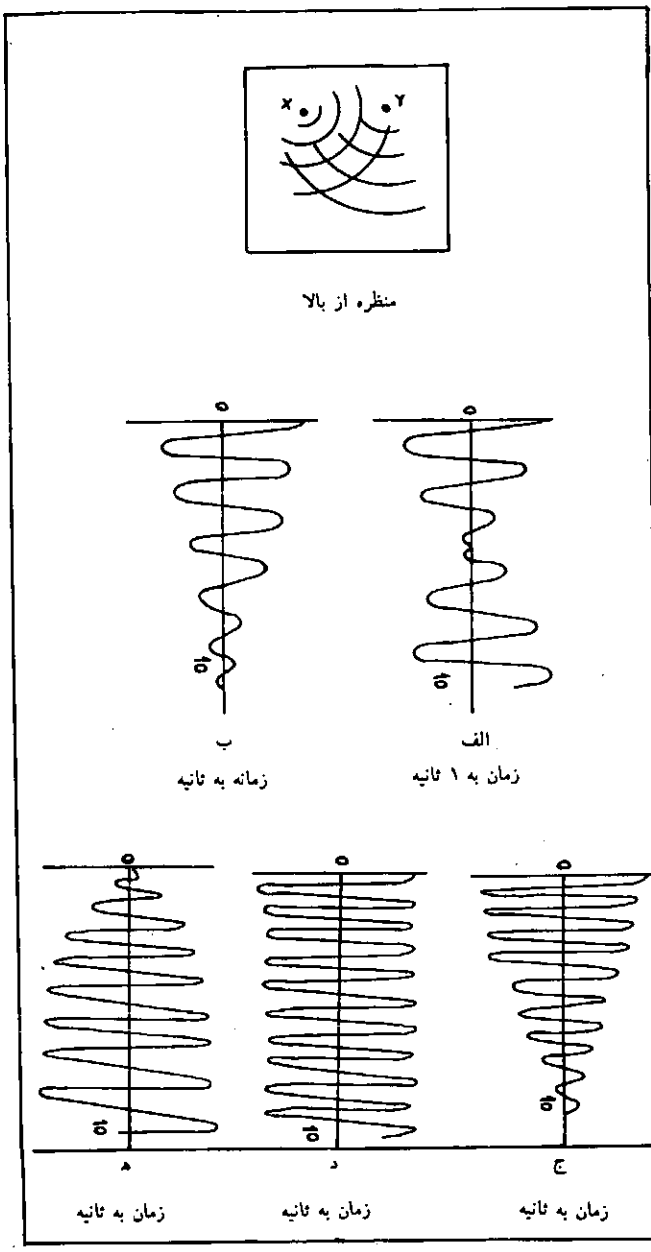
۳ ــ نورمرئی پلاریزه می‌شود امّا اشعهٔ x پلاریزه نمی‌شود.

الف ــ ۱ و ۲ ب ــ ۲ و ۳ ج ــ ۱ و ۲ و ۳ د ــ فقط ۲

هـ ــ فقط ۳

۲۱ ــ شکل زیر شمائی از دید قائم از یک ظرف آب است که دو تیغهٔ مرتعش x و y در سطح آن امواجی ایجاد نموده‌اند، تواتر x معادل ۴/۵ هرتز و تواتر y معادل ۵/۵ هرتز است. چوب پنبهٔ کوچکی در نقطهٔ z در اثر امواج واصله بالا و پائین می‌رود؛

کدامیک از نمودارهای زیر معرف تغییرات جابجائی z بر حسب زمان است؟



۲۲ ــ یک منبع تولید امواج الکترومانیتیک بطول موج ۳ سانتیمتر و یک صفحهٔ کوچک فلزی مطابق شکل زیر در مسیر امواج قرار داده شده است. یک آنتن گیرنده متصل به تقویت کنندهٔ مناسبی است که شدت امواج را نشان می‌دهد. (سرعت امواج الکترومانیتیک ۳×۱۰^{۸} m/s است). با توجه به جملات زیر کدامیک از قسمتهای (الف) تا (هـ) درست است:

۱ ــ وقتی آنتن گیرنده در امتداد xy جابجا می‌شود دستگاه گیرنده در هر ۱/۵cm شدت ماکزیمم را نشان می‌دهد.

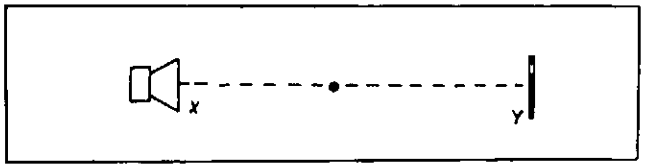
۲ ــ فرکانس امواج 10^{10} هرتز است.

۳ ــ وقتی آنتن گیرنده در پشت صفحهٔ فلزی و در راستای xy قرار داده شود، علائم دریافتی توسط دستگاه دوباره ظاهر می‌شود زیرا در لبهٔ صفحه تفرق اتفاق می‌افتد.

الف ــ ۱ و ۲ و ۳ ب ــ فقط ۱ و ۲

ج ــ فقط ۲ و ۳ د ــ فقط ۱

ه ــ فقط ۳



۲۳ ــ شکل زیر یک دستگاه سونومتر (صدا سنج) را نشان می‌دهد. فرکانس صوت اصلی تار در قسمت xy معادل ۵۰ هرتز است. این فرکانس در صورتی دوبرابر می‌شود که:

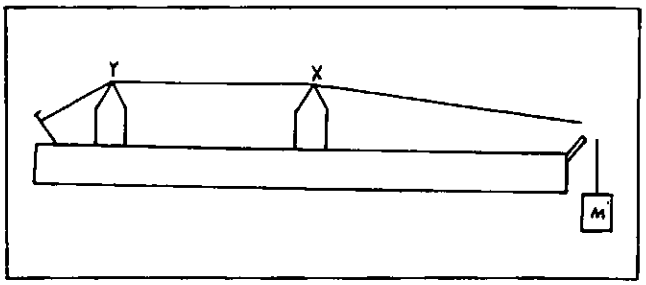
الف ــ وزنهٔ m را نصف کنیم.

ب ــ وزنهٔ m را دو برابر کنیم.

ج ــ فاصلهٔ xy را دو برابر کنیم.

د ــ فاصلهٔ xy را نصف کنیم.

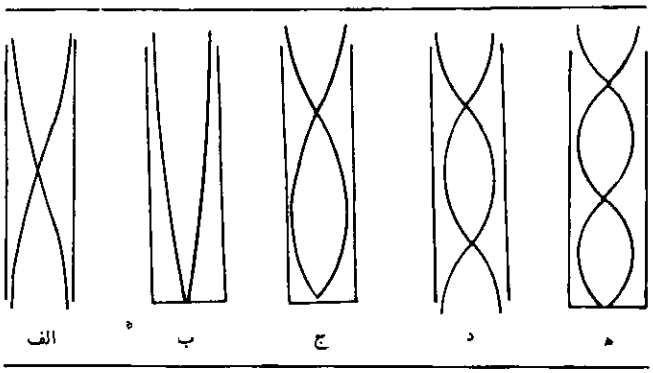
ه ــ قطر تار را دو برابر کنیم.



۲۴ ــ نمایشی از ایجاد امواج ایستاده در پنج لولهٔ صوتی را که سه تای آنها لولهٔ بسته هستند، مشاهده می‌کنید. این اشکال نمایشگر جابجائی ذرات هوا از وضع اوّلیه خود در هر نقطه و در امتداد محور لوله می‌باشند.

طول هر لوله L (برحسب متر) و سرعت صوت در لولهٔ C (برحسب m/s) و میزان تصحیح انتهای لولهٔ e (برحسب متر) می‌باشد:

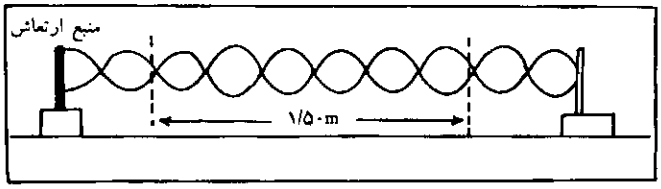
کدامیک از لوله‌ها فرکانسی معادل $\frac{C}{4(L+e)}$ (برحسب هرتز) دارد؟



۲۵ ــ یک منبع مرتعش امواج ایستاده‌ای مطابق شکل در طول یک ریسمان ایجاد می‌نماید. اگر فرکانس منبع ۲۰ هرتز باشد، سرعت انتشار امواج برابر با:

الف ــ ۳m/s ب ــ ۱۰m/s

ج ــ ۱۵m/s و ــ ۲۲/۵m/s ه ــ ۴۳m/s



۲۶ ــ یک ریسمان با نیروی کشش ثابتی بین دو نقطهٔ x و y بسته شده است. در شکل نقاطی از ریسمان که در اثر امواج ایستادهٔ حاصل بیشترین جابجائی را می‌توانند داشته باشند با خطوط پر و نقطه‌چین نشان داده شده‌اند. کدامیک از جملات زیر درمورد این موج ایستاده درست است؟

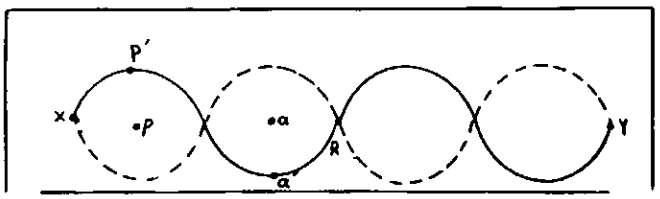
الف ــ فاصلهٔ بین P و Q برابر طول موج است.

ب ــ بعد از گذشت زمان کوتاهی، ریسمان در نقطهٔ R تغییر مکان خواهد داد.

ج ــ نقاط P و Q از ریسمان در خلاف جهت یکدیگر حرکت خواهند کرد.

د ــ در لحظهٔ مربوط به شکل، تمام انرژی امواج ایستاده از نوع جنبشی است.

ه ــ موج ایستاده‌ای که نمایش داده شده مربوط به کم فرکانس‌ترین ارتعاش ریسمان بین x و y در اثر این نیروی کشش است.



۲۷ ــ کدام دسته از امواج الکترومغناطیسی زیر برحسب فرکانس کم تا زیاد ترتیب درستی دارد؟

الف ــ اشعهٔ گاما، اشعهٔ ماوراء بنفش، امواج رادیوئی

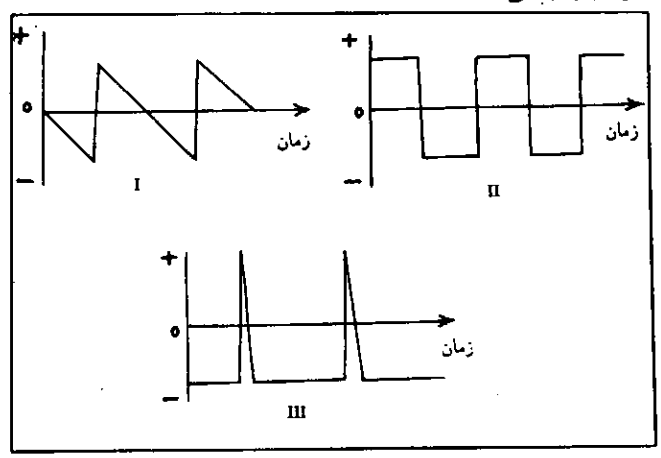
ب ــ اشعهٔ گاما، نور مرئی، اشعهٔ ماوراء بنفش

ج ــ نور مرئی، اشعهٔ مادون قرمز، امواج میکروویو

د ــ امواج میکروویو، اشعهٔ ماوراء بنفش، اشعهٔ x

هـ ــ امواج رادیوئی، نور مرئی، اشعهٔ مادون قرمز

۲۸ ــ گلوله‌ای از بالای سطح افقی رها می‌شود و پس از برخورد کاملاً کشسان با سطح (برخورد الاستیک) بطرف بالا می‌جهد. تغییرات تندی و شتاب گلوله برحسب زمان هریک با کدام نمودار بدرستی نشان داده شده است:



	الف	ب	ج	د	هـ
شتاب	II	III	III	I	I
تندی	I	I	II	II	III

۲۹ ــ دو توپ سبک و سنگین، در یک لحظه با تندی اولیهٔ یکسان در امتداد قائم در شرایط خلأ بطرف بالا پرتاب می‌شوند. کدامیک از جمله‌های زیر درست است:

الف ــ دو توپ در زمانهای مساوی مسافتهای مساوی می‌پیمایند.

ب ــ توپ سبک بالاتر می‌رود.

ج ــ زمان بالا رفتن توپ سبک طولانی است.

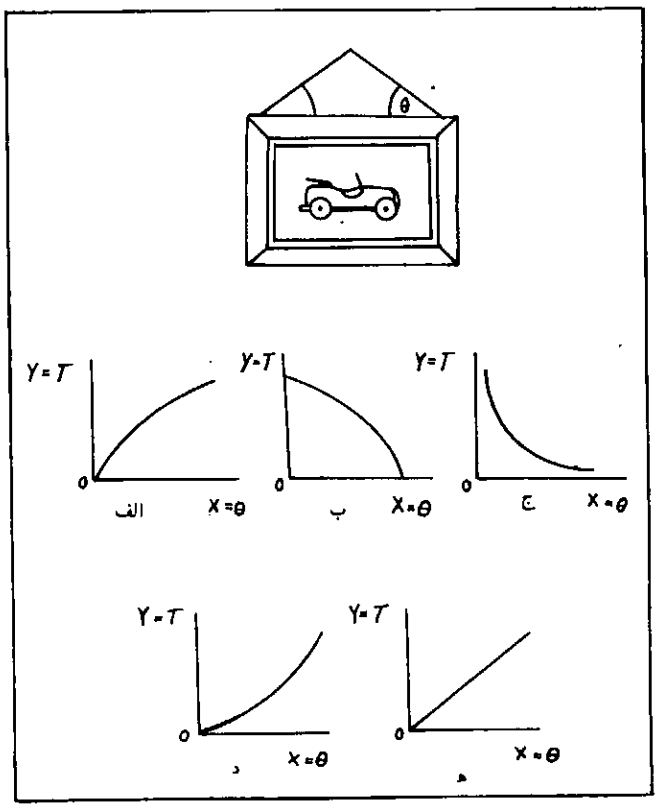
د ــ توپ سبک، با سرعت کمتری به زمین برخورد می‌کند.

هـ ــ دو توپ در ارتفاع ماکزیمم انرژی پتانسیل برابر دارند.

۳۰ ــ اتوموبیلی به جرم m بوسیلهٔ موتوری که می‌تواند توان p تولید کند از حال سکون شتاب می‌گیرد تا به سرعت v برسد؛ حداقل زمانی که به این سرعت می‌رسد برابر است با:

الف ــ $\frac{mv}{p^2}$ ب ــ $\frac{p}{mv}$ ج ــ $\frac{2p}{mv^2}$ د ــ $\frac{mv^2}{2p}$ هـ ــ $\frac{pmv}{2}$

۳۱ ــ مطابق شکل قابی بوسیلهٔ طنابی به دیوار آویخته شده است. کدامیک از نمودارهای زیر تغییرات نیروی کشش طناب (T) را برحسب تغییر زاویهٔ θ بدرستی نشان می‌دهد:



۳۲ ــ وزنه‌ای به جرم ۰/۱ کیلوگرم به یک فنر سبک مارپیچی آویخته شده و به حال تعادل است؛ افزایش طول فنر ۰/۱ متر است. وزنه در امتداد قائم و بطرف پائین به اندازهٔ ۰/۰۲ متر کشیده شده رها می‌شود. x جابجائی وزنه برحسب متر و $g = ۱۰ m/s^2$ است رابطهٔ x برحسب t (ثانیه) عبارتست از:

الف ــ $x = ۰/۱ \sin ۱۰t$

ب ــ $x = ۰/۱ \cos ۰/۲\pi t$

ج ــ $x = ۰/۰۲ \sin ۰/۲\pi t$

د ــ $x = ۰/۰۲ \cos ۰/۱t$

هـ ــ $x = ۰/۰۲ \cos ۱۰t$

۳۳ ــ در حرکت نوسانی ساده یک جسم از سه کمیت:

۱ ــ تندی جسم

۲ ــ نیروی شتاب دهندهٔ وارد بر جسم

۳ ــ شتاب جسم

کدامیک دقیقاً با دیگری همفاز می‌باشد:

الف ــ هیچکدام ب ــ فقط ۱ و ۲ ج ــ فقط ۱ و ۳

د ــ فقط ۲ و ۳ هـ ــ ۱ و ۲ و ۳

پاسخ و راهنمایی

۱ ــ الف

۲ ــ ج: بخاطر داشته باشید که سطح پتانسیل، سطحی است که انرژی پتانسیل الکتریکی یک بار نقطه‌ای در تمام نقاط آن ثابت است. همچنین، برآیند نیروی وارد بر الکترون یا مجموع برداری دو نیروی مؤثر بر آن برابر است.

۳ ــ الف

۴ ــ ه: با استفاده از رابطهٔ شدت میدان در مرکز سیم‌پیچها می‌توان پاسخ را بدست آورد. (اگرچه این رابطه برای اندازهٔ میدان در داخل و مرکز سیم‌پیچ است، ولی میدان در x، با میدان در مرکز هریک از سیم‌پیچهای P و Q متناسب است، زیرا طول سیم‌پیچها برابر و نقطهٔ X وسط فاصلهٔ مابین آنها قرار دارد.

۵ ــ الف

۶ ــ ج

۷ ــ ه قانون سوم نیوتن را بخاطر بیاورید.

۸ ــ د: وجود هستهٔ آهنی دو تأثیر خواهد داشت: (۱) شار مغناطیسی را در سیم‌پیچ اوّلیه افزایش می‌دهد. (۲) ارتباط شار را بین سیم‌پیچهای P و Q افزایش داده و بدین ترتیب بدون افزایش فرکانس سیم‌پیچ Q، دامنهٔ نیروی محرکهٔ الکتریکی القایی در آن افزایش می‌یابد.

۹ ــ الف: جریان القایی به نیروی محرکهٔ الکتریکی القایی و مقاومت حلقه بستگی دارد. برای قسمت (۲) باید ببینید سرعت چه تأثیری بر روی نیروی محرکهٔ الکتریکی القایی (و درنتیجه بر روی جریان) دارد. برای قسمت (۳) باید ببینید مقاومت ویژه چگونه بر مقاومت حلقه (و در نتیجه جریان) تأثیر می‌گذارد. برای قسمت (۱)، رابطهٔ بین اندازهٔ سوراخ و شار اوّلیه را بررسی کرده و بدین ترتیب به تغییر شار و درنتیجه نیروی محرکهٔ القایی توجه کنید.

وقتی سوراخ بزرگتر شود، مقاومت حلقه نیز افزایش خواهد یافت ولی آیا تأثیر مقاومت اضافی به تنهایی عمل می‌کند و یا اینکه نیروی محرکهٔ الکتریکی نیز تغییر پیدا می‌کند؟

۱۰ ــ الف

۱۱ ــ ه

۱۲ ــ ج: وضع مهره را در حالت تعادل از لحاظ سرعت در نظر بگیرید.

۱۳ ــ ه

۱۴ ــ ه

۱۵ ــ ج: بخاطر داشته باشید که فقط امواج عرضی پلاریزه می‌شوند.

۱۶ ــ ه: توجه کنید که سؤال طرح شده درمورد تغییرات مقادیر متوسط است.

۱۷ ــ ه: توجه کنید که گالوانومتر بالستیک دستگاهی برای بار است. اولین انحراف متناسب با بار عبور کرده است؛ بنابراین افت انرژی در آن قابل ملاحظه نیست.

۱۸ ــ د: در توضیح (۱) پراکندگی ذرات محیط را در شکل اول با شکل دوم در حوالی x مقایسه کنید. برای (۲) طول موج فاصلهٔ دو نقطهٔ متوالی با همان تغییر مکان است. برای (۳) به فاصلهٔ xg با درنظرگرفتن طول موج توجیه کنید.

۱۹ ــ الف: برای چنین حالتی $\theta = \lambda$ می‌شود که y فاصلهٔ شکمها است. برای (۳) فرض کنید سرعت نور ثابت می‌ماند و با تغییر فرکانس طول موج تغییر می‌کند.

۲۰ ــ د: توجه داشته باشید که هم اشعهٔ x و هم نور مرئی تابشهای الکترومانیتیکی هستند. آیا تابشهای الکترومانیتیکی امواج عرضی هستند یا طولی؟

۲۱ ــ الف

۲۲ ــ الف: توضیح اینکه طول موج 3cm و صفحهٔ فلزی کوچک است.

۲۳ ــ د: به رابطهٔ تواتر اصلی تار مرتعش در امواج ساکن توجه کنید. نیروی کشش سیم Mg و طول موج ارتعاش اصلی در تار دو برابر فاصلهٔ xy است.

۲۴ ــ ب: در اشکال مربوطه خطای انتهای لوله نشان داده شده است. توجه داشته باشید که فاصلهٔ e بایستی به طول لوله در هر دهانه، باز اضافه شود.

۲۵ ــ ب: لازمست ابتدا با توجه به شکل، طول موج بدست آید سپس سرعت محاسبه گردد.

۲۶ ــ ج: توجه کنید که فاصلهٔ گره‌ها از هم نصف طول موج و در لحظه‌ای که نقاط ریسمان در ماکزیمم جابجائی هستند تندی هر ذره صفر است.

۲۷ ــ د

۲۸ ــ ب

۲۹ ــ الف: بخاطر داشته باشید که شتاب مربوط به گرانش به جرم بستگی ندارد.

۳۰ ــ د: کار انجام شده بوسیلهٔ موتور در مدت t ثانیه را با انرژی جنبشی بدست آمده بوسیلهٔ اتوموبیل برابر بگیرید و از آنجا t را محاسبه کنید.

۳۱ ــ ه: در حالتی که $\theta = 0$ است اندازهٔ T را مشخص کنید و ببینید با کدامیک از نمودارها تطبیق می‌کند.

۳۲ ــ ه: بخاطر داشته باشید که، دامنهٔ نوسانات با بیشترین مقدار جابجائی از وضع تعادل برابر است و ω را می‌توان از ثابت فنر و جرم وزنه محاسبه کرد.

۳۳ ــ د: باید توجه داشت که همواره شتاب متناسب است با نیرو.

بنام خدا

«مجله و خوانندگان»

خوانندهٔ عزیز همچنانکه در شماره قبل وعده کرده بودیم، میخواهیم حاصل کار مجله را ارزشیابی کنیم، این امر با آگاهی از نظر شما خوانندهٔ محترم میسر خواهد بود.

لذا استدعا دارد در طول دو ماه آینده در فرصتی مناسب با دقت لازم به پرسشهای زیر پاسخ دهید. قبلاً از همکاری و همیاری شما خوانندهٔ ارجمند سپاسگزاری کرده و از درگاه حق‌تعالیٰ توفیق هرچه بیشتر شما را مسئلت دارد.

نام:

نام خانوادگی:

شغل:

شهرستان:

نشانی :

محل کار و تلفن

منزل و تلفن

۱ ــ سابقهٔ تدریس در

دبستان ☐ راهنمائی ☐

دبیرستان ☐ دانشگاه یا مدارس عالی ☐

تدریس نمی‌کنم ☐

۲ ــ چند سال فیزیک تدریس کرده‌اید؟

۳ ــ در کدام مقطع تحصیلی فیزیک تدریس کرده‌اید:

دبیرستان ☐ دوره عالی ☐

۴ ــ مقاله‌های رشد آموزش فیزیک در مجموع از نظر آموزش با مطالب کتب فیزیک دبیرستان و مطالب علمی مربوط به دورهٔ راهنمائی تحصیلی چه ارتباطی دارد:

کامل ☐ متوسط ☐ ضعیف ☐

۵ ــ آیا مقالات رشد فیزیک می‌تواند برخی از دشواریهای شما را در علم فیزیک حل کند؛ چگونه؟

۶ ــ رشد آموزش فیزیک چه کمبودهائی دارد؛ باختصار شرح دهید.

۷ ــ بنظر شما (دبیران محترم) این مجله تا چه حد کمبودهای کتاب معلم (راهنمای تدریس) را جبران می‌کند؟

کاملاً ☐ تا اندازه‌ای ☐ هیچ ☐

۸ ــ بنظر شما غیر از دبیران فیزیک دیگران هم می‌توانند از این مجله بهره گیرند؛ اگر پاسخ مثبت است، چرا؟

۹ ــ در صورتیکه تألیف و یا مقاله‌ای دارید نام و موضوع آنرا ذکر نموده و آنرا جهت درج در مجله ارسال فرمائید.

۱۰ ــ بالاترین مدرک تحصیلی:

رشته تحصیلی: رشتهٔ تخصصی:

نام دانشگاهی که از آن فارغ‌التحصیل شده‌اید:

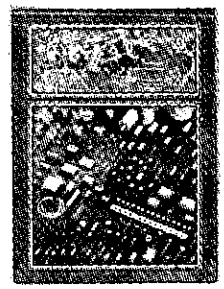
۱۱ ــ به کدامیک از زبانهای خارجی تسلّط کامل دارید و می‌توانید درست ترجمه کنید؟

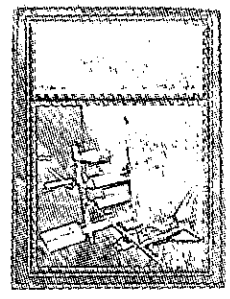
۱۲ ــ لطفاً پیشنهادات خود را در مورد مجله و کتابهای فیزیک دورهٔ دبیرستان ارائه دهید.

۱۳ ــ برای هریک از مطالب یا مقالاتی که در هشت شماره رشد آموزش فیزیک چاپ شده است چه امتیازی میدهید؟ امتیاز مربوطه را لطفاً در جدول ذیل درج فرمائید.

شماره مجله	عنوان	امتیاز			
		عالی	خوب	متوسط	ضعیف
۱	چرا باید فیزیک آموخت؟				
	آیا قانون اُهم را می‌دانید؟				
	دستگاههای مرجع در فیزیک				
	انرژی هسته‌ای				
	قانون بقای اندازهٔ حرکت زاویه‌ای و آشفتگی کتابهای کمک درسی				
	اخبار علمی و فرهنگی				
۲	مسألهٔ تعارض علم و دین در اسلام و غرب				
	فیزیک چیست؟				
	سنجش زمان				
	تبدیلات لورنتز				
	قانون سوم نیوتن و آشفتگی کتابهای کمک درسی				
	هولوگرافی و کاربرد آن				
	چرا آسمان آبی است؟				
	تست فیزیک و مکانیک				
۳	شاعر و فیزیکدان				
	چرا باید فیزیک آموخت؟				
	همجوشی هسته‌ای				
	ساعتهائی که زمانهای نجومی را می‌سنجند				
	محاسبهٔ انتگرالهای توانی با استفاده از جبر و حساب مقدماتی				
	دیامانیتیسم، پارامانیتیسم، فرومانیتیسم				
	وزن چیست و چگونه تغییر می‌کند؟				
	نوردیده نمی‌شود!				
	مقالاتی در زمینهٔ برنامه‌ریزی آموزشی				
	چند پرسش و مسأله				
	سؤالات کنکور سراسری				

۴	خاطراتی دربارهٔ کارهای آزمایشگاهی				
	آزمایشی ظریف دربارهٔ تعادل مکانیکی				
	درآمدی بر نسبیت خاص				
	پلاسما و کاربرد آن				
	ترانزیستور				
	قانون سوم کپلر و قوانین حاصل از آن				
	چهار واژه				
	داستان بارومتر				
	نگاهی به حرکت پرتابی از دیدی دیگر				
	همکاری دانشمندان				
۵	سرگذشت فیزیک				
	ابررساناها				
	لیزر				
	آموزش فیزیک				
	فاصلهٔ کانونی یک عدسی محدب نازک در آب				
	سلولهای خورشیدی سیلیکون				
	اصطکاک در حل مسائل اساسی دینامیک				
	اولتراسون				
	طبیعت موجی ماده				
	امتحان گزینش دانشجو				
۶ و ۷	سرگذشت فیزیک				
	تحلیلی بر حادثهٔ چرنوبیل و گذری بر حوادث مشابه گذشته				
	سطح انرژی پتانسیل صفر و آشفتگی کتابهای کمک درسی				
	فیزیکدانان در گیرودار ریسمان				
	ابن‌هیثم				
	تولید برق				
	فیزیک عملی				
	اندازه‌گیری زمان عکس‌العمل				
	تحقیقاتی درجهت استنباط از مفهوم کلمهٔ نور در مورد محصلین ۱۰ تا ۱۶ سال				
	چرا بارهای غیرهمنام یکدیگر را می‌ربایند؟				
	عکاسی استروبوسکپی				
	چند مسألهٔ فیزیک و مکانیک				
	سؤالات امتحان نهائی درس فیزیک و مکانیک				
۸	سرگذشت فیزیک				
	فیزیک کوانتومی				
	دو پرسش و دو پاسخ				
	انرژی جرم دارد ــ یک اشتباه متعارف				
	مقدمه‌ای بر کامپیوتر بعنوان ابزار انفورماتیکی				
	ابن سینا				
	ابررساناها				
	فیزیک عملی				
	آزمایشهای فیزیک				
	قانون بقای اندازه حرکت خطی				
	سطح انرژی پتانسیل صفر				
	اجاق خورشیدی چتری				
	۳۳ تست با پاسخ و راهنمائی				
	سؤالات امتحانات نهائی				
	امتحان گزینش دانشجو				





سطح انرژی پتانسیل

در شماره قبل، مقاله‌ای تحت‌عنوان «سطح انرژی پتانسیل صفر و آشفتگی کتابهای کمک درسی» بقلم آقای «سیدجعفر مهرداد» بچاپ رسیده بود. در آن مقاله اشاره شده بود که کتابهای کمک درسی در پاسخ به این پرسش که «سطح مقایسه مناسب پتانسیل در مورد سیاره‌ای که به دور خورشید می‌چرخد کجا باید انتخاب شود» پاسخهای غلطی نظیر «مرکز خورشید»، «سطح زمین» و «مدار حرکت سیاره» را ذکر کرده‌اند.
در مقاله حاضر توضیحات زیر به قصد تکمیل مطلب قبلی ارائه می‌گردد:

احمد شیرزاد

در فصل ۸ صفحهٔ ۱۷۷ پرسش شمارهٔ ۹ مکانیک سال چهارم ریاضی ــ فیزیک (چاپ سال ۱۳۶۵) می‌خوانیم: «با توجه به اینکه انرژی پتانسیل جاذبه‌ای معمولاً نسبت به یک سطح مقایسه (سطح انرژی پتانسیل صفر) سنجیده می‌شود بگوئید سطح مقایسهٔ مناسب در مثال سیّاره‌ای که به دور خورشید می‌چرخد کجا باید انتخاب شود؟» کتابهای کمک درسی در پاسخ به این سؤال، بعضی مرکز خورشید[1] بعضی دیگر سطح زمین[2] و تعدادی نیز مدار حرکت سیاره را انتخاب کرده‌اند و هیچکدام از این کتابها نیز توضیحی راجع به انتخاب خود نداده‌اند. در رابطه با این پرسش توضیحات زیر ارائه می‌گردد:

۱ ــ ابتدا از حرکت در یک بعد شروع کنیم. اگر به متحرکی که در روی محور x در حال حرکت است نیروی وابسته به مکان $F_{(x)}$ در هر نقطه به مختصه x وارد گردد، طبق تعریف، انرژی پتانسیل مربوط به این ذره تابعی است بصورت $U_{(x)}$ بنحوی که منفی مشتق آن در هر نقطه برابر با نیروی وارده به ذره در آن نقطه باشد؛ یعنی:

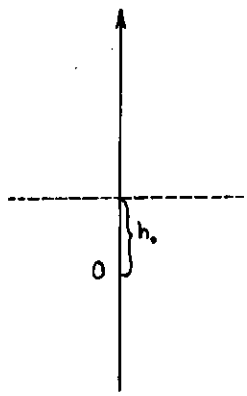
$$F_{(x)} = -\frac{|dU|}{dx} \qquad (1)$$

۲ ــ از تعریف فوق برمی‌آید که به این ترتیب انرژی پتانسیل، از لحاظ ریاضی تابع یگانه‌ای نیست و بی‌نهایت تابع می‌توان یافت که شرط (۱) را دارا بوده و تفاوت همهٔ آنها باهم مقادیر ثابت (غیر وابسته به x) باشد. بعبارت دیگر اگر تابع $U_{(x)}$ معادلهٔ (۱) را برآورده کند هر تابع دیگر $U_{(x)} + U_0$ نیز آنرا برآورده می‌کند (U_0 مقدار ثابتی است).

بنابراین ماهیت فیزیکی حل مسأله نباید به این مقدار ثابت بستگی داشته باشد و چنانچه رابطهٔ (۱) نشان می‌دهد، این تنها مشتق پتانسیل (با علامت منفی) یعنی نیرو است که در معادلهٔ اساسی دینامیک (F=ma) وارد می‌شود و وجود یک ثابت اختیاری در پتانسیل تغییری در نیروی محاسبه شده از آن پتانسیل بوجود نمی‌آورد، لذا معمولاً سعی بر آن است که از میان بی‌نهایت جواب ممکن آن را انتخاب کنند که از لحاظ فرم رابطهٔ ریاضی ساده‌تر و علی‌الاصول فاقد پارامتر اضافی U_0 باشد بعنوان مثال اگر ذرّه‌ای به یک فنر وصل باشد نیروی وارده به آن از رابطهٔ $F=-kx$ بدست می‌آید. پتانسیل مربوط به این نیرو در حالت کلی بصورت $U_{(x)}=\frac{1}{2}kx^2+U_0$ می‌باشد (U_0 ثابت دلخواه است) که در رابطهٔ $F=-\frac{dU}{dx}$ صدق می‌کند. برای سهولت معمولاً مقدار U_0 برابر با صفر و پتانسیل فنر بصورت $U=\frac{1}{2}kx^2$ انتخاب می‌شود.

۳ ــ مقدار ثابت اختیاری در روابط پتانسیل بستگی به انتخاب مبدأ پتانسیل (یعنی جایی که انرژی پتانسیل را برابر صفر می‌گیریم) ندارد. بعنوان مثال در مورد انرژی پتانسیل جاذبه‌ای در نزدیک سطح زمین که g را می‌توان ثابت فرض کرد داریم:

$$U = mg\,(h - h_0) \quad \text{و} \quad F = -\frac{dU}{|dh|} = -mg$$



علامت منفی بدلیل آنست که جهت مثبت رو ببالا انتخاب شده است.

در رابطهٔ بالا h_0 ارتفاعی را نشان می‌دهد که انرژی پتانسیل صفر در آنجا انتخاب شده است. به ازای $h=h_0$ داریم: $U_{(h=h_0)}=0$

در مورد پتانسیل فنر مقدار U_0 بستگی به این دارد که در $x=0$ چه مقداری برای پتانسیل در نظر بگیریم در واقع $U_{(0)}=U_0$؛ اگر مقدار U_0 را صفر بگیریم به این معناست که مبدأ پتانسیل را همان مبدأ مکان یعنی $x=0$ در نظر گرفته‌ایم. در حالت کلّی مبدأ مکان و مبدأ پتانسیل یکی نیستند. مثلاً در بالا مبدأ مکان $h=0$ و مبدأ پتانسیل $h=h_0$ است.

۴ ــ در مورد انرژی پتانسیل گرانشی زمین در گردش بدور خورشید می‌توان برای سهولت مسأله را بصورت یک بعدی حل کرد. نخست می‌دانیم که مقدار نیروی جاذبهٔ گرانشی دو کره به جرمهای M و m برابر است با $G\frac{Mm}{r^2}$ که G ثابت جهانی گرانش و r فاصلهٔ مراکز دو کره از یکدیگر است. حال فرض کنیم خورشید در

---

۱ ــ نکاتی در زمینهٔ فیزیک سال چهارم متوسطه نشریه شمارهٔ ۲۴ وزارت آموزش و پرورش صفحه ۱۹ ــ مکانیک از سری کتابهای یکان صفحه ۲۵۳ ــ مکانیک از سازمان انتشارات بیهقی صفحه ۲۰۸.

۲ ــ مکانیک سازمان نوارهای درسی صفحه ۹۹ ــ مکانیک از انتشارات باستان صفحه ۳۸۸.

مبدأ مختصات، ساکن و فاصلهٔ زمین از آن r می‌باشد و نیز فرض می‌کنیم. کرهٔ زمین فقط می‌تواند روی نیم‌خط راستی از خورشید تا ∞ حرکت کند (محور r). می‌خواهیم انرژی پتانسیل گرانشی آنرا در فاصلهٔ r از خورشید تعیین کنیم. با توجه به اینکه نیروی وارده به زمین جاذبه‌ای و بسمت خورشید است (خلاف جهت مثبت r) داریم:

$$F = -\frac{GMm}{r^2} \qquad (۲)$$

حال باید تابع U را بنحوی بیابیم که $F = -\frac{dU}{dr}$ باشد یعنی:

$$\frac{dU}{dr} = G\frac{Mm}{r^2} \qquad (۳)$$

جواب معادله ۳ میتواند بصورت $-\frac{GMm}{r}$ باشد (دانش‌آموز براحتی با مشتق‌گیری از این تابع می‌تواند صحّت این ادعا را تحقیق کند). به این تابع اگر هر مقدار ثابتی بیفزائیم باز هم جواب رابطهٔ (۳) می‌باشد؛ بنابراین:

$$U_{(r)} = -\frac{Gmm}{r} + U_0 \qquad (۴)$$

مقدار U_0 بستگی به این دارد که پتانسیل را در کجا صفر بگیریم. اگر فرض کنیم در $r=r_0$ انرژی پتانسیل صفر است داریم:

$$-\frac{GMm}{r_0} + U_0 = 0 \Longrightarrow U_0 = \frac{GMm}{r_0}$$

و از آنجا (۵)

$$U_{(r)} = -GMm\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0}\right)$$

۵ ــ حال برگردیم به سؤال اصلی: در مسألهٔ زمین و خورشید مبدأ پتانسیل مناسب و بعبارت بهتر r_0 مناسب کدام است. واضح است همانطور که گفته شد انتخاب r_0 تأثیری در جوابهای فیزیکی مسائل مربوطه ندارد و ما معمولاً در مسائل فیزیکی یا با مشتق U کار می‌کنیم (F) و یا اینکه به کمک اصل بقاء انرژی تغییرات آنرا مطالعه می‌کنیم که در هر دو صورت عبارت ثابت $\frac{GMm}{r_0}$ نقشی ایفا نمی‌کند. مثلاً اگر کسی بگوید r_0 را در فاصلهٔ ۱/۸ میلیارد کیلومتری از خورشید باید گرفت علی‌الاصول حرف خطایی نزده است امّا باید دید آیا واقعاً این مقدار یا چیزی شبیه آن سهولتی در حل مسأله ایجاد می‌کند؟ و اگر سهولتی ایجاد نمی‌کند r_0 را چه مقدار بگیریم تا روابط فیزیکی مربوطه خلاصه‌تر باشد؟

جوابهای کتابهای کمک‌درسی در این رابطه خالی از اشکال نیستند. اگر سطح پتانسیل صفر را مرکز خورشید بگیریم، r_0 را صفر فرض کرده‌ایم و U_0 بینهایت می‌گردد. این البته انتخاب بسیار بدی است چرا که انرژی پتانسیل نقاط فضا همگی بی‌نهایت شده و از لحاظ مفهومی و محاسباتی ایجاد اشکال می‌کند. جوابهایی از قبیل «سطح زمین» و «مدار حرکت سیاره» نیز به درستی فاصلهٔ مشخصی از مرکز خورشید را بیان نمی‌کنند. بعنوان مثال فاصلهٔ سطح زمین از مرکز خورشید تقریباً برابر فاصلهٔ زمین و خورشید است و اگر فاصله‌اش از خورشید تغییر کند (چنانکه تغییر می‌کند) آنوقت ما فاصلهٔ مشخصی از خورشید را برای r_0 بیان نکرده‌ایم. همچنین در جواب بعدی (مدار حرکت سیاره) تنها اگر مدار را دایره بگیریم امکان دارد که فاصلهٔ مشخصی از خورشید را بیان کرده باشیم که البته در این صورت پتانسیل سیاره همیشه صفر است و تغییر نمی‌کند و مسأله چیزی برای حل کردن ندارد. چنانکه می‌دانیم مدار سیارات و از جمله زمین بیضی است و انرژی پتانسیل سیارات در نقاط مختلف مسیرشان یکسان نمی‌باشد و لذا معنی ندارد که کمیت متغیری را در همه‌جا صفر بگیریم.

و امّا بهترین انتخاب که ساده‌ترین فرم جواب را می‌دهد این است که r_0 را چنان بگیریم که $U_0 = \frac{GMm}{r_0}$ صفر گردد. واضح است که این مقصود در صورتی عملی است که $r_0 \longrightarrow \infty$، یعنی پتانسیل سیاره در فاصلهٔ بسیار بسیار دور از خورشید صفر باشد و در نتیجه پتانسیل آن در فاصلهٔ متناهی r از خورشید برابر است با:

$$U_{(r)} = -\frac{|GMm|}{|r|} \qquad (۶)$$

منفی بودن انرژی پتانسیل به این معناست که وقتی سیاره (زمین یا هر چیز دیگر) از مرکز نیرو (در اینجا خورشید) بسیار دور است اثر جاذبه گرانشی بر روی آن بسیار ناچیز بوده و عملاً در حالت آزاد از هیچ انرژی خاصی بهره‌مند نیست. حال اگر ذره از ∞ به مرکز نیرو نزدیک شود در موقعیت پست‌تری از لحاظ انرژی قرار گرفته و بعبارت دیگر انرژی پتانسیل از دست می‌دهد که این انرژی از دست رفته باید بصورت نوعی دیگر از انرژی ظاهر شود؛ مثلاً انرژی جنبشی افزوده گردد. بنابراین در فاصلهٔ r از مرکز نیرو لزوماً بایستی ذره دارای انرژی پتانسیل کمتری از حالت آزاد (U=0) از ∞ باشد.

۶ ــ شاید مفید باشد شرح مبسوطی از انرژی پتانسیل ارائه دهیم. از رابطهٔ (۱) $(F(x) = -\frac{dU}{dx})$ داریم:

$$dU = -F(x)dx \qquad (۷)$$

این رابطه بدین معناست که تغییر بی‌نهایت کوچک dU در انرژی پتانسیل یک ذره (در حرکت یک بعدی) برابر است با منهای نیروی وارده به ذره ضربدر تغییر مکان بسیار کوچک dx؛ بنابراین وقتی نیروی F(x) ذره را به اندازهٔ dx جابجا کرده و در این جابجایی کوچک کار dw = F(x)dx را انجام می‌دهد انرژی پتانسیل ذره به اندازهٔ منهای کار انجام شده توسط نیروی F تغییر می‌کند. حال در یک تغییر مکان متناهی از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر تغییر انرژی پتانسیل جمع تغییرات بسیار کوچک آن (در تغییر مکانهای کوچک) می‌باشد که در حد به انتگرال عبارت بالا تبدیل می‌شود:

$$\Delta U = \int_{x_1}^{x_2} dU = -\int_{x_1}^{x_2} F(x)dx \qquad (۸)$$

اگر نقطهٔ A جایی باشد که پتانسیل آن صفر فرض شده، انرژی پتانسیل در هر نقطهٔ دلخواه M برابر است با تغییرات انرژی پتانسیل ذره وقتی از A به M برود. بعبارت دیگر:

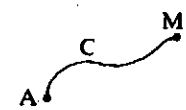
$$U_{(M)} = \Delta U_{A\to M} = -\int_A^M F(x)dx \qquad (۹)$$

بنابراین بطور خلاصه انرژی پتانسیل یک ذره، منفی کاری است که توسط نیرو روی ذره انجام می‌شود وقتی که ذره از مبدأ پتانسیل به نقطهٔ موردنظر انتقال یابد. این کار در واقع انرژی‌ئی است که توسط یک عامل خارجی در جابجایی ذره از مبدأ پتانسیل تا نقطهٔ موردنظر مصرف می‌گردد و بصورت قابلیت انجام کار در ذرّه ذخیره می‌شود.

در این تعبیر واضح است که مقدار انتگرال (۹) دقیقاً بستگی دارد به انتخاب نقطهٔ A که بعنوان مبدأ پتانسیل از آن یاد کردیم. اگر مبدأ پتانسیل را تغییر دهیم نتیجهٔ بالا شکل خود را حفظ می‌کند و فقط یک مقدار ثابت به آن اضافه می‌گردد، که در اینجا فرصت تفصیل بیشتر نیست.

۷ ــ در این قسمت برای کسانیکه آشنایی با آنالیز برداری دارند مناسب است که خلاصهٔ مطالب بالا در حرکت سه بعدی یک ذره یادآوری شود.

در یک تغییر مکان بسیار کوچک dr کار انجام شده توسط یک نیرو از ضرب داخلی



نیرو در تغییر مکان یعنی رابطهٔ F.dr بدست می‌آید. اگر نقطهٔ A مبدأ پتانسیل و M نقطهٔ دلخواهی از فضا باشد کار انجام شده توسط نیرو در جابجایی ذره از A تا M روی مسیر C برابر است با:

$$W = \int_A^M \vec{F}.\vec{dr} \qquad (۱۰)$$

(انتگرال روی مسیر C)

با توجه به اینکه برای نیروهای پایستار (کنسرواتیو) کار انجام شده به مسیر بستگی ندارد. برای این نیروها می‌توان انرژی پتانسیل را بصورت زیر تعریف کرد:

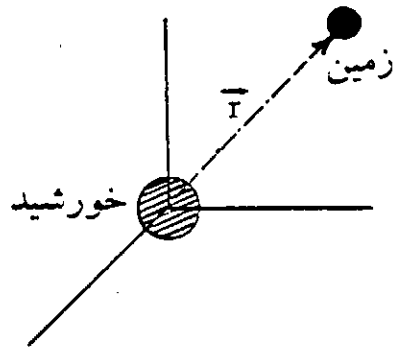
$$U_{(M)} = -\int_A^M \vec{F}.\vec{dr} \qquad (۱۱)$$

در اینجا چون انتگرال به مسیر بستگی ندارد ذکر مسیر لازم نیست و نتیجه انتگرال گیری فقط به مختصات نقطهٔ انتهایی موردنظر (M) بستگی دارد. نیروهای (پایستار) از لحاظ ریاضی در شرط $(\nabla \times F = 0)$ صدق می‌کنند و می‌توان نشان داد که در این صورت تابع $U_{(r)}$ وجود دارد بنحوی که

$$\vec{F} = -\vec{\nabla}U \qquad (۱۲)$$

در واقع رابطهٔ (۱) $(F = -\frac{dU}{dr})$ برای حرکت یک بعدی حالت خاصی از رابطهٔ (۱۲) می‌باشد برای نیروی جاذبه گرانشی اگر خورشید در مبدأ مختصات یک دستگاه (سه بعدی) و زمین در مکان r باشد نیروی جاذبه برابر است با:

$$\vec{F} = -\frac{GMm}{r^2}\hat{e}_r \qquad (۱۳)$$



که $\hat{e}_r$ برداریکّه در امتداد بردار مکان $\vec{r}$ است و r مقدار $\vec{r}$ می‌باشد. حال اولاً براحتی می‌توان نشان داد که «کرل» این نیرو صفر می‌باشد $(\nabla \times F = 0)$ و ثانیاً پتانسیل مربوط به این نیرو در مختصات کروی بسادگی از رابطه (۱۱) تعیین می‌گردد. نتیجه بصورت زیر است:

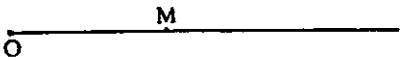
$$U = -GM_m\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_A}\right) \qquad (۱۴)$$

که r و r_A بترتیب فواصل زمین و مبدأ پتانسیل از مرکز نیرو (خورشید) می‌باشند. باز در اینجا بهترین انتخاب مبدأ پتانسیل از ∞ است. در اینصورت یعنی به ازای $r_A \to \infty$ خواهیم داشت:

$$U_{(r)} = -\frac{GMm}{r} \qquad (۱۵)$$

در اینجا دیگر محدودیتی که در بخش‌های ۴ و ۵ مبنی بر یک بعدی کردن مسأله داشتیم وجود ندارد و منظور از r فاصلهٔ زمین از خورشید (در هر جهت دلخواهی از فضا) می‌باشد.

چنانکه پیداست پتانسیل گرانشی تنها به فاصله از مرکز نیرو (r) بستگی دارد. به چنین پتانسیل‌هایی، پتانسیل مرکزی می‌گوئیم. واضح است که با توجه به پایستار بودن نیروی جاذبه کاری که در بخش ۴ کردیم یعنی محدود کردن خود به مسیری شعاعی از مرکز خورشید تا ∞ مجاز می‌باشد چرا که اگر بخواهیم از تعریف $U_{(r)} = -\int F.dr$ پتانسیل نیروی جاذبه را در نقطهٔ M بفاصلهٔ r از مبدأ مختصات O بدست آوریم بهتر است که مسیر خود از ∞ به M را در امتداد خط راست OM انتخاب کنیم. پایستار بودن نیروی جاذبه تضمین می‌کند که روی هر مسیر دیگری نیز مقدار انتگرال همین است. لذا حل مسأله بصورت یک بعدی لطمه‌ای به کلیّت آن نمی‌زند.



۸ ــ در پایان ذکر یکی دو نکتهٔ مهم فیزیکی ضروری بنظر می‌رسد:

اولاً: نتایج گفته شده در بخش‌های قبل برای هر نوع حرکت تحت تأثیر نیروی جاذبه گرانشی صحیح است. بعنوان مثال در حرکت ماه یا ماهواره‌ها بدور زمین عیناً همین نتایج بکار می‌رود. در اینجا بجای M جرم کرهٔ زمین و بجای m جرم ماهواره یا ماه را باید قرار داد. همچنین درست شبیه همین محاسبات را برای نیروی کولنی که آنهم بصورت مرکزی و متناسب با عکس مجذور فاصله است می‌توان بکار برد. در این مورد اگر بار Q در مبدأ مختصات و بار q در مکان r باشد نیروی بین دو بار بصورت $\vec{F} = K\frac{Qq}{r^2}\hat{e}_r$ می‌باشد که جاذبه یا دافعه بوند آن بستگی به منفی یا مثبت بودن علامت حاصلضرب دوبار دارد. انرژی پتانسیل این نیرو نیز بهمان روش بالا بصورت $U_{(r)} = k\frac{Qq}{r}$ بدست می‌آید. بعنوان مثال در اتم ئیدروژن بعلت جاذبه هسته انرژی پتانسیل الکترون منفی است و در آزمایش راترفورد انرژی پتانسیل ذرات α هنگام نزدیک شدن به هسته‌های طلا افزایش می‌یابد.

بقیه در صفحه ۶۴

ابر رسانا ها

پدیدهٔ تکاندهنده‌ای که می‌تواند دنیا را عوض کند.

ترجمه: محمود عیوضی ضیائی

ساعت ۵/۳۰ عصر بود که عده کثیری در مقابل در اطاق کنفرانس هتل هیلتون جمع شده بودند تا اینکه در ساعت ۶/۴۵ بالاخره درها باز شدند و یکی از حضار این لحظه را «تا اندازه‌ای ترسناک» قلمداد کرد و گفت «موجی از جمعیت در ردیف‌های جلو تلوتلو می‌خورد و من که در جلو بودم بدون اینکه خودم متوجه شوم به داخل اطاق هل داده شدم». یک ناظر دیگر با مشاهدهٔ چنین حالت هیجانی از افراد آرام و ساکتی نظیر فیزیکدان‌ها که برای ورود به تالار سروکله می‌شکستند این لحظه را غیر قابل توصیف خواند.

با این اوصاف بود که گردهم‌آیی سالانهٔ انجمن فیزیک امریکا با چنان حالت متلاطم، احساسی، و خوشحالی آغاز شد به طوری که مجله با نفوذ «Science» مجبور شد که این جریان را به عنوان یک «حادثه مهم» گزارش کند. یک ناظر دیگر از این واقعه به عنوان «جنگل فیزیک» یاد کرد.

سه هزار نفر در اطاقی که کمتر از نصف آن ظرفیت داشت جمع شده بودند و بقیه هم این واقعه را در خارج از سالن روی تلویزیون‌های مدار بسته مشاهده کردند. تقریباً به مدت هشت ساعت تمام یعنی تا ساعت ۳ بامداد فیزیکدان‌های مذکور سخنرانی‌های پنج دقیقه‌ای را یکی پس از دیگری مشتاقانه گوش داده و غالباً با حرارت تمام ابراز احساسات می‌کردند. بعضی‌ها حتی تا طلوع سحر کز کرده و دربارهٔ چیزهایی که دیده یا شنیده بودند بحث می‌کردند.

چیزی که باعث این همه آشفتگی و احساسات در گردهم‌آیی ماه مارس شد کشفی بود که می‌توانست دنیا را تکان دهد کشفی به اسم ابر رسانائی که سالهای طولانی در دفتر خاطرات علم بایگانی شده بود. خیلی از دانشمندان معتقدند که این کشف می‌تواند به صرفه‌جویی عظیم در انرژی، به ساختن قطارهائی که بر روی بالشی از آهن‌رباها با سرعت‌هایی حدود صدها مایل در ساعت بین نقاط دور افتاده در حرکت باشند، به پدیداری اتوموبیل‌های الکتریکی عملی، به ظهور کامپیوترها و شتاب‌دهنده‌های قوی‌تر و در عین حال کوچکتر، تولید راکتورهایی که بر اساس فیوژن کار می‌کنند و از راکتورهای فعلی که با فیسیون کار می‌کنند مصون‌ترند، و بالاخره به اختراع وسائل دیگری که هنوز به افکار خطور نکرده منجر شود.

ابر رسانائی اسم با مسمائی است و یک تغییر حالت جالبی را شامل می‌شود که در اکثر فلزات در اثر سرد شدن آنها تا دماهای نزدیک صفر مطلق، یا به طوری که فیزیکدان‌ها ترجیح می‌دهند، صفر کلوین بوقوع می‌پیوندد. صفر مطلق که معادل ۴۶۰- درجه فارنهایت و ۲۷۳- درجه سانتیگراد است عدم وجود انرژی حرارتی را نشان می‌دهد. این دما، پائین‌ترین دمای قابل تصور می‌باشد. همین که فلزات به این حد برودت می‌رسند ناگهان تمام مقاومت الکتریکی خود را از دست داده و ابر رسانا می‌شوند. این عمل باعث می‌شود که این فلزات جریان‌های الکتریکی را بدون هیچگونه اتلافی حمل کنند که در بعضی موارد به تولید میدان‌های مغناطیسی خیلی قوی منجر می‌شود. پی‌آمدهای عظیم حاصل از این پدیده مدت زیادی است که برای علما شناخته شده است ولی مانع عظیمی که قد علم کرده بود این است که: حصول و نگهداری دماهای لازم جهت وقوع ابر رسانائی در این فلزات مشکل و در اغلب موارد بطور سرسام‌آوری گران تمام می‌شود.

اکنون در یک سری از کشف‌های برق‌آسا، محققین دور دنیا شروع به ساختن یک طبقهٔ جدید از مواد کرده‌اند که در دماهای به مراتب بالاتری ابر رسانا می‌شوند. این دماها با اینکه توسط یخچال‌های معمولی آشپزخانه قابل

حصول نیستند ولی در هر صورت خیلی ساده‌تر و ارزان‌تر تأمین می‌شوند. این موفقیت‌ها در موضوع ابررسانائی، که درست یک سال پیش با بی اعتنائی فیزیکدان‌هاروبرو بود و باعث خیره ماندن سیاستمداران می‌شد، اثر هیجان‌آوری گذاشته است. در واقع پس از گردهمائی نیویورک هفته‌ای نگذشته، که در آن خبری از کشف ماده جدید ابر رسانا در دماهای بالاتر توسط رقبای علمی این رشته چه در روزنامه‌های عمومی و چه در مجلات حرفه‌ای گزارش نشده باشد. اثری که تا بحال فقط توسط تجهیزات آزمایشگاهی پیچیده قابل ثبت بود هم اکنون به عنوان یک نمایش عادی جانبی در میز کنفرانس‌ها جا گرفته است بدین معنی که نمونه‌ای از مواد جدید ابر رسانا در داخل یک کاسهٔ پر از ازت مایع گذاشته شده و بالای آن یک آهنربا قرار داده می‌شود. *به علت اینکه ابر رساناها میدان‌های مغناطیسی را دفع می‌کنند این آهن‌ربا در فضا معلق می‌ماند.* همین اثر است که به اثر مایسنر[1] مشهور است. از شوخی که بگذریم رقابت هر روز شدیدتر می‌شود. محققین دور دنیا مرخصی‌هایشان را لغو کرده، از خانواده‌شان دور شده و محل خوابشان را به آزمایشگاه منتقل کرده‌اند و با غذاهای سرد و ساندویچ زندگی می‌کنند. یک فیزیکدان از دانشگاه ایالتی واین واقع در دتروبت می‌گوید «ما درست بلافاصله پس از عید کریسمس مشغول کار شده‌ایم و تقریباً هر روز آزمایش‌هائی انجام داده‌ایم. بعضی وقت‌ها فقط سه یا چهار ساعت خواب داشته‌ایم. شاید در موقع اختراع ترانزیستور هم وضع به همین منوال بود ولی به عقیده من این وضع بی‌نظیر است.» یک شیمیدان ژاپنی می‌گوید «مسابقه برای نیل به جایزهٔ نوبل است.»

ممالک پیشرفتهٔ صنعتی دنیا نیز در مسابقه‌ای از نوع دیگر در گیرند. با تشخیص توانائی‌های تجارتی کشف جدید وزارت بازرگانی بین‌المللی ژاپن در نظر دارد که به تحقیقات خصوصی کمک مالی کند و قرار است مرکزی را جهت آزمایش وسایل ساخته شده از ابررساناها در ناگویا دایر نماید. در واشنگتن دپارتمان انرژی تصمیم گرفته است که بودجهٔ تحقیقاتی امسال برای ابر رساناها را به دو برابر قبلی یعنی به چهل میلیون دلار برساند و نیز قرار است یک مرکز اطلاعاتی جهت آگاه نمودن دانشمندان امریکایی از آخرین نتایج تحقیقاتی ابر رساناها دایر نماید. این دپارتمان همچنین تابستان امسال کنفرانسی درباره ابر رساناها ترتیب خواهد داد.

به همان ترتیب که کشف ترانزیستور پدیدهٔ تکان دهندهٔ سالهای ۱۹۵۰ (میلادی) بود کشف جدید نیز می‌تواند پدیدهٔ تکان دهندهٔ سالهای ۱۹۸۰ تلقی شود به طوری که در تشریح نتایج حاصل از پدیدهٔ ابررسانائی دانشمندان نمی‌دانند از کجا شروع کنند.

به عنوان مثال انتقال انرژی الکتریکی را در نظر بگیرید. در حال حاضر حدود ۲۰٪ از انرژی ارسالی به توسط خطوط فشار قوی در اثر مقاومت موجود در سیم‌های مسی به صورت حرارت تلف می‌شود. لکن اگر انتقال انرژی الکتریکی توسط سیم‌های ابررسانا امکان داشت هیچگونه تلفات انرژی حتی به اندازهٔ یک کیلووات ثانیه هم وجود نمی‌داشت. و بدین ترتیب برای تولید کنندگان و احتمالاً برای مصرف کنندگان میلیون‌ها دلار صرفه‌جوئی به همراه داشت. علاوه بر این حداقل در اصل تمام احتیاجات انرژی الکتریکی یک شهر بزرگ توسط معدودی از سیم‌های زیرزمینی تأمین می‌شد.

حذف گرمای حاصل از مقاومت الکتریکی در طرح و عملکرد کامپیوترها تأثیر بسزایی می‌تواند داشته باشد. طراحان در راه رسیدن به کامپیوترهای کوچکتر و سریعتر مدارهای بیشتر و بیشتری را به سطوح بسیار نازکی طراحی کرده و سعی می‌کنند تا آنها را در فضای خیلی کوچکی جای دهند ولی در هر صورت این عمل کوچک کردن به علت گرمای ناشی از مدارها حدی دارد: حتی جریان‌های خیلی ضعیف جاری در مدارهای کامپیوتر، به اندازهٔ کافی حرارت تولید می‌کند که باعث صدمه دیدن مدارهائی می‌شود که خیلی نزدیک به هم چیده شده باشند. کامپیوترهای شخصی امروزه بدون کمک هواکش‌ها و پنکه‌های داخلی، که حرارت ناشی از مدارها را به بیرون منتقل می‌کنند، قادر به کار نیستند. هم اکنون با افق جدیدی که درباره ساختن مدارهای ابر رسانا بوجود آمده راه برای طراحان کامپیوتری به منظور هر چه کوچک‌تر کردن کامپیوترها هموارتر شده است. مطمئناً در آینده هر وسیله‌ای که به مغناطیس نیاز دارد با استفاده از میدان‌های بسیار قوی که توسط ابر رساناهای جدیدایجاد خواهند شدطراحی و ساخته می‌شود.

مثل ماشین‌های تصویرنگاری پزشکی، قطارهای مغناطیسی هوارو، ژنراتورهای انرژی با استفاده از فیوژن که همین موضوع تولید ماشینهای جدیدتری را به دنبال خواهد داشت مثلاً موتورهای الکتریکی از نظر اندازه کوچکتر شده و از نظر توان پر قدرت‌تر می‌شوند.

البته موارد گفته شده فقط بعضی از واضح‌ترین نمونه‌ها هستند. دانشمندانی نظیر روبرت شریفر[3] که قسمتی از جایزهٔ نوبل سال ۱۹۷۲ در رشته فیزیک و اعطائی به اولین تئوری موفق درباره طرزکار ابر رساناها را بخود اختصاص داد معتقدند که کاربردهای

---

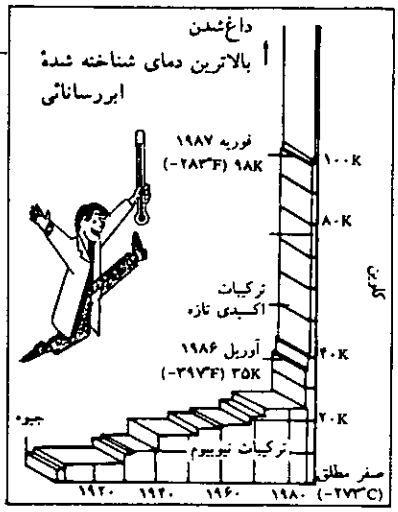
۱ ــ Meissner

۲ ــ Magnetically leviated trains

برجسته و غیرقابل تصور ابر رساناها هنوز شکل نگرفته است. شریفر می‌گوید «در بدو اختراع نیمه هادی‌ها میدانستیم که آنها جای لامپ‌ها را خواهند گرفت ولی درباره این موضوع که ممکن است روزی مدارهای چاپی در مقیاس بزرگ تولید شود هیچکس هیچگونه ایده‌ای نداشت.» روبرت کاوا[۴] از آزمایشگاه بل با این نظر موافق است و می‌گوید «نمیدانم این مسئله به کجا خواهد انجامید. این موضوع یک مسئلهٔ هیجان آور و در عین حال هولناک است.»

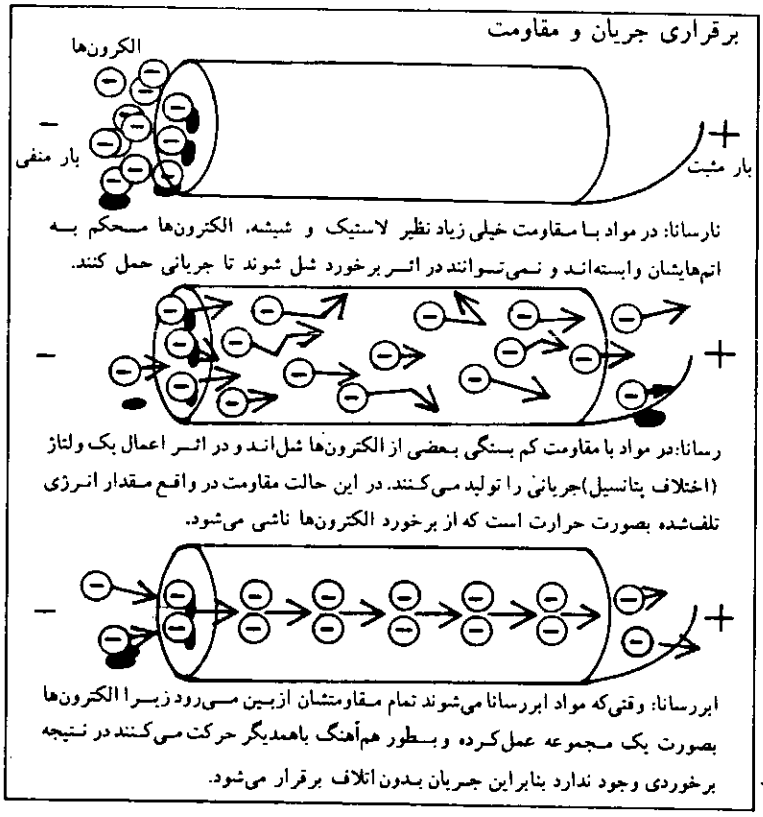
از همان اول کشف پدیدهٔ ابررسانائی توسط فیزیکدان هلندی هیک کامرلینخ اونز[۵] در سال ۱۹۱۱ (میلادی) تا همین اواخر و قبل از بالاگرفتن تب کشفیات تازه، برای تولید پدیدهٔ ابررسانائی فقط یک راه وجود داشت: و آن غوطه‌ور ساختن فلزات و یا بعضی از آلیاژهای آنها در هلیوم مایع بود. هلیوم مایع که برای تولید ابررسانائی یک ماده حیاتی بشمار می‌رفت با کاهش دادن دمای گاز نادر و گران هلیوم به ۴/۲ کلوین، ۴۵۲ °F - تولید می‌شود. در این دما این گاز به مایع تبدیل می‌شود. البته این عمل خیلی گران تمام شده و به انرژی خیلی زیاد احتیاج دارد. علاوه بر این اگر هلیوم مایع در یک ظرف کاملاً بستهٔ عایق‌بندی شده قرار داده نشود گرم و بسرعت تبخیر شده و از بین می‌رود. بهمین دلایل است که ابررساناها تاکنون فقط در معدودی از وسایل که به میدان‌های مغناطیسی خیلی قوی احتیاج دارند کاربرد عملی پیدا کرده‌اند وسایلی نظیر: الف ــ یک ترن مغناطیسی هوارو و آزمایشگاهی ساخته شده در ژاپن ب ــ تعدادی از شتاب دهنده‌های خیلی بزرگ ج ــ ماشین‌های تصویر نگاری تشدیدی پزشکی.

ولی در یکسال و نیم گذشته فیزیکدان‌ها با طبقه غیر عادی جدیدی از آلیاژهای سرامیک‌ها روبرو شده‌اند که همهٔ تصورات قبلی را عوض می‌کنند. این مواد نیز برای ابررسانا شدن باید سرد شوند ولی فقط تا دمای حدود ۹۸ کلوین، ۲۸۳ °F -. خود همین موضوع پدیده ابررسانائی را در حد کاربردهای عملی قرار می‌دهد زیرا به جای مایع سرکنندهٔ هلیوم، می‌توان از ازت مایع که در دمای ۷۷ کلوین، ۳۲۰ °F -، از گاز ازت بآسانی تولید می‌شود استفاده نمود. علاوه بر این ازت مایع از شیر هم ارزان‌تر است و دوامش آنقدر زیاد است که آن را در فلاسک‌های معمولی حمل میکنند. همچنین در مقایسه با ابررساناهای فلزی، ابررساناهای متشکل از سرامیک‌ها ممکن است بتوانند میدان‌های خیلی قویتری نیز تولید کنند. بنابراین اگر این مواد جدید به وسایل عمل تبدیل شوند، و اکثر دانشمندان معتقدند که اینکار شدنی هست، صنعت کاملاً عوض خواهد شد. آرنو پنزیاس[۶] معاون پژوهش‌های آزمایشگاه بل می‌گوید «پیشرفت‌های اخیر در زمینهٔ ابررسانائی غیر قابل قیاس است».



موفقیت در زمینهٔ ابررسانائی باین سادگیها بدست نیآمده است. یک فیزیکدان می‌گوید «تا این اواخر همه افسرده بودند. در یک مدت زمان خیلی طولانی موفقیتی حاصل نشده بود. سرمایه‌گذاریها بتدریج کاهش می‌یافت.

موفقیت اخیر همه را با اشتیاق بیشتری به مسئله برگردانده است.» با اینکه خود کامرلینخ اونز در همان اوایل کار امکان ساختن الکترومغناطیس‌های کوچک و قدرتمند را پیش‌بینی کرد ولی خود او و بقیه آزمایشگرها با



پدیده عجیبی مواجه شدند بدین معنی که: به محض اینکه در مواد ابررسانای شناخته شده آنزمان (نظیر سرب، قلع و جیوه) شدت جریان لازم و کافی به منظور تولید میدان‌های قوی برقرار می‌شد، این مواد خاصیت ابررسانائی خود را از دست می‌دادند.

فقط در سالهای ۱۹۵۰ بود که دانشمندان آلیاژهائی نظیر نیوبیوم ــ قلع و نیوبیوم ــ تیتانیوم کشف کردند که قادر به حفظ خاصیت ابررسانائی خود در حضور میدان‌های قوی بودند و بدین ترتیب ساختن میدان‌های ابررساناهای بزرگ تا سالهای ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ بطول انجامید. در همین حال پیشرفت در رسیدن به هدف دیگر تحقیقات ابررسانائی یعنی افزایش‌های تولید ابررسانائی از این هم کندتر بوده است. تا سال ۱۹۷۳ یعنی حدود ۶۲ سال پس از کشف ابررسانائی در دمای ۴/۲ کلوین در جیوه بتوسط کامرلینخ اونز، دانشمندان با بکاربردن آلیاژی از نیوبیوم ــ ژرمانیوم توانستند این دما را فقط تا ۲۳ کلوین افزایش دهند و پس‌از سال ۱۹۷۳ هم دیگر بهبودی حاصل نشد.

شرحی که گذشت وضعیت ابررسانائی در سال ۱۹۸۳ را مشخص می‌کرد. در این سال فیزیکدانی از آزمایشگاه تحقیقاتی آی بی ام[۷] واقع در زوریخ سویس بنام کارل آلکس مولر[۸] تصمیم گرفت که مسئلهٔ ابررسانائی را بهمان طریقی که قبلاً با موفقیت کمی توأم بود ادامه دهد. منتهی بعوض بکاربردن آلیاژهای فلزی که شرحش گذشت او از اکسیدهای فلزی (ترکیب فلزات و اکسیژن) که به سرامیک مشهوراند استفاده کرد. با اینکه اکسیدها در دماهای معمولی رساناهای ضعیفی بودند ولی بعضی از تئوریسین‌ها پیشنهاد کرده بودند که اینها می‌توانند ابررساناهای خوبی باشند. در واقع در خطوط انتقال فشار قوی غالباً از سرامیک‌ها بعنوان عایق استفاده می‌شود.

آقای مولر و همکارش جونز جورج بدنورز[۹] در چند سال پس از ۱۹۸۳ با صدها ترکیب متفاوت از اکسیدها کار کرده، مقادیر و اجزای ترکیب‌ها را مانند تمام شیمیدان‌های در جستجوی سنگ سحرآمیز تغییر دادند. تا اینکه در سال ۱۹۸۵ آنها به ترکیبی از باریم ــ لانتانوم ــ مس و اکسیژن برخوردند که امیدوارکننده بود. وقتیکه بدنورز این ترکیب را مورد آزمایش قرار داد با مشاهدهٔ علائم ابررسانائی در دمای کم نظیر ۳۵ کلوین، یعنی بالاترین دمائی که تا آن زمان پدیده ابررسانائی مشاهده شده بود، تکان خورد. آیا ممکن بود که این جواب صحیح باشد؟ چون تیم آی بی ام نمی‌خواستند دربارهٔ ابررسانائی ادعاهای عجولانهٔ غیر قابل تکرار ارائه دهند بنابراین با احتیاط و با زحمت زیاد آزمایش‌های خود را تکرار کردند. مولر و بدنورز بالاخره در آوریل ۱۹۸۶ یافته‌های خود را برای انتشار به مجلهٔ آلمانی[۱۰] ارائه کردند که پس از پنج ماه آنها را منتشر کرد.

همانطور که مولر پیش‌بینی کرده بود فیزیکدان‌های دیگر به این یافته‌ها با شکّ و تردید می‌نگریستند. زیرا محققین آی بی ام دستگاههای حساس لازم جهت آزمایش اثرمایسنر، که مطمئن‌ترین دلیل برای وجود ابررسانائی است، را در اختیار نداشتند و در نتیجه نتوانستند در گزارش خود این موضوع را ثابت کنند. مهمتر ازین، این خیز بزرگ دما در زمینه‌ای که افزایش چندین درجه باعث وجود خوشحالی می‌شد عجیب بنظر می‌رسید. داگلاس فینمور[۱۱] یک فیزیکدان از دانشگاه ایالتی آیوا قبول کرد که جزو شکاکین بوده است و گفت «گروه ما مقاله را خوانده و پس از یک جلسهٔ مشورتی باین نتیجه که در این مقاله چیز تازه‌ای وجود ندارد رسید».

البته در ردّ کردن این کشف همه مثل گروه آیوا سریع نبودند. مثلاً دانشمندان دانشگاه توکیو به این ماده جدید نگاهی انداخته و مولر می‌گوید «ژاپنی‌ها موضوع را شوخی نگرفتند و مقاله را تأیید کردند. پس از این امریکائیها هم بیدار شدند». تا آخر سال خبر تأییداین موضوع از چین و امریکا هم رسید و در نتیجه یک شاخهٔ درحال احتضار فیزیک زندگی دوباره یافت و داغترین موضوع روز شد. آزمایشگاههای بزرگ صنعتی و دولتی پا به میان گذاشتند و همین طور هم دانشگاههای معتبر. در آزمایشگاههای بل گروهی به ریاست برترام باتلاگ[۱۲] و سرامیست کاوا[۱۳] برنامه‌ای برای خود ترتیب دادند. پس از مدتی کوتاه این تیم ترکیب مشابهی را ساختند که در دمای ۳۸K!ابررسانا می‌شد و بدین ترتیب از عمده حریفان‌خود در آی بی ام گوی سبقت را بردند. کاوا می‌گوید «در این لحظه بود که هیجان و احساسات شروع شد و آزمایشگاه بل پر از شادی و شعف بود.»

ولی بزودی رکورد آزمایشگاه بل نیز شکسته شد زیرا در میان کسانی که به اولین اخبار منتشره از زوریخ اعتبار داده بودند گروه تحقیقاتی کوچک و تقریباً مجهزی از دانشگاه هوستون بود که توسط پل چو[۱۳] رهبری می‌شد. چو مسئلهٔ ابررسانائی را از سال ۱۹۶۵ مطالعه

---

۳ ــ Robert Schrieffer
۴ ــ Robert Cava
۵ ــ Heike Kamerlingh onnes
۶ ــ Arno Penzias
۷ــ IBM
۸ ــ Karl Alex Muller
۹ ــ Johannes Georg Bednorz
۱۰ ــ Zeitschrift Fve Physik
۱۱ ــ Douglas Finnemore
۱۲ ــ Bertram Batlogg
۱۳ ــ Ceramist Cava
۱۳ ــ Paul C. W. Chu

کرده بود و اکنون او و گروهش که شامل محققین دانشگاه آلاباما نیز می‌شد نتایج آزمایشگاه آی بی ام را مستقلاً تولید کرده و به کارهای تحقیقاتی خود ادامه دادند.

چون آزمایشگاه هوستون وسیلهٔ مخصوصی جهت امتحان مواد در تحت فشارهای زیاد را داشت، چو می‌خواست بداند که اگر ترکیب آی‌بی‌ام را تحت فشار قرار دهد چه اتفاقی می‌افتد. چو می‌گوید «به استناد نظریه‌های شناخته شده انتظار نمی‌رفت که دمای حصول ابررسانائی مادهٔ تحت فشار بسرعت بالا رود ولی در آزمایش ما این دما مثل راکت بسرعت بالا رفت. این موضوع نشان داد که شاید مکانیسم جدیدی در کار باشد.» چو این نتیجهٔ غیرمنتظره را برگ برندهٔ گروهش می‌داند و می‌گوید «ارجحیت ما به بعضی از تیم‌های دیگر این است که ما خودمان را به طرز تفکرهای عادی و معمول محدود نکرده و خیلی گسترده‌تر و وسیعتر فکر می‌کنیم.» وقتی که این ترکیب را تحت فشارهای از ده هزار تا دوازده هزار برابر فشار آتمسفر قرار دادند گروه چو دریافتند که این ترکیب تا دمای ۵۲K، ۳۶۶°F- ابر رسانا باقی میماند.

افزایش فشار بیشتر از این مقدار دیگر اثری نداشت و وقت آن رسیده بود که تفکر انقلابی دیگری به مرحلهٔ اجراء گذاشته شود. چو اینطور تفسیر کرد که اعمال فشار زیاد باعث خرد شدن ساختمان مولکولی ترکیب شده و این عمل به نحوی باعث بالا رفتن دمای ابررسانائی آن شده است. چون فشار بیشتر دیگر مؤثر نیفتاد چو تصمیم گرفت که مولکولها را به نحو دیگری بفشارد بعبارت دیگر توسط فشار از داخل. او بعوض باریم از استرانسیوم که از نظر شیمیائی شبیه باریم ولی از نظر ساختمان اتمی کوچکتر از آن است استفاده کرد. با خاطر جمعی دمای ابررسانائی مجدداً افزایش یافت و به ۵۴K رسید و سپس متوقف شد. بنابراین این دفعه از کلسیم که اتم‌های باز هم کوچکتری دارد استفاده شد اینبار دفعه دمای ابررسانائی کاهش یافت. بنظر می‌رسید که مسئله به بن‌بست رسیده باشد.

اکنون تیم چو لانتانوم جزء مربوط به عنصر قلیائی خاکی ترکیب آی‌بی‌ام را امتحان کردند ماثوکوون ــ وو[۱۴] رئیس قسمت آلاباما‌ی این گروه و دانشجوی سابق چو لانتانوم را با یک عنصر قلیائی خاکی دیگر یعنی ایتریوم عوض کرد.

این ماده جدید آنقدر امیدوارکننده بود که چو در دوازده ژانویه ۱۹۸۶ تقاضای ثبت اختراع آنرا کرد این امیدواری بزودی ثمره خود را نشان داد. در آخر ماه ژانویه پس از اینکه چو و همکارانش «ماده» موردنظر خود را تحت یک سری عملیات شیمیایی و حرارتی قرار دادند تکه‌ای از این ترکیب را با فرو بردن آن در ازت مایع سرد کرده و از آن جریان الکتریکی عبور دادند. در میان حیرت آنها، مقاومت نمونه در دمای ۹۳K بشدت افت کرد. «به‌خاطر می‌آورد و می‌گوید «ما بقدری تحریک شده و عصبی بودیم که دستهایمان می‌لرزیدند. اول فکر می‌کردیم که اشتباهی در کار باشد.» ولی چند روز بعد او و چو این کار برجسته را در هوستون تکرار کرده و حتی دما را ۵K دیگر نیز افزایش دادند.

این موفقیت چو و گروهش در کاهش دادن اشتیاق رقبایشان مؤثر نیفتاد و در واقع درست اثر عکس داشت. برای حفظ امتیاز اختراعش، چو از افشای ترکیب دقیق ماده جدیدش خودداری کرد تا اینکه در دوم مارس گزارش رسمی آن در مجله‌ای[۱۵] منتشر شد ولی محققین دیگر فکر کردند که می‌توانند ساختمان آن را حدس بزنند و بنابراین بزودی مشغول کار شدند.

در مرکز تحقیقاتی آلمادن واقع در سن‌جوز وابسته به آی‌بی‌ام دانشمندان با موفقیت ترکیب چو را کپی کرده، ساختمان بلوری آن را تجزیه و تحلیل نموده و اطلاعات حاصل را به آزمایشگاه همین شرکت واقع در یورک‌تاون در نیویورک گزارش دادند و در همین جا بود که همکارانشان توانستند تقریباً در عرض شب لایه نازکی از این ماده تهیه کنند. در دانشگاه کالیفرنیا ــ برکلی گروهی که شامل فیزیکدان نظری ماروین‌کوهن[۱۶]، که حدود ۲۰ سال پیش وجود ابررسانائی در اکسیدها را پیش‌بینی کرده بود، رکورد ۹۸k چو را تولید کرده و شروع به افزایش آن کردند. کوهن می‌گوید «من یک دانشمند استاندارد امریکائی هستم و تعریف من از تحقیق کشف کردن اسرار طبیعت قبل از همه است.»

داگلاس اسکالاپینو[۱۷] از دانشگاه کالیفرنای در سانتاباربارا می‌گوید «بطور خلاصه موفقیت‌های اخیر مثل رکوردهای اخیر در مسابقات دو هستند. قبلاً این رکوردها غیرممکن بنظر می‌رسیدند ولی بعدها همین رکوردها نیز توسط افرادی شکسته شدند.» کاوا می‌گوید «این فعالیت‌ها از موضوع سوپرنوا هم جالب‌تر هستند. فیزیکدان‌های فضائی این پدیده را می‌توانند نظاره کنند ولی وقتی مسئله پدیدار شد، پدیدار شده و از بین می‌رود. در ابررسانائی ماجراها ادامه دارند و بهمراه آن فیزیک شروع به جاری شدن می‌کند.»

فرانک‌فرادین[۱۸] فلزشناسی و مدیر قسمت علم مواد شرکت آرگون که جزو هیئت تحریریه مجله[۱۹] هم می‌باشد می‌گوید «مقالات علمی هم همینطور هستند مثلاً از سه هفته به این طرف در باره ابررسانائی ۹۸ مقاله رسیده و فقط یک کسر کوچکی از آنها منتشر خواهد شد. پیشرفت در این زمینه آنقدر سریع است که نتیجهٔ دو یا سه هفتهٔ قبل تقریباً کهنه بنظر می‌رسد. ما مجبور شدیم که برای تسریع در امر انتشار از یک سیستم کاملاً جدید استفاده

کنیم.» یک کشف مهم اینستکه: حداقل یک دوجین از ترکیبات متفاوت که همه اینها از ترکیب ساخته شده توسط چهار اختلافات فاحشی دارند پیدا شده‌اند و همه اینها مثل ابررساناهای دمای بالا عمل می‌کنند.

در حالی که دانشمندان ترکیب شیمیائی این طبقه جدید از ابررساناها را می‌شناسند ولی در بارهٔ چگونگی کار آنها اطمینانی ندارند. البته برای توضیح ابررسانائی در دماهای کم نظریه‌ای وجود دارد که به BCS مشهور است که از حروف اوّل Aurthor John Bardeen و همکارانش Leon Cooper و Robert Schrieffer که جایزهٔ نوبل ۱۹۷۲ در فیزیک را بدلیل نظریه‌شان بخود اختصاص دادند گرفته شده است. ولی نظریهٔ BCS به پدیده‌های عجیبی که در دماهای بالا بوقوع می‌پیوندند قابل اعمال نیست.

رسانائی عادی که اندازه‌ای از توانائی یک ماده جهت انتقال جریان الکتریکی است توسط پدیده‌هائی که در سطح اتمی اتفاق می‌افتند مشخص می‌شود. اتم‌ها از یک هستهٔ کوچک سنگین که شامل پروتن‌های با بار مثبت و نوترون‌های بی‌بار تشکیل یافته. دور هسته الکترون‌های با بار منفی دور می‌زنند و در پوسته‌هائی که شکلشان توسط ترازهای انرژی الکترون تعیین می‌شود قرار گرفته‌اند.

در اکثر اتم‌ها، مخصوصاً در اتم رساناهای فلزی پوستهٔ خارجی تعدادی جاهای خالی دارد و الکترون‌هائی که این پوسته دارد بهمان محکمی الکترون‌های داخلی به اتم وابسته نیستند. همانطور که کشش گرانشی خورشید بر روی سیاره پلوتو[19] کمتر از کشش بر سیاره نزدیکتر مریخ می‌باشد، اثر نگهدارندهٔ هسته نیز برای خارجی‌ترین الکترون‌ها کمترین مقدارش را دارد.

بنابراین وقتی که یک جریان الکتریکی، که در واقع جویبار الکترون‌های در حال حرکت میباشد، از داخل یک رسانا می‌گذرد، الکترون‌ها از یک جای خالی به جای خالی دیگر حرکت می‌کنند. برخلاف این، ماده‌ای نظیر لاستیک یک نارسانا است و عمدتاً از اتم‌هائی با لایه‌های خارجی کاملاً پر و محکم تشکیل یافته است. بنابراین وقتی ولتاژی اعمال می‌شود جای خالی‌ای برای حرکت الکترون‌ها وجود ندارد و در نتیجه جریانی برقرار نمی‌شود.

ولی حتی بهترین رسانای معمولی در مقابل جریان الکتریکی مقاومتی نشان می‌دهند و دلیل آن عبارت است از اینکه: وقتی جریان الکتریکی برقرار می‌شود بعضی از الکترون‌ها با بعضی از الکترون‌های دیگر برخورد کرده بنابراین انرژی خود را بصورت گرما از دست می‌دهند. بر طبق نظریه BCS در پدیده ابررسانائی از وقوع این برخوردها ممانعت بعمل می‌آید. آقای آرتور باردین که هم‌اکنون پروفسور افتخاری در دانشگاه ایلی‌نویز است می‌گوید «چیزی که باعث ابررسانا شدن یک ماده می‌شود تغییر حالت آن ماده است.* می‌توان اینطور تصور کرد که الکترون‌ها در یک حالت جدیدی جمع شده باشند. در این حالت جدید الکترون‌ها جفت شده و مثل یک مجموعه عمل می‌کنند.»

آقای فینمور از دانشگاه آیوا حرکت الکترون‌ها در یک ابر رسانا را به حرکت یک جمعیت زیاد در یک میدان فوتبال تشبیه میکند و می‌گوید «اگر آنها بطور انفرادی عمل کنند، بهمدیگر برخورد کرده و پراکنده می‌شوند این عمل در واقع مثل مقاومت الکتریکی است. ولی فرض کنید همه دست بدست هم داده و با شمارش نفر سوم شروع به قدم زدن بکنند در اینصورت حتی اگر یکی از این افراد در چاله‌ای گیر کند این شخص نخواهد افتاد زیرا رفقایش او را نگه میدارند.» بنابراین در ابر رساناها الکترون‌ها بدون مانع حرکت می‌کنند.

در حالی که نظریه BCS برای دماهای نزدیک صفر مطلق موفقیت خوبی داشته بعضی از فیزیکدان‌ها عقیده دارند که برای توضیح رفتار ابررساناهای دمای بالا این نظریه باید تصحیح شده یا حتی عوض شود. باردین معتقد است که نظریه‌اش تا دمای حدود ۴۰K می‌تواند ابررسانائی را تشریح کند ولی می‌گوید «خیلی بعید است که این نظریه در دمای ۹۰K موفق باشد. یقیناً ما به مکانیسم تازه‌ای احتیاج خواهیم داشت.» شریفر می‌گوید «در واقع ممکن است که ابررسانائی مثل سرماخوردگی معمولی علل متعددی داشته باشد.»

کثرت نظریه‌ها دربارهٔ تئوری ابر رسانائی سرعت تحقیقات مفید و موثر کاربردی از آن را کند نکرده است. عقایدی درباره پیشرفته کردن صنعت فعلی ابررسانائی وجود دارد: عقاید دیگری درباره سودآور کردن صنایع جانبی درکار است: نظرهای تازه‌تر دیگری هستند که درباره کاربردهای کاملاً تازه از پدیده ابررسانائی دور می‌زنند.

پیشرفته‌ترکردن شتاب دهنده‌های ذرات یکی ازین موارد است. درحال حاضر قدرتمندترین شتاب‌دهنده‌ها از مغناطیس‌های ابررسانای معمولی استفاده می‌کنند. اگر ساختن مغناطیس‌های ابر رسانای دمای بالا عملی شود میلیون‌ها دلار در هزینه‌های الکتریکی و هلیوم مایع این وسایل صرفه‌جوئی خواهد شد.

برخلاف تولید انرژی از شکافت اتم‌ها، در

---

* معمولی‌ترین تغییر حالت، تبدیل آب از حالت مایع به حالت بلوری یخ در دمای ۳۲°F میباشد.

۱۴ ــ Maw - Kven Wu

۱۵ ــ Physical Review Letters

۱۶ ــ Marvin Cohen

۱۷ ــ Dovglas Scalapino

۱۸ ــ فُشتن فُشیخة

۱۹ ــ ءاعسخلاشم قُرخفث ءقفققفس

تولید انرژی به روش فیوژن اتم‌ها (همان پدیده‌ای که در خورشید انرژی تولید می‌کند) نیز مغناطیس‌ها نقش اساسی دارند. وجود یک «بطری»‌ای که از هیچگونه ماده‌ای درست نشده و بلکه توسط میدان‌های مغناطیسی قوی حاصل از مغناطیس‌های معمولی و با هزینه گزاف تولید می‌شود در موفقیت یک فرآیند فیوژن امیدوار کننده‌ای که در بعضی از کشورها تحت مطالعه و گسترش است نقش کلیدی دارد. در دماهای حدود صد میلیون درجه که برای شروع فیوژن لازم است تنها چنین میدان‌هائی هستند که می‌توانند بعنوان ظرف جهت نگهداری و فشردن اتم‌ها مورد استفاده قرار گیرند. ولی مغناطیس‌های ابررسانا و مخصوصاً نوع دمای بالای آن می‌تواند میدان‌های خیلی شدید با قیمت‌های خیلی کم تولید نماید و همانطور که هارولد فورس[20] مدیر آزمایشگاه فیزیک پلاسمای دانشگاه پرینستون می‌گوید «رسیدن به نیروی فیوژن را ممکن و عملی می‌سازد.»

در رشته پزشکی، مغناطیس‌های ابررسانا در قلب ماشین‌های تصویرنگاری تشدیدی جا دارند. اوّل میدان‌های شدید حاصل از مغناطیس‌ها اتم‌های بدن را بخط می‌کنند سپس یک پالس متشکل از امواج رادیوئی این بخط شدن را بهم می‌زند. وقتی که این اتم‌ها به حالت اوّلیه خود برمی‌گردند امواجی رادیوئی تابش می‌کنند که می‌توانند از بافت‌های نرم بدن تصاویر تفصیلی تولید نمایند. ماشین‌های تصویرنگاری[21] امروزه خیلی عظیم‌الجثه هستند (۶ فوت × ۸ فوت × ۱۰ فوت) عمدتاً باین دلیل که برای نگهداری هلیوم مایع سرمازا، که سالانه حدود ۳۰۰۰۰ دلار مخارج دربردارد به عایق‌بندی حجیمی به ارزش بیش از ۱۰۰۰۰۰ دلار نیاز است. والتر راب[22] از مرکز تحقیقات و توسعهٔ جنرال الکتریک می‌گوید که اقتصادی بودن ابررساناهای جدید موسسات پزشکی را بالاخره قادر خواهد ساخت که تعداد بیشتری از ماشین‌های تصویرنگاری را، که برای تشخیص بی‌نظمی‌هائی نظیر غدد مغزی خیلی ارزشمند هستند، در بیمارستان‌ها نصب کنند.

مغناطیس‌های ابر رسانای دما بالا در ساختن قطارهای مغناطیسی هوارو که در ژاپن و آلمان غربی تحت مطالعه است ممکن است مفید واقع شود. در دانشگاه کشتیهای بازرگانی ژاپن واقع در کوب[23] دانشمندان مدلی در مقیاس عملی از یک کشتی تولید کرده‌اند که سیستم جلو برندهٔ آن بر خاصیت مغناطیسی متکی است. یاشیروساجی[24] فیزیکدان ژاپنی با استفاده از یک ژنراتور که بر عرشه کشتی شوار است و الکترودهای واقع در ته کشتی از داخل آب دریا یک جریان الکتریکی عبور می‌دهد. یک آهنربای ابررسانا که آنهم بر عرشه کشتی قرار دارد میدان مغناطیسی قوی‌ای تولید می‌کند. وقتی که میدان مغناطیسی تولید شده توسط جریان الکتریکی به میدان حاصل از آهنربا فشار وارد می‌آورد کشتی به جلو رانده می‌شود. ساجی برنامهٔ خودش را تسریع کرده و امیدوار است که در عرض چهارسال یک کشتی مغناطیسی[25] بسازد و می‌گوید «به شکرانهٔ مواد جدید، آهنرباها سبکتر شده و کار کردن با آنها راحت‌تر خواهد بود. وقتی که بجای هلیوم مایع بتوان از ازت مایع استفاده کرد تمام مراحل تکامل کشتی خیلی ساده‌تر خواهد شد. این یک توسعه عجیب و جالب است».

در مقیاس کوچک، از ابررساناها در ساختن کلیدهای الکترونیکی ابر سریع بنام اتصالات جوزفسون (به افتخار فیزیکدان انگلیسی نوبل لاریت براین جوزفسون[26] که اصول فیزیکی طرز کار این اتصالات را پیدا کرده است) استفاده شده است. این کلیدها تاکنون فقط در دمای هلیوم مایع کار می‌کرده‌اند. کمپانی آی بی ام بنا بدلایل اقتصادی در سال ۱۹۸۳ از ادامهٔ پروژهٔ خود دربارهٔ اتصالات جوزفسون صرفنظر کرد. ولی فیزیکدان آی‌بی‌ام صادق فاریس[27] از آی‌بی‌ام کنار رفت، برای این صنعت جواز کسب گرفت و شرکت های‌پرس را تشکیل داد و اولین محصول اتصال جوزفسون خود یعنی «اسیلوسکپ خیلی سریع» را بازار عرضه کرده است. فاریس می‌گوید «با اینکه مواد ابررسانای جدید در مرحلهٔ ابتدائی هستند ولی برای پائین آوردن هزینه‌ها و بهتر کردن سرعت محصولاتمان حاضر به بررسی و مطالعهٔ این مواد جدید هستیم». با توجه به اینکه سرعت کلیدها در تعیین سرعت کامپیوترها نقش اساسی دارند وجود یک اتصال جوزفسون اقتصادی واقعاً با ارزش خواهد بود.

در کمپانی وستینگهاوس دانشمندان دربارهٔ موضوع بکار بردن ابررساناها برای تولید انرژی الکتریکی کار می‌کنند. ژنراتورهای غیر ابررسانای امروزه در اثر چرخش آرمیچرها که در داخل میدان مغناطیسی قرار دارند الکتریسیته تولید می‌کنند و حداکثر قدرت خروجی آنها حدود ۳۰۰ مگاوات به‌ازای هر ژنراتور است. جان هولم[28] مدیر تحقیقات می‌گوید که حتی با بکار بردن مغناطیس‌های ابررسانای معمولی این خروجی را می‌توان به دو برابر افزایش داد. با بکار بردن ابررساناهای دمای بالا این مزایا حتی بیشتر هم خواهد شد.

بالاتر از همهٔ اینها نوبت خوابهای خوش است مثل: حلقه‌های عظیم زیرزمینی متشکل از کابل‌های ابررسانا که می‌توانند انرژی الکتریکی عظیمی را برای مصارف آینده ذخیره کنند؛ اتومبیل‌هائی که حرکتشان از موتورهای الکتریکی کوچک و قدرتمندی که انرژیش را از وسایل ذخیره کننده ابررسانا کسب می‌کند تامین می‌شوند. ولی حتی با این

خوابهای خوش نیز برخوردهای جدی وجود دارد. مثلا در کارخانهٔ فورد یک گروه مطالعاتی تشکیل شده که با درنظر گرفتن پیشرفت‌های اخیر در ابررسانائی امکان ساختن اتوموبیل‌های الکتریکی را بررسی می‌نماید. جان بالجین[29] فیزیکدان آی‌بی‌ام می‌گوید «سؤال این نیست که ماده جدید ابررسانا را گرفته و کاری که همه میخواهند انجام بدهند با آن بکنیم بلکه مسئله این است که چه کاری بکنیم که تابحال کسی تصورش را هم نکرده است؟» مثلا یکی از شایعاتی که در جلسات مربوط به ابررسانائی شنیده می‌شود ساختن سالن‌های تفریحی با استفاده از ابررساناها است.

با تمام این کاربردها که همه به این بستگی دارد که این صنعت از مرحلهٔ آزمایشگاهی بیرون آید و با تمام اطمینان‌های رنگارنگ اکثر دانشمندان، موانع خودنمائی می‌کنند. یکی از این مشکلات این است که باید بتوان این مواد جدید را براحتی به اشکال گوناگون قابل استفاده درآورد. درحالی که فلزات براحتی خم می‌شوند هرکسی که بشقابی شکسته باشد میداند که سرامیک‌ها قابل خم شدن نیستند. واضح است که برای ساختن مغناطیس‌ها، ماده‌ای که برای پیچیده شدن قابل انعطاف‌تر است به مراتب بهتر از ماده‌ای است که سفت و شکننده باشد. او سامو هوریگامی[30] یک محقق اصلی از آزمایشگاه علوم و فنون انرژی توشیبا می‌گوید «ساختن یک آهن‌ربا، یک سیم‌پیچ و یا حتی یک سیم قابل اطمینان از این مواد جدید ممکن است که پنج سال دیگر بطول انجامد». هولم با این نظر موافق است و می‌گوید «برای حل مشکل شکنندگی این مواد مهندسی فوق‌العاده‌ای لازم است».

محققین آی‌بی‌ام نیم جوابی دارند. هفته گذشته آنها اعلام کردند که این مواد جدید را می‌توان بر روی اشکال پیچیده مثل رنگ پاشید که بعداً بصورت جامد درمی‌آیند. فیزیکدان آی‌بی‌ام جروم کیومو[31] که این روش را در کنفرانس انجمن سرامیک امریکا در پتسبورگ مطرح کرد و گفت «این موضوع درها را برای ساختن اشیاء مفید از مواد ابررسانا بیش از پیش بازتر می‌کند».

موضوع اساسی‌تر این واقعیت است: با اینکه مواد سرامیکی جدید در دماهای بالا ابررسانا باقی میمانند و قادر به تحمل میدان‌های خیلی قوی هستند ولی در حال حاضر جریان الکتریکی‌ای که می‌توان از آن‌ها عبور داد در حدود یکصدم ظرفیت جریانی ابررساناهای معمولی است. چون شدت میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان الکتریکی توسط شدت جریان مشخص می‌شود دانشمندان عقیده دارند که این مسئله باین زودی‌ها حل نخواهد شد. آقای راب از کمپانی جنرال الکتریک اخطار می‌کند و می‌گوید «چیزی که هم اکنون لازم است اختراع دومی است که باید از اکسیدهای مس استفاده کند بطوری که بتواند در دماهای بالا جریان‌های بالا را از خود عبور دهد و برای موفقیت این اختراع فقط شانس پنجاه ــ پنجاه وجود دارد».

و بالاخره یک مسئله انسانی وجود دارد که ممکن است پیشرفت در زمینهٔ ناگهان توسعه‌یافتهٔ ابررسانائی را کُند کند و آن عدم تمایل افزایندهٔ دانشمندان در مبادلهٔ اطلاعات علمی مربوط به تجربیات خودشان است. پس از برخی ملاقاتها بعضی‌ها از اینکه محققین استانفورد پس از ارائه مطلب خودشان از افشای جزئیات بیشتر تحقیقاتشان خودداری کردند بهت زده شدند: مشاوران ثبت اختراع به آنها گفته بودند که تا حد امکان کارشان را کمتر آشکار کنند تا اینکه به ثبت قانونی برسد. رقابت در این زمینه از مرزهای قانونی تجاوز می‌کند. دو هفته پس از اعلام دمای رکوردشکن چو تیم بر کلی بطور مستقل همان ترکیب ابررسانا را تولید نمودند و بلافاصله گزارشی از نتایج‌شان را برای مجله‌ای[32] پست کردند با این امید که این خبر قبل از انتشار مقالهٔ چو دریافت شود. دلیل این کار چه بود؟ تیم بر کلی می‌خواستند ثابت کنند که کارشان تنها یک شبیه‌سازی از کار چو نبوده است.

با همهٔ اینها شواهدی وجود دارد که حداقل بعضی از موانع فیزیکی شروع به از بین رفتن کرده‌اند. در گردهم‌آیی ماه مارس دانشمندان حلقه‌ها و نوارهای قابل‌انعطافی را که از ابررساناهای دمای بالا ساخته شده بودند نشان دادند؛ تا آخر ماه گروههائی در آزمایشگاه آی‌بی‌ام، آزمایشگاه بل، توشیبا، آرگون و بعضی جاهای دیگر مشغول تهیه میله‌هائی به ضخامت سیم از سرامیک‌ها بودند. آقای هوری‌گامی از توشیبا می‌گوید «ما حتی مطمئن نبودیم که اینکار شدنی است ولی بالاخره وقتی که سیمی بدست آوردیم که بطور مؤثر قابل حلقه شدن بود بیان احساس پیروزی در ما غیرقابل وصف بود». سرامیک‌شناس کمپانی آرگون روجرپوئپل[33] از ساختن کوره‌ای به طول ده فوت سخن می‌گوید که بطور دائمی سیم موردنیاز گروهش را گرم نگاه خواهد داشت او می‌گوید «فکر می‌کنیم که این سیم باندازهٔ کافی قابل‌انعطاف خواهد بود که بصورت کابل درآید و این کابل عنصر اولیه

---

۲۰ ــ Harold Furth
۲۱ ــ MRI
۲۲ ــ Walter Robb
۲۳ ــ Kobe
۲۴ ــ Yashiro Saji
۲۵ ــ Magship
۲۶ ــ Nobel Laureate Brain Josephson
۲۷ ــ Sadeg Faris
۲۸ ــ John Holm
۲۹ ــ John Balgin
۳۰ ــ Osamu Horigami
۳۱ ــ Jerome Cuomo
۳۲ ــ Physics Letters
۳۳ ــ Roger Poeppel

جهت ساختن حلقه‌های مغناطیسی و خطوط انتقال نیرو است. با یک سیم دو میلی یک مغناطیس ابررسانا خواهیم ساخت. در حال‌حاضر مسابقه بر سر تهیه یک وسیلهٔ عملی است».

پس از این در ماه آوریل محققین استانفورد و آی‌بی‌ام اعلام کردند که از این مواد جدید فیلم‌های نازک که در صنعت کامپیوتر کاربرد دارد تهیه کرده‌اند. سپس محققان آی‌بی‌ام رابرت لی‌بویتز[۳۴] و روجرکوخ[۳۵] انظار را بخود جلب کرده و گزارش دادند که لایه نازک ساخت خودشان را بصورت اسباب قابل استفاده‌ای بنام[۳۶] اسکوید درآورده‌اند. نوع دمای پائین چنین وسایل البته وجود داشته و برای اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی خیلی ضعیف بکار می‌روند. همچنین بعضی از فیزیکدان‌ها برای جستجوی امواج گرانشی و تک قطبی‌های مغناطیسی که بطور نظری توسط بعضی‌ها پیش‌بینی شده ولی عملاً مشاهده نشده‌اند از این وسایل استفاده می‌کنند. محققین در رشته پزشکی اسکویدها را برای ثبت میدان‌های بسیار ریز حاصل از فعالیت‌های الکتریکی در مغز بکار می‌برند. اسکویدهای دمای بالا تمام این فعالیت‌ها را باید کمی آسانتر نماید.

دانشمندان دیگر در تلاش‌اند تا علل ابررسانا شدن سرامیک‌ها را بهتر درک کنند. آزمایشگاههای متعددی با بکار بردن میکروسکپ‌های الکترونی، پالس‌های پرتوهای نوترونی، پرتوهای ایکس و امواج ماوراء صوت از این مواد عکس گرفته‌اند. گروهی از آزمایشگاه بل و محققین دانشگاه ایالتی آریزونا عکس‌های میکروسکپ الکترونی تهیه کرده‌اند که وجود ضایعات در ساختمان بلوری این ترکیب را نشان می‌دهد. مدیر این گروه عباس اهورمزد[۳۷] می‌گوید «ما نقش این ضایعات را کاملاً درک نمی‌کنیم ولی خود این مسئله سئوالات جالبی را مطرح می‌کند. آیا این ماده کامل است که ابررسانا است؟ یا اینکه ضایعات هستند که این خاصیت را تولید می‌کنند؟ اگر ضایعات عامل ابررسانا شدن هستند دراینصورت باید آن‌ها را کنترل کرده و با وارد نمودن عمدی آن‌ها در ترکیب باید چگالی آن‌ها را افزایش دهیم».

مهمتر از همه این مطالب گزارش‌هائی دایر بر این است که رکورد دمای تولید شده توسط چو که بعداً هم توسط عده دیگری از پژوهشگران کپی شد البته پشت‌سر گذاشته شده است. بعضی از فیزیکدان‌ها حتی پدیده‌های وابسته به ابررسانائی (البته نه ابررسانائی واقعی) گزارش کرده‌اند که در دماهای بالای ۲۴۰K یا ۲۷°F-، که از خیلی از شب‌های زمستان‌های داکوتای شمالی گرم‌تر است، بوقوع می‌پیوندند.

این نتایج امکانات جالبی را پیشنهاد میکنند. آقای پن‌زیاس[۳۸] از آزمایشگاه بل می‌گوید* «در سال گذشته دمای ابررساناشدن چهاربرابر افزایش یافته است. اگر افزایش دما بهمین منوال در همین مدت ادامه یابد می‌توانیم در مدت کمتر از یکسال ابررساناهای در دمای اطاق داشته باشیم». پراوین چوادهاری از آی‌بی‌ام اضافه می‌کند «تمام سدهای روانی از بین‌رفته و کسی درباره اینکه دمای ابررسانا شدن تا کجا پیش خواهد رفت دیگر سؤالی نمی‌پرسد». هرگاه ابررسانائی در دمای اطاق قابل‌حصول باشد حال می‌خواهد یکسال طول بکشد یا سالهای متمادی اثر آن غیرقابل پیش‌بینی است. در اینصورت نیاز به سردکننده‌ها و عایق‌بندی‌ها حتی برای ازت مایع از بین خواهد رفت و در نتیجه هزینه‌های این صنعت زمان‌های آینده بازهم بیش از آنکه قابل تصور است پائین خواهد آمد پل‌گرانت[۳۹] از آی‌بی‌ام می‌گوید «ما به این مرحله می‌نگریم همانطور که همه می‌نگرند». ویلیام گالافر[۴۰] از آی‌بی‌ام اضافه می‌کند «نباید اجازه دهیم که تصوراتمان توسط آن چیزهائی که الان میدانیم محدود شود ما قادر به تصور اینکه در آینده چه اتفاق خواهد افتاد نیستیم».

●

نویسنده:

Michael D. Lemonick

گزارشگر:

Thomas McCarroll / New York

J. Madeleine Nash / chicago, and Dennis Wyss / San Francisco

---

* طبق خبر مندرج در شماره ۵ ماه مه جلد ۳۸ سال ۱۹۸۷ مجلهٔ Physics Bulletin و گزارش شده توسط جان‌ا ویلسون در مواد جدیدی بشکل $La_3Ba_3Cu_6O_{18}$ که ساختمان بلوری پرووسکایت دارند با جایگزینی لانتانوم با ایتریوم یعنی ترکیب $Y_{\frac{1}{3}}Ba_{\frac{2}{3}}CuO_{2\frac{1}{2}}$ حصول ابررسانائی در دمای اطاق ۳۰۰K ادعا شده است (با تشکر از آقای دکتر ع. ارضی)

در ضمن برای اطلاع بیشتر به «مجله فیزیک» جلد ۵ شماره ۱ سال ۱۳۶۶ صفحه ۴۳ مراجعه شود. م.

۳۴ ـ Robort Laibowitz

۳۵ ـ Roger Koch

۳۶ ـ SQUID

۳۷ ـ Abbas Ormasd

۳۸ ـ Penzias

۳۹ ـ Paul Grant

۴۰ ـ William Gallagher

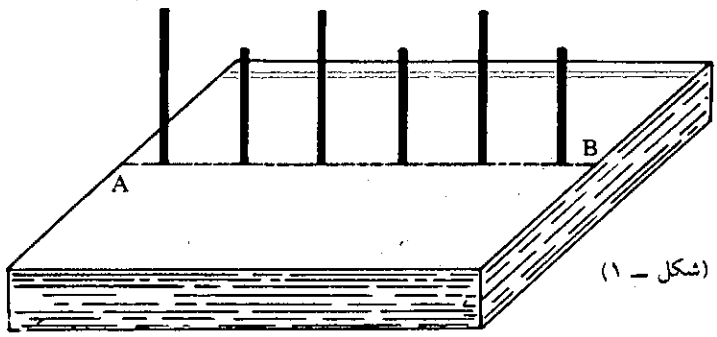
●

فیزیک عملی

حسام ـ حسن

میله‌های مشابه میلرزند

تخته مکعب مستطیل شکلی اختیار کنید. در سطح بزرگتر میان دو عرض را با خطی بهم وصل کنید (AB) بر روی خط شش سوراخ نسبتاً باریک ایجاد کنید. شش مفتول فلزی را که در دو اندازهٔ دلخواه تهیه کرده‌اید در سوراخها جای دهید. بنحوی که کاملاً محکم بوده و بحالت قائم بر سطح چوب قرار گیرند. (شکل ـ ۱)



(شکل ـ ۱)

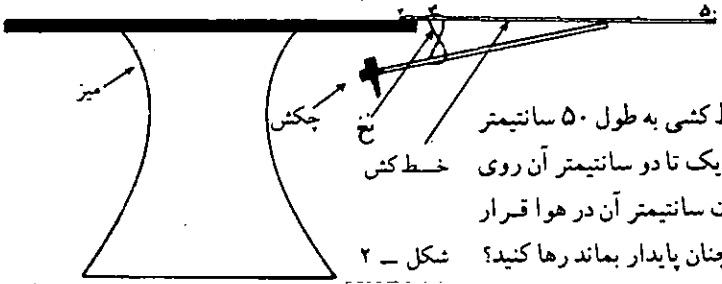
در حالیکه تخته را با یک دست محکم گرفته‌اید تا نلغزد، با ضربه‌ای یکی از میله‌ها را بلرزانید به میله‌های دیگر نگاه کنید چه می‌بینید؟ چرا؟ اینکار را با میله‌های دیگر تکرار کنید. چه می‌شود؟

خط کش در هوا

آیا می‌توانید خط کشی به طول ۵۰ سانتیمتر را در حالی که فقط یک تا دو سانتیمتر آن روی میز و تا چهل و هشت سانتیمتر آن در هوا قرار دارد، بنحوی که همچنان پایدار بماند رها کنید؟

برای انجام اینکار از یک چکش (یا قندشکن یا تیشه) و یک تکه نخ محکم استفاده کنید، خط کش چوبی یا نایلونی نسبتاً محکمی اختیار کرده و با گره زدن دو سر نخ حلقه مناسبی تهیه کنید. دسته چکش و خط کش را از داخل حلقه نخی عبور دهید نخ را تقریباً در ۴ سانتیمتری از یک سر خط کش با انگشت نگهدارید، همان سر خط کش را تقریباً تا دو سانتیمتر بر روی میز بگذارید (شکل ـ ۲)دسته چکش را آنقدر در حلقه نخ جابجا کنید تا سر سنگین آن در زیر میز قرار گیرد و سر دیگر چکش بر سطح زیرین خط کش تکیه کند.

دستهای خود را به آرامی از خط کش و چکش جدا کنید، خط کش در حالت تعادل باقی می‌ماند چرا؟



شکل ـ ۲

محل حلقه نخی را بر روی خط کش تقریباً ثابت نگهدارید و قسمت سنگین‌تر چکش را بیشتر از قبل به زیر میز برانید ـ چه می‌شود، چرا؟ با جابجا کردن نخ و چکش وضعیت‌های مختلفی برای تعادل خط کش فراهم آورید.

آیا می‌توانید حالتی را که خط کش فقط بر روی یک خط یا حتی یک نقطه قرار دارد ایجاد کنید؟ اینکار را انجام دهید.

قهرمانی یا علم!

شاید دیده باشید که مردان قوی بنیه‌ای بر روی زمین دراز می‌کشند و سنگ نسبتاً سنگینی را در حضور مردم بسیاری که تماشاگر صحنه‌اند بر روی سینه خود قرار می‌دهند.

سنگ نسبتاً سنگین است و تحمل وزن آن برای هر شخصی ممکن نیست. ولی قهرمان صحنه سنگ را بر روی سینه می‌گذارد و سنگینی آن را بخوبی تحمل می‌کند شگفتیها برای کارهایی است که از این پس رُخ می‌دهد!

در این هنگام مرد از همکار یا تماشاگران صحنه می‌خواهد تا با پُتک سنگینی با تمام توان بر روی سنگ ضربه بزنند!

تحمل مستقیم هر یک از ضربه‌ها یقیناً غیرممکن است؛ مرد دوّم زدن ضربه‌ها را آنقدر تکرار می‌کند تا اینکه سنگ بزرگ چند تکه می‌شود و تماشاگران متحیر از اینند که سنگ تحمل ضربه‌ها را نکرد، در حالی که قهرمان صحنه پیروزمندانه تکه‌های سنگ را کنار می‌زند و مورد تشویق قرار می‌گیرد. آیا می‌توانید با تقریب بگوئید ماگزیمم نیرویی را که قهرمان صحنه متحمل می‌شود چه اندازه است؟

تخته صافی بر روی سینه خود قرار دهید و با چکش ضربه‌های محکمی بر آن وارد کنید چه نیرویی را تحمل می‌کنید.

مراجع

(۱) ـ Science experiments and amusements: CHARLES VIVIAN

(۲) ـ Explaining physics: STPHEN POPLE

(۳) ـ فیزیک عملی: اصغر لطفی

تست فیزیک و مکانیک

امتحان گزینش دانشجو

برای دانشگاهها

سال تحصیلی ۶۷ ـ ۶۶

گروه آزمایش ریاضی ـ فنی

۲۲۱ ـ از بالای برجی به ارتفاع h گلوله‌ای بدون سرعت اولیه رها می‌شود، در همان لحظه از پائین برج گلولهٔ دیگری با سرعت اولیه V_0 در راستای قائم بسمت بالا پرتاب میشود و دو گلوله پس از مدت t از مقابل یکدیگر می‌گذرند. اگر مقاومت هوا ناچیز باشد، مقدار t برابر کدام گزینه است؟

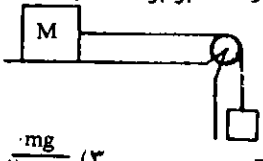
۱) $\frac{h}{2V_0}$

۲) $\frac{h}{V_0}$

۳) $\frac{2h}{V_0}$

۴) $\frac{V_0}{g}$

۲۲۲ ـ اگر در شکل مقابل اصطکاک و وزن قرقره و نخ ناچیز فرض شود، شتاب حرکت وزنه M برابر است با:



۱) $\frac{mg}{M+m}$

۲) $\frac{Mg}{M+m}$

۳) $\frac{mg}{2M+m}$

۴) $\frac{mg}{2m+M}$

۲۲۳ ـ سرعت متوسط اتومبیلی که از حال سکون با شتاب ثابت $1/8\ m/s^2$ به حرکت در می‌آید. در ۱۰ ثانیه اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۴/۵

۲) ۹

۳) ۱۸

۴) ۲۲/۵

۲۲۴ ـ لکوموتیوی به جرم 10^4 کیلوگرم یک قطار باری به جرم 5×10^4 کیلوگرم را با شتاب $1/5\ m/s^2$ به حرکت در می‌آورد (اصطکاک با ریلها ناچیز است) اگر 3×10^4 کیلوگرم از بار قطار تخلیه شود با همان نیروی کشش، شتاب چندمتر بر مجذور ثانیه خواهد شد؟

۱) ۲/۵

۲) ۳

۳) ۴/۵

۴) ۷/۵

۲۲۵ ـ جسمی به وزن ۷۷ از بالای سطح شیبداری بطول L که با افق زاویه α میسازد پائین می‌لغزد. اگر سطح بدون اصطکاک باشد، کار نیروی عکس‌العمل سطح شیبدار در این جابجائی برابر با کدام یک از مقادیر زیر خواهد بود؟

۱) صفر

۲) W.L

۳) WL Sin α

۴) WL Cos α

۲۲۶ ـ دو گلوله با حجم مساوی یکی از آهن و دیگری از آلومینیوم با هم از یک نقطه در شرایط خلاء سقوط می‌کنند. در یک ارتفاع معین کدام کمیت برای دو گلوله یکی است؟

۱) اندازهٔ حرکت

۲) انرژی مکانیکی

۳) شتاب

۴) نیروی محرک

۲۲۷ ـ جعبه‌ای به جرم ۴ کیلوگرم روی ارابه‌ای به جرم ۱۶ کیلوگرم در سطح افقی قرار دارد. ضریب اصطکاک بین جعبه و کف ارابه ۰/۲۵ و اصطکاک بین ارابه و سطح افق ناچیز است. اگر نیروی افقی $F = 5N$ بر جعبه وارد شود، کدامیک از حالات زیر بوجود می‌آید؟

۱) ارابه ساکن می‌ماند و جعبه روی آن به حرکت در می‌آید

۲) ارابه و جعبه با یک شتاب به حرکت در می‌آیند

۳) ارابه و جعبه هر دو ساکن می‌مانند

۴) جعبه به جلو و ارابه به عقب با شتابهای مختلف به حرکت در می‌آیند

۲۲۸ ــ آسانسوری با سرعت ثابت ۵ متر بر ثانیه پائین می‌آید. شخصی که داخل آسانسور است گلوله کوچکی را از ارتفاع ۸۰ سانتیمتر نسبت به کف آسانسور رها می‌کند. گلوله پس از چند ثانیه به کف آسانسور می‌رسد؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$)

۱) ۰/۲

۲) ۰/۴

۳) ۰/۸

۴) ۰/۱۶

۲۲۹ ــ دو پرتابه با سرعت مساوی یکی با زاویهٔ $\theta_۱$ و دیگری با زاویهٔ $\theta_۲$ پرتاب می‌شوند. این دو پرتابه دارای بردهای برابر می‌شوند هر گاه:

۱) $\theta_۲ - \theta_۱ = \frac{\pi}{۶}$

۲) $\theta_۲ - \theta_۱ = \frac{\pi}{۴}$

۳) $\theta_۲ + \theta_۱ = \frac{\pi}{۳}$

۴) $\theta_۱ + \theta_۲ = \frac{\pi}{۲}$

۲۳۰ ــ جسم صلبی با شتاب زاویه‌ای ثابت شروع به دوران حول یک محور می‌کند و در ۵ ثانیه ۱۰ دور کامل می‌زند. شتاب زاویه‌ای آن چند رادیان بر مجذور ثانیه است؟

۱) $\frac{۱}{۲}\pi$

۲) $\frac{۵}{۸}\pi$

۳) $\frac{۸}{۵}\pi$

۴) ۲π

۲۳۱ ــ ظرف آبی را در یک کفهٔ ترازو گذاشته و تعادل ترازو را برقرار می‌کنیم. یک گلوله فلزی به جرم ۷۸ گرم و حجم ۱۰ سانتیمتر مکعب را در ظرف آب می‌اندازیم. چند گرم وزنه در کفهٔ دیگر ترازو قرار بدهیم تا تعادل ترازو مجدداً برقرار شود؟

۱) ۶۰/۲

۲) ۶۸

۳) ۷۰/۲

۴) ۷۸

۲۳۲ ــ اگر بر سطح آب درون ظرفی که روی سطح افقی قرار دارد قطعه چوبی شناور سازیم افزایش نیروی وارد بر سطح افقی برابر است با وزن:

۱) آب هم حجم چوب

۲) قسمتی از چوب که درون آب است

۳) قطعه چوب

۴) قسمتی از چوب که خارج از آب است

۲۳۳ ــ در کدامیک از موارد زیر با آنکه جسم گرما می‌گیرد دمای آن تغییر نمی‌کند؟

۱) گازی که متراکم شده است

۲) فلزی که ذوب شده است

۳) بخار آب

۴) آبی که در حال جوشیدن است

۲۳۴ ــ قطعه یخی به حجم ۱۰۰ سانتیمتر مکعب در استوانه مدرجی محتوی آب شناور است. اگر سطح مقطع استوانه ۱۰ سانتیمتر مربع و جرم حجمی یخ $۰/۹ gr/cm^۳$ فرض شود، پس از ذوب کامل یخ سطح آب در استوانه مدرج:

۱) ۰/۱ سانتیمتر پائین می‌رود

۲) ۰/۹ سانتیمتر بالا می‌رود

۳) ۱ سانتیمتر بالا می‌آید

۴) تغییر نمی‌کند

۲۳۵ ــ $ML^{-۳}$ دیمانسیون (معادلهٔ ابعادی) چیست؟

۱) جرم حجمی

۲) انرژی

۳) توان

۴) نیرو

۲۳۶ ــ یک اجاق الکتریکی با توان گرمائی ثابت دمای یک کیلوگرم آب را در ۱۰ دقیقه $۳۰^\circ C$ بالا می‌برد. اگر این اجاق دمای ۳ کیلوگرم روغن را در مدت ۱۵ دقیقه همان اندازه بالا ببرد نسبت ظرفیت گرمائی روغن به ظرفیت گرمائی آب کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۲}$

۲) $\frac{۱}{۳}$

۳) $\frac{۱}{۶}$

۴) $\frac{۲}{۳}$

۲۳۷ ــ اگر در یک آونگ ساده حداکثر نیروی کشش نخ ۲ برابر وزن گلوله باشد، ماگزیمم زاویهٔ انحراف آونگ باید چند درجه باشد تا نخ پاره نشود؟

۱) ۳۰

۲) ۴۵

۳) ۶۰

۴) ۹۰

۲۳۸ ــ بار الکتریکی مثبت $۱۰^{-۵}$ کولن در میدان الکتریکی یکنواختی به شدت $۱۰^۴ \frac{\text{نیوتن}}{\text{کولن}}$ قرار دارد. نیروئی که از طرف این میدان بر بار الکتریکی وارد می‌شود چند نیوتن است؟

۱) $۱۰^{-۹}$

۲) $۱۰^{-۱}$

۳) ۱۰

۴) $۱۰^۹$

۲۳۹ ــ آمپرسنجی که مقاومت الکتریکی آن ۰/۱۶ اهم است بوسیلهٔ یک مقاومت ۰/۰۴ اهمی مهار (شنت) شده است. اگر شدت جریان مدار اصلی ۸ آمپر باشد، شدت جریانی که از آمپرسنج می‌گذرد چند آمپر است؟

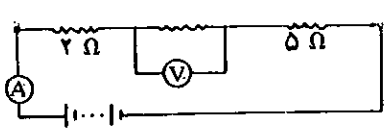
۱) ۰/۴

۲) ۰/۸

۳) ۱/۶

۴) ۲

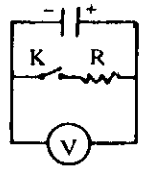
۲۴۰ ــ اگر در شکل مقابل آمپرسنج و ولت‌سنج به ترتیب ۳ آمپر و ۶ ولت را نشان دهند اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ B و C چند ولت خواهد بود؟



۱) ۱۵
۲) ۱۸
۳) ۲۱
۴) ۲۷

۲۴۱ ــ اگر در مدار شکل مقابل با باز و بسته شدن کلید K در مقداری که ولت‌سنج نشان میدهد تغییر محسوسی حاصل نشود، کدامیک از مطالب زیر درست خواهد بود؟

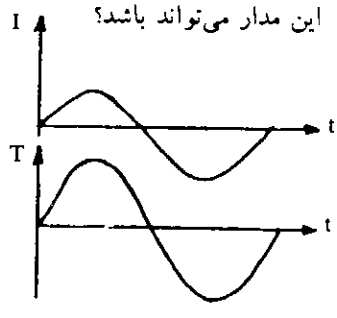
۱) مقاومت درونی مولد ناچیز است
۲) مقاومت درونی مولد بسیار زیاد است
۳) مقاومت خارجی R ناچیز است
۴) مقاومت درونی مولد برابر R است



۲۴۲ ــ مدار جریان متناوبی در حالت تشدید است. در این صورت توان مصرفی مدار برابر است با:

۱) صفر
۲) $V_e I_e$
۳) $۲V_e I_e$
۴) $۲V_e I_e$

۲۴۳ ــ هرگاه اشکال روبرو نمودارهای اختلاف پتانسیل و شدت جریان در مدار جریان متناوبی را نشان دهند. کدامیک از گزینه‌های زیر اجزاء این مدار می‌تواند باشد؟



۱) سلف بدون مقاومت
۲) سلف و مقاومت
۳) مقاومت خطی
۴) مقاومت و خازن

۲۴۴ ــ سطح یک قاب مسی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار گرفته است. اگر قاب در امتداد میدان به موازات صفحهٔ خود به حرکت در آید، نیروی محرکه القائی در آن:

۱) صفر است
۲) متناسب با سرعت قاب و مساحت آن است
۳) متناسب با سرعت قاب و شدت میدان است
۴) متناسب با سرعت قاب و سطح آن و شدت میدان است

۲۴۵ ــ در مدار جریان متناوبی خازن C و مقاومت خطی R بطور متوالی قرار دارند. اگر $X_C = R$ باشد، کدام گزینه ضریب توان مدار را نشان می‌دهد؟

۱) ۰
۲) ۰/۵
۳) ۰/۷۰۷
۴) ۱

۲۴۶ ــ دو کرهٔ فلزی بزرگ و کوچک که یکی از آنها دارای بار الکتریکی است به فاصلهٔ نسبتاً زیاد از هم روی پایه‌های عایق قرار دارند. اگر آنها را بوسیله سیم نازکی بهم وصل کنیم از نظر پتانسیل و بار الکتریکی نسبت بهم چه وضعی خواهند داشت؟

۱) بار و پتانسیل متفاوت
۲) بار و پتانسیل یکسان
۳) پتانسیل متفاوت و بار برابر
۴) پتانسیل یکسان و بار متفاوت

۲۴۷ ــ جسمی که فقط نور آبی را جذب می‌کند در نور سفید به چه رنگ دیده می‌شود؟

۱) زرد
۲) سبز
۳) قرمز
۴) نارنجی

۲۴۸ ــ آئینه مقعری از یک جسم حقیقی تصویری مستقیم می‌دهد که بزرگی آن ۲ برابر بزرگی جسم است. اگر فاصله شیئی از تصویر ۳۰ سانتیمتر باشد، تصویر در چند سانتیمتری آئینه تشکیل می‌شود؟

۱) ۱۰
۲) ۱۵
۳) ۲۰
۴) ۶۰

۲۴۹ ــ اگر یک دسته اشعه نور سفید موازی بطور مایل بر یک تیغه متوازی‌السطوح بتابانیم به کدام علت نور خروجی سفید است؟

۱) امتداد اشعهٔ خروجی برای تمام رنگها یکی است
۲) تیغهٔ متوازی‌السطوح نور را تجزیه نمی‌کند
۳) سرعت نور در تیغه برای تمام رنگها یکی است
۴) ضریب شکست تیغه بستگی به طول موج نور ندارد

۲۵۰ ــ ضریب شکست مطلق مایعی $\frac{۲\sqrt{۳}}{۳}$ است، زاویهٔ حد در این مایع چند درجه است؟

۱) ۱۵
۲) ۳۰
۳) ۴۵
۴) ۶۰

۲۵۱ ــ یک دسته پرتو تک رنگ با طول موج λ و فرکانس f از هوا وارد بنزین به ضریب شکست $\frac{۲}{۳}$ میشود، طول موج و فرکانس این دسته پرتو در بنزین به ترتیب کدام است؟

۱) $\frac{۲}{۳}\lambda$ و $\frac{۲}{۳}f$
۲) λ و $\frac{۲}{۳}f$
۳) $\frac{۲}{۳}\lambda$ و f
۴) λ و f

۲۵۲ ــ همگرایی یک عدسی محدب بضریب شکست $\frac{۳}{۲}$ برابر ۱۸ دیوپتری است. اگر این عدسی درون مایعی به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ قرار گیرد، همگرایی آن چند دیوپتری میشود؟

۱) ۴/۵
۲) ۹
۳) ۱۲
۴) ۱۸

۲۵۳ ــ اگر گرمای ذوب یخ در فشار معمولی برابر ۳۳۶ کیلوژول بر کیلوگرم باشد. گرمای لازم برای تبدیل یک کیلوگرم یخ صفر درجه به آب ۱۰۰ درجه سلسیوس، چند کیلو ژول خواهد بود؟

۱) ۳۳۶
۲) ۴۲۰
۳) ۷۵۶
۴) ۷۸۰

۲۵۴ ــ امواج حاصل از یک منبع ارتعاشی که تواتر آن ۲۰ هرتز است با سرعت ۴ متر بر ثانیه در امتداد خط مستقیم در محیط منتشر می‌شود. فاصلهٔ دو نقطهٔ متوالی که درفاز متقابلندچند متر است؟

۱) ۰/۱
۲) ۰/۲
۳) ۲/۵
۴) ۴۰

۲۵۵ ــ صوتی با فرکانس معین در گاز کاملی منتشر میشود. هر گاه در دمای ثابت فشار گاز کم شود در فرکانس و سرعت انتشار صوت در گاز چه تغییری حاصل می‌شود؟

۱) تغییری حاصل نمی‌شود
۲) هر دو کم می‌شوند
۳) سرعت کم و فرکانس زیاد میشود
۴) سرعت زیاد میشود و فرکانس ثابت می‌ماند

۲۵۶ ــ طول لولهٔ صوتی بازی ۲ برابر طول یک لولهٔ صوتی بسته است، اگر هر دو لوله صوت اول خود را تولیدکنند فرکانس صوت لوله باز چند برابر فرکانس صوت لوله بسته است؟

۱) $\frac{۱}{۲}$
۲) ۱
۳) ۲
۴) ۴

۲۵۷ ــ دو دیاپازن را که مجاور هم قرار داده‌ایم با هم به ارتعاش در می‌آوریم، از ترکیب اصوات آنها ۴ ضربان در ثانیه شنیده می‌شود. اگر فرکانس ارتعاشات یکی از آنها ۲۶۰ هرتز باشد، فرکانس دیاپازن دیگر چند هرتز می‌تواند باشد؟

۱) ۱۳۰ یا ۶۵
۲) ۲۶۴ یا ۲۵۶
۳) ۲۶۸ یا ۲۵۲
۴) ۵۲۰ یا ۱۰۴۰

۲۵۸ ــ کدامیک از پدیده‌های زیر را نمی‌توان بر اساس مدل موجی نور توجیه کرد؟

۱) پلاریزاسیون
۲) تداخل
۳) شکست
۴) فتوالکتریک

۲۵۹ ــ انرژی فوتونهای پرتوهای X از انرژی فوتونهای کدامیک از پرتوهای زیر معمولاً کمتر است؟

۱) بالای بنفش
۲) زیر قرمز
۳) گاما
۴) نور مرئی

۲۶۰ ــ ترانسفورماتور ایده‌آل آنست که در مدار ثانویه‌اش....

۱) انرژی بیشتر از انرژی مدار اولیه باشد
۲) توان برابر توان مدار اولیه باشد
۳) شدت جریان بیشتر از شدت جریان مدار اولیه باشد
۴) ولتاژ بیشتر از ولتاژ اولیه باشد

گروه آزمایش علوم تجربی

۲۵۱ ــ متحرکی که بدون سرعت اولیه و با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند در ثانیه سوم حرکت چند برابر ثانیه اول می‌پیماید؟

۱) ۱
۲) ۴
۳) ۵
۴) ۹

۲۵۲ ــ اتومبیلی به جرم ۹۰۰ کیلوگرم با سرعت ۲۰ متر بر ثانیه در حرکت است. نیروی بازدارنده‌ای که بتواند پس از ۶ ثانیه این اتومبیل را متوقف کند چند نیوتن است؟

۱) ۱۵۰۰
۲) ۳۰۰۰
۳) ۱۵۰۰۰
۴) ۳۰۰۰۰

۲۵۳ ــ جسمی بدون سرعت اولیه از ارتفاع ۴ متری سقوط می‌کند. اگر ۲۰٪ انرژی جسم برای جبران مقاومت هوا تلف شود سرعت جسم در لحظهٔ رسیدن به زمین چند متر برثانیه‌است؟ $g = ۱۰ m/s^۲$

۱) ۴
۲) $۴\sqrt{۲}$
۳) ۸
۴) ۹

۲۵۴ ــ در حرکت یکنواخت بر خط راست سرعت متوسط:

۱) برابر سرعت لحظه‌ای است
۲) بزرگتر از سرعت لحظه‌ای است
۳) برابر صفر است
۴) کوچکتر از سرعت لحظه‌ای است

۲۵۵ ــ جسمی بوزن ۸ نیوتن از بالای سطح شیبدار بدون اصطکاکی که با افق زاویهٔ ۳۰ می‌سازد بطرف پائین سطح می‌لغزد. اگر ارتفاع سقوط جسم ۲/۵

متر باشد، کار نیروی جاذبهٔ زمین بر روی جسم چند ژول است؟

۱) ۱۰

۲) ۳۰

۳) ۴۰

۴) ۵۰

۲۵۶ ــ دو جسم به جرمهای m_1 و $m_2 = 3m_1$ که حرکت انتقالی دارند دارای اندازهٔ حرکت مساوی می‌باشند. اگر انرژی جنبشی آنها به ترتیب E_1 و E_2 باشد، کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

۱) $E_1 = 3E_2$

۲) $E_2 = 3E_1$

۳) $E_1 = 9E_2$

۴) $E_2 = 9E_1$

۲۵۷ ــ چند لولهٔ خیلی باریک با قطرهای داخلی متفاوت را بطور عمود وارد ظرف آبی می‌کنیم. سطح آب درون لوله‌ها چگونه است؟

۱) در سطوح مختلف و همه بالاتر از سطح آب ظرف

۲) در سطوح مختلف و همه پائین‌تر از سطح آب ظرف

۳) در یک سطح و بالاتر از سطح آب ظرف

۴) در تمام لوله‌ها همسطح آب ظرف

۲۵۸ ــ در دیوارهٔ یک کشتی سوراخی به مساحت ۵ سانتیمتر مربع در عمق ۴ متری ایجاد شده است. اگر جرم حجمی آب دریا $1030 kg/m^3$ باشد، حداقل نیرو برای جلوگیری از ورود آب به کشتی بر حسب نیوتن به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟

۱) ۲۱

۲) ۵۱/۵

۳) ۲۰۶

۴) ۲۰۶۰

۲۵۹ ــ طول یک میلهٔ فلزی به ضریب انبساط $2 \times 10^{-5}/^\circ c$ در دمای صفر درجه سلسیوس برابر ۲ متر است. اگر دمای میله ۱۰۰ درجه سلسیوس افزایش یابد، افزایش طول آن چند سانتیمتر خواهد بود؟

۱) ۰/۰۰۴

۲) ۰/۰۴

۳) ۰/۴

۴) ۴

۲۶۰ ــ دو هواپیما با سرعت‌های ۶۰۰ و ۸۰۰ کیلومتر بر ساعت همزمان از یک فرودگاه به مقصد فرودگاه دیگری بفاصلهٔ ۱۲۰۰ کیلومتر پرواز می‌کنند، هواپیمای سریعتر چند دقیقه زودتر می‌رسد؟

۱) ۱۵

۲) ۲۰

۳) ۳۰

۴) ۴۰

۲۶۱ ــ قطعه‌ای از یک آلیاژ به حجم ۲۵ سانتیمتر مکعب در آب ۳۲۵ گرم نیرو وزن دارد، وزن آن در هوا چند گرم نیرو است؟

۱) ۲۵

۲) ۳۰۰

۳) ۳۵۰

۴) ۵۷۵

۲۶۲ ــ دو گلوله فلزی یکسان دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +10$ میکروکولن و $q_2 = -2$ میکروکولن روی دو پایهٔ عایق نصب شده‌اند، هرگاه این دو گلوله را با هم تماس دهیم و از یکدیگر جدا سازیم بار الکتریکی هر گلوله چند میکروکولن میشود؟

۱) ۱۲

۲) ۸

۳) ۶

۴) ۴

۲۶۳ ــ یک انباره سربی به نیروی محرکه ۲/۲ ولت میتواند جریانی به شدت ۴ آمپر در مدت ۱۰ ساعت تولید کند. انرژی ذخیره شده در این انباره چند ژول است؟

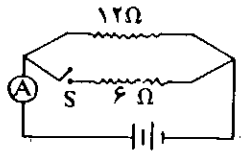
۱) ۵۲۸۰

۲) ۱۴۴۰۰

۳) ۳۱۶۸۰

۴) ۳۱۶۸۰۰

۲۶۴ ــ در شکل مقابل که مقاومت داخلی مولد و مقاومت آمپرسنج ناچیز است آمپرسنج ۱/۵ آمپر را نشان می‌دهد. اگر کلید S را ببندیم آمپرسنج چند آمپر نشان می‌دهد؟



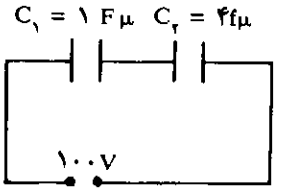
۱) ۰/۵

۲) ۱

۳) ۳

۴) ۴/۵

۲۶۵ ــ در شکل مقابل نسبت انرژی ذخیره شده در خازن C_1 به انرژی ذخیره شده در خازن C_2 کدام است؟



۱) $\frac{1}{16}$

۲) $\frac{1}{4}$

۳) ۴

۴) ۱۶

۲۶۶ ــ یک مقاومت اهمی و یک سلف را بطور متوالی در مدار جریان متناوبی با ولتاژ مؤثر ۱۰۰ ولت قرار میدهیم. ولتمتری اختلاف پتانسیل مؤثر دو سر مقاومت را ۶۰ ولت میخواند، اختلاف پتانسیل مؤثر دو سر سلف چند ولت است؟

۱) ۴۰

۲) ۶۰

۳) ۸۰

۴) ۱۴۰

۲۵۷ ــ بین دو سر خازن متغیری ولتاژ متناوبی برقرار شده است. اگر ظرفیت خازن

را تغییر دهیم چه تغییری در اختلاف فاز بین شدت جریان و اختلاف پتانسیل حاصل میشود؟

۱) تغییری حاصل نمی‌شود

۲) زیاد میشود

۳) کم میشود

۴) در جهت عکس تغییر ظرفیت تغییر میکند

۲۶۸ ــ از سیم راستی جریان پیوسته ۵ آمپری می‌گذرد. اندازهٔ شدت میدان مغناطیسی در فاصلهٔ یک سانتی‌متری از سیم چند تسلا است؟

۱) 10^{-6}

۲) 10^{-5}

۳) 10^{-4}

۴) 10^{-3}

۲۶۹ ــ اگر فاصلهٔ جسم حقیقی تا آئینه محدب ۲ برابر شعاع آئینه باشد، بزرگنمائی آئینه برابر خواهد بود با:

۱) ۰/۲

۲) ۰/۳

۳) ۰/۴

۴) ۰/۵

۲۷۰ ــ اگر دمای مقداری جیوه از ۲۰ درجه سلسیوس به ۴۰ درجه سلسیوس برسد، جرم حجمی آن:

۱) اندکی افزایش می‌یابد

۲) اندکی کاهش می‌یابد

۳) نصف میشود

۴) دو برابر می‌شود

۲۷۱ ــ یک تیغه متوازی السطوح به ضریب شکست n_1 در محیط شفافی به ضریب شکست n_2 قرار دارد. اگر یکسته پرتو با زاویهٔ تابش معین به این بتابد زاویهٔ خروجی آن:

۱) بستگی به n_1 و n_2 دارد

۲) بستگی به n_1 و n_2 ندارد

۳) فقط بستگی به n_1 دارد

۴) فقط بستگی به n_2 دارد

۲۷۲ ــ عدسی یک دوربین عکاسی ساده برای اجسام دور میزان و فاصلهٔ آن از فیلم ۴۰ میلیمتر است. اگر بخواهیم با این دوربین از جسمی در فاصلهٔ ۸۴ سانتیمتری عدسی عکس واضحی بگیریم باید عدسی نسبت به فیلم چه تغییر مکانی پیدا کند؟

۱) ۰/۴ میلی‌متر از آن دور شود

۲) ۲ میلی‌متر از آن دور شود

۳) ۰/۴ میلی‌متر به آن نزدیک شود

۴) ۲ میلی‌متر به آن نزدیک شود

۲۷۳ ــ در آزمایش یانگ با نور تک رنگ، نقاط واقع بر روی دومین نوار تاریک تا دو شکاف نورانی چقدر اختلاف راه دارند؟

۱) $\frac{\lambda}{4}$

۲) $\frac{\lambda}{2}$

۳) $\frac{\lambda}{4}$ ۳

۴) $\frac{\lambda}{2}$ ۳

۲۷۴ ــ سیمی به طول l و به جرم m با نیروی F و سیم دیگری به طول 2l و جرم $\frac{m}{12}$ با نیروی 4F که بین دو نقطهٔ ثابت کشیده شده‌اند مرتعش می‌شوند سرعت انتشار امواج عرضی در سیم دوم چند برابر این سرعت در سیم اول است؟

۱) ۲

۲) ۴

۳) ۸

۴) ۱۶

۲۷۵ ــ دو صوت با فرکانسهای متفاوت در یک نقطه تولید و در هوا منتشر میشوند. طول موج آنها در هوا:

۱) با هم برابر است

۲) متناسب با فرکانش آنهاست

۳) متناسب با جذر فرکانس آنهاست

۴) متناسب با عکس فرکانس آنهاست

۲۷۶ ــ اگر دامنهٔ ارتعاشات یک منبع ارتعاشی دو برابر شود، سرعت انتشار امواج در محیط چه تغییری میکند؟

۱) تغییر نمی‌کند

۲) نصف میشود

۳) دو برابر میشود

۴) چهار برابر میشود

۲۷۷ ــ جرم حجمی یک گاز کامل با فشار و دمای مطلق آن به ترتیب چه نسبتی دارد؟

۱) مستقیم، مستقیم

۲) مستقیم، معکوس

۳) معکوس، مستقیم

۴) معکوس، معکوس

۲۷۸ ــ انرژی فوتونی با طول موج ۶۶۰۰ آنگستروم چند ژول است؟ (سرعت نور در خلاء 3×10^8 متر بر ثانیه و ضریب پلانک $6/6 \times 10^{-34}$ ژول. ثانیه می‌باشد).

۱) $2/2 \times 10^{-19}$

۲) 3×10^{-19}

۳) $6/6 \times 10^{-19}$

۴) $14/5 \times 10^{-19}$

۲۷۹ ــ کدامیک از خواص اشعهٔ کاتودیک نشان می‌دهد که جنس آن با جنس پرتوهای نور متفاوت است؟

۱) انحراف در میدان مغناطیسی

۲) ایجاد فلئورسانس در بعضی اجسام

۳) به حرکت درآوردن چرخ پره‌دار

۴) جذب بوسیلهٔ اجسام جامد.

۲۸۰ ــ اگر نقطه‌ای نورانی را روی محور اصلی یک عدسی و اگر از فاصلهٔ بسیار دور تا کانون عدسی جابجا کنیم تصویر آن در عدسی در چه فاصله جابجا میشود؟

۱) از کانون تا سطح عدسی

۲) از کانون تانصف فاصلهٔ کانونی

۳)ازکانون تا دو برابر فاصلهٔکانونی

۴) از کانون تا فاصلهٔ بسیار دور

اخبار علمی و فرهنگی

جرم و ترازو●

جرم از خواص بنیادی ماده است. جرم هر جسمی را معمولاً با توزین آن در میدان گرانی به وسیلهٔ ترازوی فنری، یا ترازوی تجزیه، تعیین می‌کنند. از تقسیم وزن اندازه‌گیری شده بر شدت گرانی (شتاب ثقل) مقدار جرم به دست می‌آید. اخیراً وسیله‌ای اختراع شده است که جرم ذرات ریز را بدون اتکا به گرانی اندازه می‌گیرد. این وسیله مخصوصاً برای اندازه‌گیری جرم ذرات گاز مناسب است.

دستگاه جدید از یک لوله شیشه‌ای تو خالی مخروطی شکل تشکیل شده است. لوله به یک پمپ تخلیه وصل است. در انتهای باریک آن یک صافی قرار دارد. برای اندازه‌گیری جرم ذرات انتهای باریک را، درست مثل دیاپازون، با بسامد خاصی به ارتعاش در می‌آورند. سپس پمپ خلأ را روشن می‌کنند تا ذرات را به داخل صافی بکشانند. ذرات در داخل صافی جمع می‌شوند. تجمع ذرات در داخل صافی، باعث میرایی ارتعاش قسمت باریک لوله می‌شود. با تعیین دقیق بسامد ارتعاش می‌توان جرم ذرات جمع شده را پیدا کرد.

این دستگاه که به وسیلهٔ هاروی پاتاشنیک* و گئورگ روپرشت** ساخته شده است، قریباً به بازار عرضه خواهد شد و انتظار می‌رود که در آینده کاربردهای فراوانی پیدا کند. تاکنون از آن برای تنظیم میزان گاز خروجی موتورهای دیزل و توربین و تعیین دود حاصل از سوختن مواد استفاده شده است. در آینده می‌توان با این ترازو میزان کربن حاصل از نیروگاههایی را که زغال سنگ مصرف می‌کنند سنجید و با دقتی بی‌سابقه جرم ذرات موجود در دنبالهٔ ستاره‌های دنباله‌دار را تعیین کرد.

●Sci Am, September 1986, 67

* Harvey Patashnick

** Georg Rupprecht

تله‌ای برای پاد ماده

اصول تقارن و قوانین نظریهٔ کوانتومی همه حکایت از آن دارند که بر هم کنش میان پادذره‌ها، اساساً همانند بر هم کنش میان ذرات است. از نتایج اکید قضیهٔ معروف CPT یکی هم تساوی جرم هر ذره با جرم پادذره متناظر است. به اعتبار این اصول تقارن، ایجاد پاد اتم ــ اتمی که در آن به جای الکترون، پروتون و نوترون پادذره‌های آنها قرار گرفته باشد ــ باید امکان‌پذیر باشد. گر چه آزمایش تاکنون مؤید تقارن ذره ــ پادذره بوده، و حتی هسته‌های پاددوتریوم و پادهلیوم ۳ در آزمایشگاه ساخته شده است، ولی تحقیق برقراری اکید برخی از اصول تقارنی نیازمند دقتی بسیار بیشتر است.

فیزیکدانان برای آنکه بتوانند پادماده را به دقت بررسی کنند، نخست باید آن را کند کنند و حتی متوقف سازند. انرژی و سرعت پادذراتی که از شتابگرهای عظیم کنونی خارج می‌شود، بسیار زیاد است. ایجاد پادپروتون به تعداد زیاد، به وسیلهٔ شتابگرهای پر توان پروتونی سبب شده است که مسئلهٔ کند کردن این ذرات، فکری عملی و مفید شمرده شود. از این رو در آزمایشگاه سرن در ژنو دستگاهی ساخته شده است موسوم به «حلقهٔ پادپروتونهای کم‌انرژی» (LEAR) که پادپروتونهایی با چندین جیگاالکترون ولت انرژی را «سرد» می‌کند و انرژی آنها را به ۲۱/۳ مگاالکترون ولت می‌رساند. اخیراً گروهی متشکل از پژوهشگران دانشگاه واشینگتن (سیاتل)، فرمی لب (ایلینویز) و دانشگاه ماینتس (آلمان)، در سرن موفق شده‌اند این پادپروتونها را به دام بیندازند. [گروه دانشگاه واشینگتن در سال گذشته توانسته بود با به دام انداختن پروتون، الکترون و پوزیترون در «تلهٔ پنینگ» اندازه‌گیریهای بسیار دقیقی روی آنها انجام بدهد.]

در این آزمایش، پادپروتونهایی که از LEAR خارج می‌شوند نخست از «تنزل دهنده»ای گذرانده می‌شوند که از بریلیوم ساخته شده است. در «تنزل دهنده»، پادپروتونها با الکترونها برخورد می‌کنند و انرژی خود را از دست می‌دهند. در این میان بیشتر از نیمی از پادپروتونها از میان می‌روند و بقیه، انرژیشان تا حدود ۱ کیلوالکترون ولت کاهش می‌یابد. کسر کوچکی از این پادپروتونهای باقیمانده است که در نوع مخصوصی «تلهٔ پنینگ» به دام انداخته می‌شود.

«تلهٔ پنینگ» متشکل از سه الکترود است. هر الکترود استوانه‌ای است تخلیه شده، که میدانی مغناطیسی در امتداد محور آن اعمال شده است. پادپروتونهای کم انرژی مسیرهایی

مارپیچی حول خطوط میدان می‌پیمایند. سه الکترود را به ترتیب کلاهکهای ورودی، میانی و خروجی می‌نامند. وقتی پادپروتون وارد تله می‌شود، کلاهکهای ورودی و میانی به زمین وصل‌اند (پتانسیل صفر) و پتانسیل کلاهک خروجی ۳۰۰۰ ولت است، پادپروتونهایی که انرژیشان کمتر از ۳ کیلوالکترون ولت است، وقتی به ناحیهٔ کلاهک خروجی می‌رسند، بر گردانده می‌شوند. پس از ۳۰۰۰ نانو ثانیه، قبل از آنکه پادپروتونها به انتهای دیگر تله برسند، پتانسیل کلاهک ورودی به ۳۰۰۰ ولت سقوط می‌کند. بدین طریق پادپروتونها به «تله» می‌افتند.

در نخستین دور مقدماتی آزمایش، پادذره‌ها به مدت ده دقیقه در تله ماندند. آزمایشگران امیدوارند که این زمان را بسیار طولانی‌تر کنند. برای خارج کردن پادپروتونها کافی است پتانسیل کلاهک خروجی صفر شود. آزمایش در دمای ۱۱ کلوین و تقریباً در خلأ کامل انجام می‌گیرد.

نخستین آزمایشی که طرح کامل آن ریخته شده است و سال آینده انجام خواهد شد، اندازه‌گیری جرم پادپروتون و مقایسهٔ آن با جرم پروتون است. اندازهٔ شعاع انحنای مسیر ذرهٔ باردار در میدان مغناطیسی به جرم ذره بستگی دارد. از این‌رو مقایسهٔ مسیر پروتونها و پادپروتونها، اندازه‌گیری مستقیم و بسیار دقیق نسبت جرمهای لختی این دو ذره را میسر می‌سازد. آزمایشگران امیدوارند که ز این راه به دقتی صدها بار بیش از دقت ارقام موجود دست یابند، و این آزمون با اهمیتی برای ناوردایی CPT به شمار می‌رود.

آزمایش دیگری که می‌توان با پادپروتونهای بدام افتاده انجام داد، ساختن پادهیدروژن است. برای این کار باید پوزیترونهای کم انرژی را با پادپروتونهای بدام افتاده آمیخت. آنگاه می‌توان تحقیق کرد که: آیا ساختمان پادهیدروژن دقیقاً تصویر آینه‌ای هیدروژن است؟ آیا سقوط پادماده (به صورت اتمهای خنثای پادهیدروژن) در میدان گرانش درست مانند سقوط ماده است؟

حوزهٔ تحقیق دیگر، مطالعهٔ برهم کنش قوی پادپروتون ــ پادپروتون و پادپروتون ــ پروتون است. بدین طریق می‌توان شدت این برهم کنشها را با برهم کنشهای پروتون ــ پروتون مقایسه کرد و دقت تقارن بار در برهم کنشهای قوی را تحقیق کرد.

مراجع

1. G Gabriesle, et al, November 1986, phys Rev Lett, 57, 2504

2. BSchwantzschild, September 1986, Physics Today 191

3. DEThomsen, 24 November 1986, Science News, 130 -340.

نیروی پنجم

از خبرهای هیجان‌انگیز فیزیک در سال گذشته مقاله‌ای بود از فیشباخ (دانشگاه پردو) و همکارانش که در شمارهٔ ۶ ژانویهٔ ۱۹۸۶ Phys Rev Lett منتشر شد.[1] ادعای آنان، درصورتی که تأیید شود، یکی از حوادث نادر و در عین حال مهم فیزیک به شمار خواهد رفت. فیشباخ و همکارانش در نتایج منتشر شدهٔ آزمایش معروف اتووش، که ۶۴ سال پیش انجام شده، نشانه‌هایی از یک نیروی ناشناخته را یافته‌اند که اگر قرائن دیگر تأییدش کنند، پنجمین نیروی بنیادی طبیعت خواهد بود. فیزیکدانان پدیده‌های طبیعت را بر اساس چهار نیرو توضیح می‌دهند. این چهار نیرو از نظر شدت و برد و حیطهٔ تظاهر متفاوت‌اند: (۱) ضعیفترین آنها نیروی گرانش است که همواره از نوع جاذبه است، و بلندبرد است، از همین رو پدیده‌های زمینی و نجومی تابع این نیرو است. (۲) نیروی الکترو مغناطیسی که ذرات باردار بر هم وارد می‌آورند و بسته به نوع بارها، جاذبه یا دافعه است. این نیرو نیز اساساً بلندبرد است (۳) نیروی ضعیف هسته‌ای، که دارای شدت کم و برد کوتاه است. این نیرو واپاشی هسته‌ای و پدیدهٔ رادیواکتیویته را توضیح می‌دهد. (۴) نیروی چهارم نیروی قوی هسته‌ای است که بردش کوتاه و شدتش زیاد است، و اجزای هسته را به هم می‌پیوندد و نقشی عمده در دینامیک ذرات بنیادی دارد.

دانشمندان در چند سال گذشته کوشیده‌اند که این چهار نیرو را وحدت بخشند و چارچوب مفهومی واحدی برای توصیف آنها بیابند. اگر نتیجه‌گیری فیشباخ و همکارانش تأیید شود و واقعاً نیروی پنجمی وجود داشته باشد، باید تجدیدنظری در تصویر کنونی و پدیده شناسی نظریه‌های ارائه شده (کالوتزاکلاین، ریسمانها) صورت بگیرد.

اما جای این نیروی پنجم، در طبقه‌بندی بالا، کجاست؟ چه شد که به فکر آن افتادند؟ سالهاست که از اندازه‌گیریهای ژئوفیزیکی میدان گرانش زمین مقادیری به دست می‌آید که از آنچه بر اساس اندازه‌گیریهای ثابت نیوتون در آزمایشگاه پیش‌بینی می‌شود، کمتر است.[2]

$G_{lab}=۶/۶۷۲\times۱۰^{-۱۱}m^{۳}kg^{-۱}s^{-۲}$

$G_{geo}=(۶/۷۳۴\pm۰/۰۰۲)\times۱۰^{-۱۱}m^{۳}kg^{-۱}s^{-۲}$

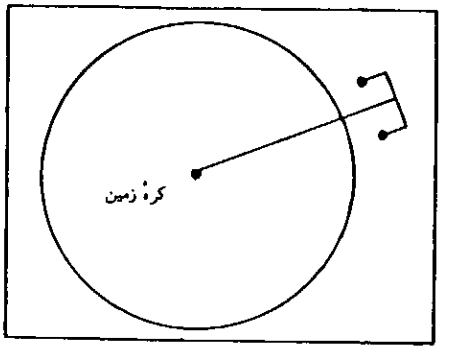
تکرار اندازه‌گیریها این تصور را که اختلاف بالا ناشی از خطای سیستماتیک آزمایش باشد مردود می‌سازد. اولین فکری که به ذهن می‌رسد این است که اختلاف را ناشی از نیروی نامعلومی بدانیم که عملاً شدت نیروی گرانش را در فاصله‌های کم (آزمایشگاهی) کاهش می‌دهد. این نیرو باید نیرویی باشد (۱) با شدت کم، چون G مؤثر با فاصله چندان تغییر نمی‌کند، (۲) با برد نسبتاً کوتاه، چون اثر نیرو در فواصل آزمایشگاهی ظاهر می‌شود، و (۳) دافعهٔ میان اجسام متعارف، تا اثرش در فواصل کم به صورت کاهش G ظاهر شود. از آنجا که اختلاف فوق از مقایسهٔ اندازه‌گیری در فواصل آزمایشگاهی

G_{lab} و اندازه‌گیری در ابعاد زمینی G_{geo} حاصل شده است، برد این نیرو باید قابل مقایسه با فواصل در آزمایش کاوندیش (اندازه‌گیری G) باشد.

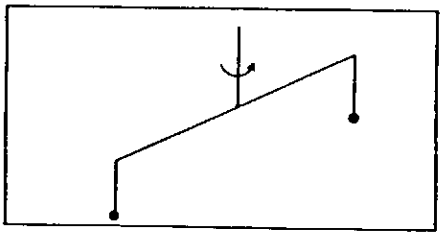
جدول ۱. نیروهای بنیادی

	شدت	برد
نیروی پنجم	کم(10^{-22})	متوسط
گرانش	کم(10^{-40})	بلند
الکترومغناطیس	متوسط(10^{-2})	بلند
ضعیف هسته‌ای	کم(10^{-5})	کوتاه
قوی هسته‌ای	زیاد(۱)	کوتاه

فیشباخ و همکارانش استدلال می‌کنند که اگر این نیرو به جرم بستگی نداشته باشد، یعنی از نوع گرانش نیوتونی یا اینشتینی نباشد، اثرات آن را باید بتوان در آزمایش معروف اتووش مشاهده کرد. غرض از آزمایش اتووش، که آخرین بار در سال ۱۹۲۲ توسط اتووش، پکار، وفکته[۳] انجام شد، تحقیق در برابری جرمهای گرانشی و لختی بود. اتووش این آزمایش را به دفعات تکرار کرد و هر بار بر دقت آن افزود.



ابتدا به اختصار معنی اصل هم‌ارزی یعنی برابری جرم لختی و جرم گرانشی را توضیح می‌دهیم. جرم گرانشی کمیتی است که در قانون گرانش نیوتون وارد می‌شود و تعیین کنندهٔ شدت نیروی گرانشی است که دو جسم بر یکدیگر وارد می‌کنند. جرم لختی جرمی است که در قانون دوم نیوتون وارد می‌شود و شتاب جسم را در اثر نیروی وارد بر آن تعیین می‌کند. یکاهای این دو کمیت را می‌توان چنان انتخاب کرد که از لحاظ عددی، برای یک مادهٔ معین، برابر باشند. البته دلیلی وجود ندارد که این دو عدد برای انواع دیگر ماده نیز یکی باشد، ولی تجربه نشان می‌دهد که ظاهراً چنین است. این برابری جرمهای گرانشی و لختی از شگفت‌انگیزترین پدیده‌های طبیعت است که به ساده‌ترین صورت در آزمایش معروف گالیله نشان داده شد.



شکل ۲

اگر این اصل هم‌ارزی صادق نباشد شتاب مؤثر سقوط اجسام مختلف در سطح زمین (که معلول نیروی گرانش زمین و نیروی ظاهری گریز از مرکز ناشی از چرخش زمین است) متفاوت خواهد بود. از این‌رو اگر دو جسم a و b، از دو جنس مختلف، در دو کفهٔ یک ترازو قرار گیرند، درنتیجهٔ اختلاف شتاب سقوطشان، گشتاوری حول محور ترازو بر کل دستگاه وارد می‌آید که می‌توان آن را اندازه گرفت . نتیجهٔ آزمایش اتووش نشان داده بود که شتاب هر دو جسم با دقت $\Delta a/g < 10^{-8}$ یکی است.

فیشباخ و همکارانش در بررسی دوبارهٔ این آزمایش متوجه شدند که کمیت $\Delta k = \Delta a/g$، با آنکه بسیار کوچک و در حدود خطای آزمایش است، به نحوی سیستماتیک بستگی به جنس دو جسم a و b دارد.

در تحلیل جدید آزمایش اتووش، اعتقاد به درستی اصل هم‌ارزی همچنان پابرجاست و اثر سیستماتیک بالا به نیروی پنجمی نسبت داده می‌شود که احتمالاً همان نیرویی است که اختلاف اندازه‌گیریهای زمین شناختی G را با اندازه‌گیریهای آزمایشگاهی آن موجب می‌شود. فرض کنید پتانسیل میان دو جسم، به جای اینکه صرفاً پتانسیل نیوتونی باشد، به صورت

$$V(r) = -G_{\infty}\frac{m_1 m_2}{r}(1+\alpha e^{-r/\lambda})$$
$$= V_N + \Delta V$$

باشد. تحلیل آزمایش اتووش به این نتیجه می‌انجامد که α متناسب با حاصل‌ضرب نسبت عددهای باریونی به جرمهای دو جسم مورد نظر است. اختلاف شتاب اجسام a و b در آزمایش اتووش برابر

$$\frac{\Delta a}{g} = \frac{-2\alpha}{1+\alpha}\frac{m_e^2}{m_H^2}\left(\frac{B_a}{\mu_a}-\frac{B_b}{\mu_b}\right)\left(\frac{B_e}{\mu_e}-\frac{B_t}{\mu_t}\right)$$
$$\times\frac{(1+R/\lambda)e^{-R/\lambda}(R/\lambda\cosh R/\lambda-\sinh R/\lambda)}{(R/\lambda)^2}$$

خواهد بود که در آن m_p جرم پروتون، m_H جرم اتم هیدروژن، B_a و B_b به ترتیب اعداد باریونی یک مولکول یا اتم اجسام a و b و μ_a و μ_b جرم مولکولی یا اتمی آنهاست. B_i/μ_i نسبت عدد باریونی زمین به جرم زمین است و به منظور فعلی می‌توان آن را برابر ۱ اختیار کرد. R شعاع زمین و λ برد نیروی فرضی است. نتیجه می‌شود.

$$\frac{\Delta\alpha}{g} = C\Delta(B/\mu)$$

که در آن C مقداری ثابت و مستقل از نوع دو مادهٔ a و b است.

موادمقایسه‌شده	$10^8\Delta k$	$10^2\Delta(B/\mu)$
مس-پلاتین	۰٫۲ ± ۰٫۲	۰٫۹۴
ماگنالیوم-پلاتین	۱٫۰ ± ۰٫۴	۰٫۵
آسبست-مس	۰٫۲ ± ۰٫۳	-۰٫۷۴
کات کبود-مس	۰٫۲ ± ۰٫۵	-۰٫۸۶
محلول اسید سولفوریک-مس	۰٫۲ ± ۰٫۷	-۱٫۴۲
آب-مس	۰٫۲ ± ۱٫۰	-۱٫۷۱

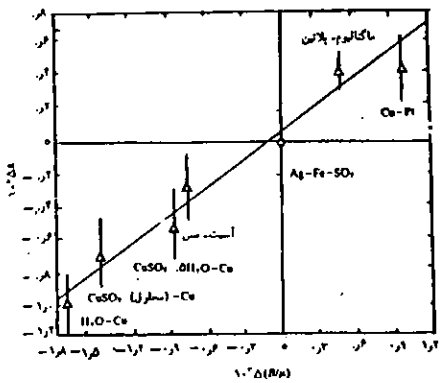
جدول ۲. خلاصهٔ نتایج اتووش برای Δk و مقادیر محاسبه شدهٔ $\Delta(B/\mu)$

نکتهٔ جالب توجه آن است که خطای سیستماتیک آزمایش اتووش کم و بیش از قانون فوق پیروی می‌کند. شکل ۱ و جدول ۲

(به نقل از فیشباخ و دیگران) از تحلیل آزمایش اتووش مقادیر زیر برای α و λ به دست می‌آید.

$\alpha = -(7/2 \pm 3/6) \times 10^{-3}$ و $\lambda = 200 \pm 55$ m

ظاهراً تا آنجا که به تحلیل دربارهٔ آزمایش اتووش مربوط می‌شود، دیگران نیز با فیشباخ و همکارانش هم عقیده‌اند. ولی انتساب این اثر سیستماتیک به وجود نیروی پنجم مورد توافق همگان نیست. برخی عقیده دارند که این اثر می‌تواند خطایی سیستماتیک باشد. مثلاً دیکی و چو[2] آن را محتملاً ناشی از گرادیان دما در آزمایشگاه و معلول وزش نسیم بسیار ملایمی از سویی به سوی دیگر می‌دانند. فیشباخ و همکارانش این نظر را رد کرده‌اند و استدلال کرده‌اند که به دلیل تکرار آزمایش در شرایط متفاوت آزمایشگاه چنین اثر سیستماتیکی محتمل نیست.



به هر حال باید منتظر تکرار دقیقتر آزمایش اتووش بود تا بتوان با قطعیت بیشتری راجع به وجود یا عدم نیروی پنجم اظهارنظر کرد.

1. E Fischbach, D Sudarsky, A Szafer, C Talmadge, 1986. phys Rev Lell, 56, 3
2. F D Stacey, G J Tuck, 1981, Nature, 292, 230; S C Holding, G J Tuck, 1984, Nature, 307. 714.
3. R V Eotvos, S Pekar, E Fekete, 1922, Ann Phys (Leipzig), 68, 11)
4. R H Dickc, 1986, Phys Rev, 57, 1923.

نقل از مجله فیزیک

شماره ۴ ــ زمستان ۱۳۶۵

همکاری وزارت آموزش و پرورش با انجمن فیزیک ایران

نامهٔ زیر در پاسخ به همکاریهای فی‌مابین وزارت آموزش و پرورش و انجمن فیزیک ایران ارسال شده است.

جناب آقای دکتر حدادعادل ــ ریاست محترم
دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی وزارت آموزش و پرورش

احتراماً، بدینوسیله از طرف هیئت‌مدیره و اعضای انجمن فیزیک ایران از برگزاری نمایشگاه کتب قدیمی آموزش و پرورش در کنفرانس فیزیک ایران در شیراز صمیمانه تشکر می‌کنم. همچنین قراردادن امکانات خوابگاهی در اختیار دبیران آموزش و پرورش که در کنفرانس شرکت داشتند مناسب تقدیر است و اگرچه امسال به علت کفایت خوابگاههای دانشگاه شیراز از این امکانات استفاده نشد ولی در سالهای آینده مسلماً کمک آموزش و پرورش موردنیاز خواهد بود.

منیژه رهبر
دبیر انجمن فیزیک ایران

«راه‌اندازی آزمایشگاه فیزیک»

آزمایشگاه فیزیک گروه فیزیک دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی برای اوّلین بار در کشور در محل این گروه تجهیز و راه‌اندازی شد. هدف کلی از تشکیل آزمایشگاه، انجام تمامی آزمایشهایی است که بنحوی در کتب درسی پایه‌ها و رشته‌های مختلف دوج شده و یا آنکه در تألیفات بعمل آورده خواهد شد.

امید آنکه از این پس کلیه آزمایشهای مندرج در کتب درسی پس از انجام و تأئید با تصویری که در محل آزمایشگا تهیه میشود در کتب درسی چاپ و منتشر شود و مسائل گوناگون مربوط به انجام آزمایش و نحوهٔ کار با وسایل بنحو مطلوبی حل گردد.

«مجلهٔ علوم دانشگاه تهران»

شمارهٔ ۱ و ۲ بهار و تابستان ۱۳۶۵ مجله علوم دانشگاه تهران در یک جلد منتشر شد. انتشار این مجله را به برادردکترخسروخسرو تهرانی سردبیر و مدیر مسئول و برادر دکتر عزت الله ارضی مدیر اجرای مجله تبریک میگوئیم. و از درگاه خداوند هستی‌بخش توفیق هرچه بیشتر ایشان را در این راه علمی و فرهنگی مسئلت داریم.

لازم به تذکر است که مجلهٔ علوم دانشگاه تهران قبلاً با نام نشریه دانشکده علوم دانشگاه تهران چاپ و منتشر میشده است.

قانون بقای اندازه حرکت خطی و آشفتگی کتابهای کمک درسی

سید جعفر مهرداد

در فصل ۸ صفحه ۱۷۴ پرسش شماره ۱۷ مکانیک سال چهارم ریاضی و فیزیک می‌خوانیم: «توضیح دهید که قانون بقای اندازه حرکت درباره یک توپ تنیس که به دیوار می‌خورد و برمی‌گردد چگونه به کار می‌رود؟».

در کتابهای کمک درسی* عموماً به پاسخ زیر برخورد می‌کنید.

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

میدانیم $v_2 = 0$ و چون جرم دیوار زیاد است v_2' نیز برابر صفر است پس

$$m_1v_1 + m_2 \times 0 = m_1v_1 + m_2 \times 0$$

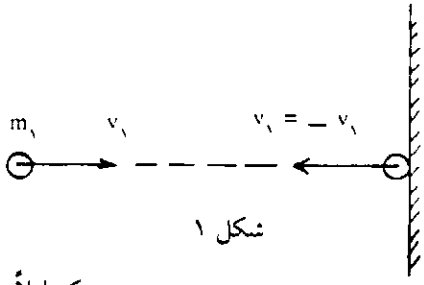
$$m_1v_1 = m_1v_1 \Longrightarrow v_1 = v_1$$

این استدلال و پاسخ نادرست است. زیرا می‌دانیم که رابطه مربوط به قانون بقای اندازه حرکت یک رابطه‌برداری و در مورد توپ و دیوار به صورت زیر است:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$$

با استدلال مذکور $\vec{v}_1 = \vec{v}_1'$ یعنی اندازه و سوی تندی توپ قبل و بعد از برخورد به دیوار یکسان است. نادرستی این نتیجه بدیهی است.

این پرسش اقتباس از صفحه ۲۳۳ فیزیک هالیدی جلد اول چاپ ۱۹۶۶ و پاسخ درست آن به صورت زیر است:



شکل ۱

می‌دانیم در برخورد روبرو و کاملاً الاستیک دو جسم به جرم m_1 و m_2 هرگاه **اندازه جبری تندی** آنها روی محور افقی به ترتیب قبل از برخورد v_1 و $v_2 = 0$ و بعد از برخورد v_1' و v_2' باشد با توجه به قانون بقای اندازه حرکت و بقای انرژی جنبشی خواهیم داشت: (کتاب درسی فصل ۸)

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1$$

توجه به دو رابطه اخیر پاسخ درست و کامل پرسش ۱۷ را بیان می‌کند به شرح زیر:

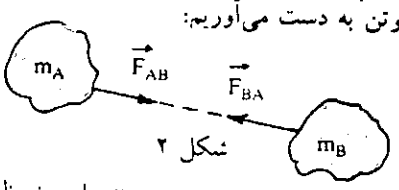
هرگاه جرم توپ m_1 و جرم دیوار m_2 باشد چون $m_1 << m_2$ است می‌توان فرض کرد که $\frac{m_1}{m_2}$ به صفر نزدیک می‌شود بنابراین نتیجه می‌گیریم:

$$V_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1 = \frac{\frac{m_1}{m_2} - 1}{\frac{m_1}{m_2} + 1} v_1 \simeq -v_1$$

$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_2 \simeq 0$$

بنابراین اگر توپی به دیواری برخورد کند عملاً تندی دیوار ثابت می‌ماند یعنی $v_2 = v_2' = 0$ است ولی توپ در امتداد حرکت قبل از برخورد در خلاف جهت حرکت اولیه با همان سرعت برمی‌گردد. (شکل ۱)

برای آشنایی بیشتر با قانون بقای اندازه حرکت خطی شرح زیر مفید به نظر می‌رسد. در این مختصر این قانون را از قوانین حرکت نیوتن به دست می‌آوریم:



شکل ۲

دو جسم به جرم m_A و m_B را در نظر می‌گیریم. $\vec{F}_{AB}$ نیرویی است که به وسیله جسم B بر جسم A و $\vec{F}_{BA}$ نیرویی است که به وسیله جسم A بر جسم B وارد می‌شود. (مثلاً نیروی جاذبه نیوتنی یا نیروی دیگر مطابق شکل ۲) فرض می‌کنیم بر این دو جسم هیچ نیروی دیگری از خارج وارد نمی‌گردد بنابراین این دو جسم یک دستگاه منفرد تشکیل می‌دهند. بنا به قانون سوم نیوتن نیروهای F_{AB} و F_{BA} در هر لحظه از لحاظ اندازه برابر و از لحاظ جهت مختلف هستند. در مدت زمان Δt بنا به قانون دوم هر جسم بر جسم دیگر آنچنان عمل می‌کند که:

$$F_{AB}.\Delta t = \Delta (m_Av_A)$$

$$F_{BA}.\Delta t = \Delta (m_Bv_B)$$

مطابق قانون سوم نیوتن $F_{AB}.\Delta t = -F_{BA}.\Delta t$ پس:

$$\Delta (m_Av_A) = -\Delta (m_Bv_B)$$

هرگاه جرم m_A و m_B ثابت و تندی آنها به ترتیب در یک لحظه v_A و v_B و در زمانی دیگر V_A و v_B باشد رابطه اخیر را به صورت زیر می‌نویسیم

$$m_AV_A - m_Av_A = -(m_Bv_B - m_Bv_B)$$

و نتیجه می‌شود:

$$m_Av_A + m_Bv_B = m_AV_A + m_Bv_B$$

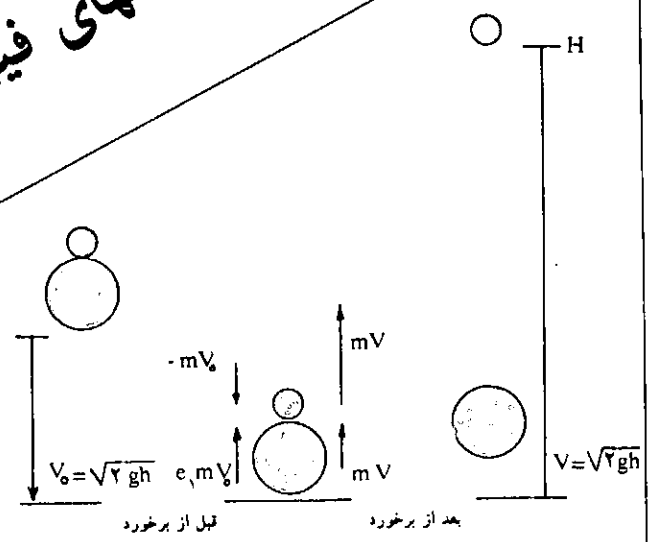
این رابطه قانون بقای اندازه حرکت خطی را برای دستگاه دو جسم بیان می‌کند. بهمین ترتیب می‌توان این قانون را برای دستگاه متشکل از چند جسم نیز بدست آورد. (صفحه ۱۷ فصل ۹ پروژه فیزیک چاپ ۱۹۷۰)

---

* از قبیل مکانیک از انتشارات باستان صفحه ۳۹۰ و مکانیک از سری کتابهای یکان صفحه ۲۵۵ و مکانیک از سازمان انتشارات بیهقی صفحه ۲۱۰.

آزمایشهای فیزیکی

ترجمه احمد توحیدی



تقویت سرعت در برخوردهای قائم

بدیهی است اگر گلوله کوچکی از ارتفاع h بطور آزاد رها شود، بار دیگر این گلوله پس از برخورد با زمین تا همان ارتفاع h بالا نخواهد پرید. امّا جالب توجه است که اگر همین گلوله روی یک گلولهٔ بزرگی قرار گیرد و هر دو باهم از ارتفاعی رها شوند، گلولهٔ کوچک در موقع بازگشت از زمین به ارتفاعی بیش از ارتفاع اوّلیه خود خواهد رسید (تقویت سرعت). فرض کنید برخورد گلوله‌ها کشسان باشد. می‌توان نشان داد که اگر جرم گلولهٔ کوچک در مقایسه با جرم گلوله بزرگ قابل توجه نباشد، گلولهٔ کوچک پس از برخورد با زمین تقریباً به ارتفاعی که ۹ برابر ارتفاع اوّلیه خود می‌باشد، بالا خواهد پرید. در حقیقت هنگامی که گلولهٔ کوچک با سرعت v_0 سقوط می‌کند در یک لحظه با گلولهٔ بزرگ که خود با سرعت v_0 در حال بالا پریدن از زمین است برخورد می‌کند.

با توجه به محاسباتی که ارائه خواهد شد سرعت جدا شدن گلوله‌ها پس از برخورد دو برابر سرعت نزدیک شدن آنها پیش از برخورد یعنی $2v_0$ می‌باشد. چون سرعت گلولهٔ بزرگ v_0 دراثر برخورد با زمین تغییر نمی‌کند، بنابراین گلولهٔ کوچک در موقع بازگشت نسبت به زمین سرعتی برابر با $v = 2v_0 + v_0 = 3v_0$ بدست خواهد آورد. نظر باینکه h با v^2 متناسب است ($mgh = \frac{1}{2}mv^2$) گلوله تا ارتفاع 9h بالا خواهد پرید. در حالتی که جرم گلولهٔ کوچک $\frac{1}{31}$ جرم گلولهٔ بزرگ است، اگر گلولهٔ بزرگ پس از برخورد با زمین کاملاً متوقف شود می‌توان نشان داد که گلولهٔ کوچک بارتفاع ماکزیممی مساوی با ۴ برابر ارتفاع اوّلیه خود یعنی 4h خواهد رسید.

مطالب گفته شده مثال ساده‌ای از اصل پایستگی اندازهٔ حرکت می‌باشد که می‌توان آن را عملاً بوسیله آزمایش ساده‌ای به دانش‌آموزان نشان داد. این آزمایش علاوه براینکه آموزنده و سرگرم‌کننده است دارای نتایج حیرت‌انگیزی نیز می‌باشد. بنابراین برای درک نکات فیزیکی این بحث بهتر است بطور مختصرو ساده‌ای تئوری آن را مرورکنیم.

در این قسمت تئوری آزمایش فوق را مورد بحث قرار می‌دهیم.

هر گاه دو گلوله از ارتفاع h رها شوند با سرعت مساوی $v_0 = \sqrt{2gh}$ بزمین خواهند رسید. برخورد بین گلوله‌ها درست لحظه‌ای صورت می‌گیرد که گلولهٔ بزرگ پس از برخورد با زمین بطرف بالا پریده است (شکل بالا). اگر ضریب جهندگی برای گلولهٔ بزرگ e_1 فرض شود آن گلوله با سرعت $v_1 = e_1v_0$ بطرف بالا خواهد پرید. بنابراین گلولهٔ بزرگ قبل از برخورد با گلولهٔ کوچک دارای اندازهٔ حرکتی بطرف بالا و برابر MV_1 است در حالی که گلوله کوچک دارای اندازهٔ حرکتی بطرف پائین و برابر mv_0 می‌باشد.

اگر اندازهٔ حرکت گلوله‌های بزرگ و کوچک پس از برخورد به ترتیب MV و mv باشد. با درنظر گرفتن اصل پایستگی اندازهٔ حرکت می‌توان نوشت:

$$e_1MV_0 - mv_0 = MV + mv \quad (1)$$

سرعت نسبی گلوله‌ها پیش از برخورد و پس از آن برحسب ضریب جهندگی e_2 بصورت رابطه زیر نشان داده می‌شود.

$$v - V = e_2[V_1 - (-v_0)] \quad (2)$$

رابطه (۲) را می‌توان با درنظرگرفتن $V_1 = e_1v_0$ بصورت زیر نوشت

$$v = e_2(e_1 + 1)v_0 + V \quad (3)$$

اگر در رابطه (۱) m نسبت به M خیلی کوچک باشد برای برخوردهای کشسان ($e_1 = e_2 = 1$) بوده و خواهیم داشت

$$V = v_0 = \sqrt{2gh}$$

از رابطه (۳) نتیجه مطلوب:

$$v = 3v_0 = \sqrt{2gH}$$

و یا

$$H = \frac{9v_0^2}{2g} = 9h$$

بدست می‌آید. نتیجه جالب و در عین حال واقعی تر را می‌توان با جایگزین کردن رابطه (۳) در رابطه (۱) و با فرض مساوی بودن ضرائب جهندگی بدست آورد.

$e_1 = e_2 = e$

$(M + m)V = [eM - (e^2 + e + 1)m]v_0$ (۴)

در حالت خاص، برای برخوردهای کشسان اگر $M = 3m$ باشد، از رابطه (۴)، $V = 0$ بدست می‌آید. هم‌چنین از رابطه (۳) خواهیم داشت:

$v = 2v_0 = \sqrt{2gh}$

و یا $H = \frac{4v^2}{2g} = 4h$

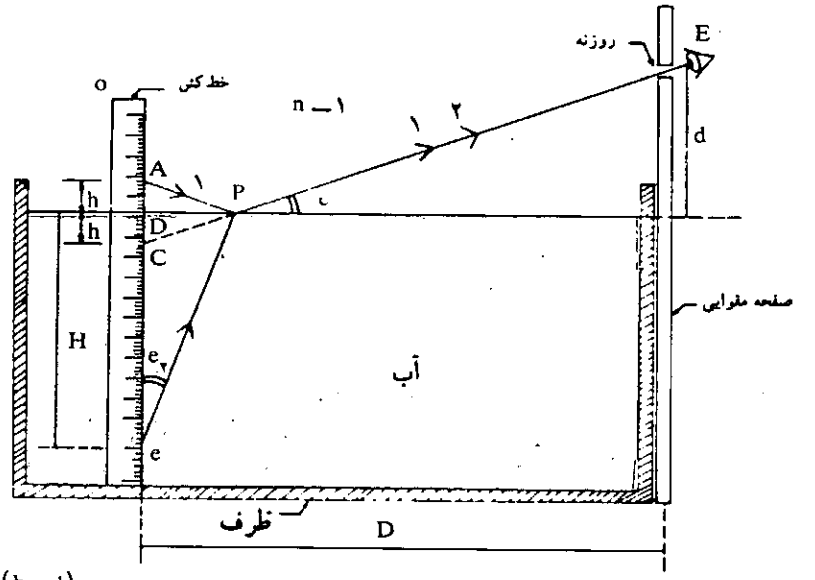
این حالت بعلّت توقف کامل گلولهٔ بزرگ برروی زمین بسآسانی قابل دیدن است. بطورکلی در تقویت سرعت اگر بخواهیم $v > v_0$ بدست آید با توجه به روابط (۳) و (۴) برای برخوردهای کشسان لازم است که $M > m$ باشد.

عملاً در آزمایش‌های واقعی نتایج فوق بعلّت فقدان برخوردهای کشسان اندکی متفاوت خواهد بود امّا باز هم تعجب‌آور می‌باشد. با توجه به رابطه (۳) و با فرض $e_1 = e_2 = e$ می‌توان نشان داد، برای حالتی که $V = 0$ است تقویت سرعت‌زمانی روی می‌دهدکه ضرایب جهندگی از $e = 0/62$ برزگتر باشند. با گذاشتن این مقدار در رابطه (۴) باین نتیجه خواهیم رسید که برای توقف کامل گلولهٔ بزرگ پس از برخورد با زمین لازم است که

برای یک حالت نمونه که $e = 0/9$ است (گلوله‌ای که به ۸۱٪ از ارتفاع اوّلیه خود بالا بپرد)ازرابطه(۴) برای $V = 0$ مقدار $M = 3/01\ m$ و از رابطه (۳) $v = 1/71v_0$ بدست می‌آید. با توجّه بمقدار v_0، ارتفاعی که گلولهٔ کوچک بالا خواهد پرید برابر $H = 2/92h$ می‌باشد. این حالت را تقریباً با گذاشتن یک توپ بیسبال برروی یک توپ بسکتبال و رها کردن آنها از ارتفاعی برابر با فاصله کمر قد انسان میتوان مشاهده نمود. در این حالت توپ بسکتبال کاملاً متوقف می‌شود در حالی که توپ بیسبال را بطرف بالا پرتاب خواهد کرد.

اندازه‌گیری ضریب شکست آب

در این مقاله آزمایش ساده‌ای برای تعیین ضریب شکست آب ارائه شده است که براساس قوانین بازتاب و شکست نور می‌باشد.



فرض کنید خط کش O مطابق شکل عمود برسطح آب قرار گرفته باشد. اگر از نقطه E نگاه کنیم نقطه B از قسمت غوطه‌ور خط کش می‌توان دیده شود. زیرا پرتو (۲) در روی آب شکسته شده و بچشم ناظر E خواهد رسید. نقطه B در راستای EC بنظر میرسد. C محلّ برخورد امتداد پرتو (۲) واقع در هوا، با خط کش O میباشد. از طرف دیگر ناظر E می‌تواند نقطه A از قسمت غیر غوطه‌ور خط کش را با استفاده از بازتاب پرتو (۱) در روی سطح آب ببیند چنین بنظر میرسد که نقطه A بر نقطه C منطبق می‌باشد و تصویر بازتاب شدهٔ نور از A عملاً در نقطه C دیده می‌شود. با درنظر گرفتن مطالب گفته شده و بکار بردن قوانین مربوط به آنها، ضریب شکست آب را با استفاده از رابطه زیر میتوان بدست آورد (از تفرق نور صرفنظر کنید).

$n_w = [H^2(h+d)^2 + h^2D^2]^{1/2}[(D^2+(h+d)^2]^{-1/2}$ (۱)

مقادیر h، d، H و D در شکل نشان داده شده است. n_w ضریب شکست آب می‌باشد. برای بدست آوردن رابطه (۱) با توجه بشکل داریم

$\tg\theta = \frac{(h+d)}{D}$ (۲)

و $\tg\theta_r = \frac{\overline{PQ}}{H} = \frac{h}{H\tg\theta}$ (۳)

رابطه (۱) با استفاده از قانون اسنل $\sin(\frac{\pi}{2} - \theta) = n_w \sin\theta_r$ و روابط (۲) و (۳) بدست خواهد آمد. بنابراین برای تعیین ضریب شکست آب کافی است فواصل ذکر شده در رابطه (۱) را اندازه‌گیری کنیم.

برای این منظور خط کش غیرشفاف O را که درجه‌بندی آن کاملاً مشخص است انتخاب کرده و آن را در ظرف پر از آبی وارد می‌کنیم. برای اجتناب از خطا در اندازه‌گیری، می‌توان خط کش را از میان سوراخی (با قطر تقریباً یک میلی‌متر) که مطابق شکل در یک صفحه مقوا ایجاد کرده‌ایم مشاهده کنیم. از درون این

سوراخ می‌توانیم (زیر سطح آب) تصویر دو درجه خط کش را که روی هم قرار گرفته‌اند ببینیم. این تصاویر مربوط به بازتاب و شکست نور از درجات خط کش می‌باشند. تصویر حاصل از شکست نور همیشه واضح‌تر از تصویر بدست آمده از بازتاب دیده میشود. لیکن می‌توان تصویر دوّم را با کاهش زاویه θ واضح‌تر نمود.

زمانی که عمل میزان کردن تصاویر با نهایت دقت انجام شد کافی است دو تصویر منطبق شده از درجه‌های خط کش را که حاصل از بازتاب و شکست نور می‌باشند یادداشت کرده سپس اندازه‌های d و D را اندازه‌گیری کنیم. آنگاه با استفاده از این اطلاعات می‌توان مقدار n_w را از رابطه (۱) بدست آورد. بدیهی است که باید سطح آب در هنگام اندازه‌گیری‌ها کاملاً ساکن باشد. مقادیر نمونه برای این آزمایش عبارتند از:

$H \simeq ۱۰۰$ mm و $D \simeq ۲۵۰$ mm

$h \simeq ۴۰$ mm و $d \simeq ۷۰$ mm

با استفاده از روش و اطلاعات ارائه شده مقدار متوسط n_w بین ۱/۳۳ و ۱/۳۴ بدست می‌آید. ناظر، دمای آب و عوامل دیگر، در نتیجه آزمایش مؤثر می‌باشد.

---

* Velocity amplification in Vertical Collisions
Joseph L. Spradley
Wheaton College, Wheaton, I llinois 60187
Am. J. Phys., February 1987, 55, 183

●

* P. M. Mejas, Departamento de Electricidady Magnetismo (Optica) Universidad Nacional de Educacin a Distancia, 2 8040 Madrid, Spain
Phys. Teach., March 1987, 25, 166

مراجع:

F. A. Jenkins and H.E. White, Fundamentals of Optics.
(M.C. Graw – Hill, New York, 1981).

◆

بقیه از صفحه ۳

نیاتمان آگاه است، از کرده‌هایمان راضی باشد، 'انشاءالله'. ولی افسوس که ممکن است فایده تمامی این زحمتها با اندک کاهلی دست‌اندرکاران چاپ و انتشار از نظر شما پنهان ماند. امید آنکه این همه مهر صاحبان دانش و قلم و انتشار در نهایت به نحوی ارائه گردد که خواننده را مفیدتر واقع شود.

اشتباهات چاپی شمارهٔ قبل را به حدی فراوان یافتیم که، حیف زحمت گفتیم. اینک شما ای خوانندهٔ عزیز از کمبود نیروی انسانی کار آمد در کار تألیف و انتشار کتاب و مجله آگاه‌باش و اگر تو را عشق و توان خدمت و همکاری در این راه است به ما بپیوند. امید آنکه توان توی عاشق به خدمت بر توان دیگر توانمندان خدمتگذار در این راه افزون شود و این طفل دو ساله را در سنین کمتری به کمال رساند. قبل از هر چیز در پی یافتن عاشق توانایی هستیم که سردبیری یا مدیریت مجله را تقبل کرده و با صرف تمامی اوقات خود در این راه ما را خاطرجمع از آن کند که این مجموعهٔ علمی فرهنگی را مادری است که جز به او نمی‌اندیشد و همه توانائیهای خویش را صرف او خواهد کرد. در مرحلهٔ دوّم محتاج نگارنده‌گانی متعهد، عالم و آگاه و درد آشنا و صاحب قلم هستیم.

و بالاخره آرزوی آن داریم که ترتیبی اتخاذ گردد که حاصل این همه شوق و کوشش و سرمایه جانی و مالی بنحوی که باید و شاید چاپ و توزیع و بهنگام در دسترس اهل مطالعه قرار گیرد.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی با انتشار فرم همکاری در روزنامه‌های کثیرالانتشار کشور از تمامی علاقمندان دعوت بهمکاری کرد. تعدادی از شما نیز به این دعوت لبیک گفتید، دیگر بار از طریق این مجله دعوت را تکرار میکنیم و دست همیاری شما همکاران متعهّد و متخصص را میفشاریم.

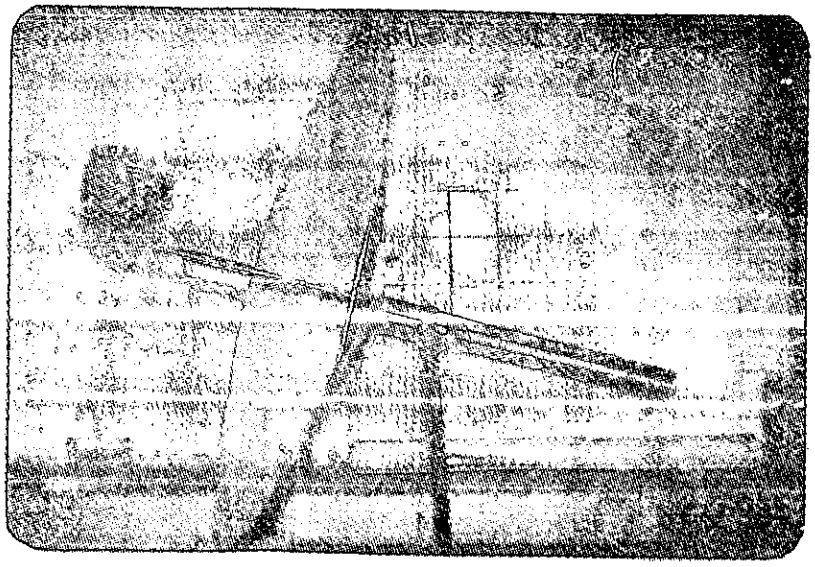
آنانکه به گوشه‌ای نشسته‌اند و خورشیدی درخشانند پرده از رخ بردارند و نور بر تمامی کشور بتابانند که این زمان بهتر از هر زمان دیگری است، یقیناً وجود ما با میزان خدمت مفیدمان به اسلام رُخ مینماید، چه ما موج ز خود رفته‌ای هستیم که اگر نرویم نیستیم.

ومن الله التوفیق و علیه التکلان

سردبیر

اجاق خورشیدی چتری

اسداله پارسا



مقدمه:

کوشش بشر برای بدست آوردن انرژی ارزان قیمت با دستگاههای ساده مدتهاست آغاز گشته و در این راه بطور نسبی موفقیتهائی نیز عاید گردیده است.

ساختمان اجاق خورشیدی چتری

این اجاق خورشیدی را باین علت چتری گفته‌اند که منعکس کننده آن دارای یک استخوان بندی چتر مانند می‌باشد که صفحه منعکس کننده آن از فویل آلومینیوم درست شده است و قطعات فیبر مثلثی شکل از پشت بوسیله پارچه بهم چسبیده شده است که تمام آن روی پایه‌ای آهنی سوار است. چون گرما بطور یکنواخت به سطح کانونی میرسد این نوع گرما برای سرخ کردن یکنواخت مواد غذائی مناسب می‌باشد و از گرفتن ته دیگ جلوگیری بعمل می‌آورد. همانطوریکه در شکل دیده میشود اجاق خورشیدی بر روی یک سه پایه لولا شده است.

قسمت داخلی چتر

در قسمت داخلی چتر یک شبکه (اجاق) به ابعاد ۲۳×۲۳ سانتیمتر در کانون وجود دارد که دیگ بر روی آن قرار میگیرد و بوسیله پیچی قابل تنظیم است.

ارتفاع منعکس کننده و تغییر وضعیت آن

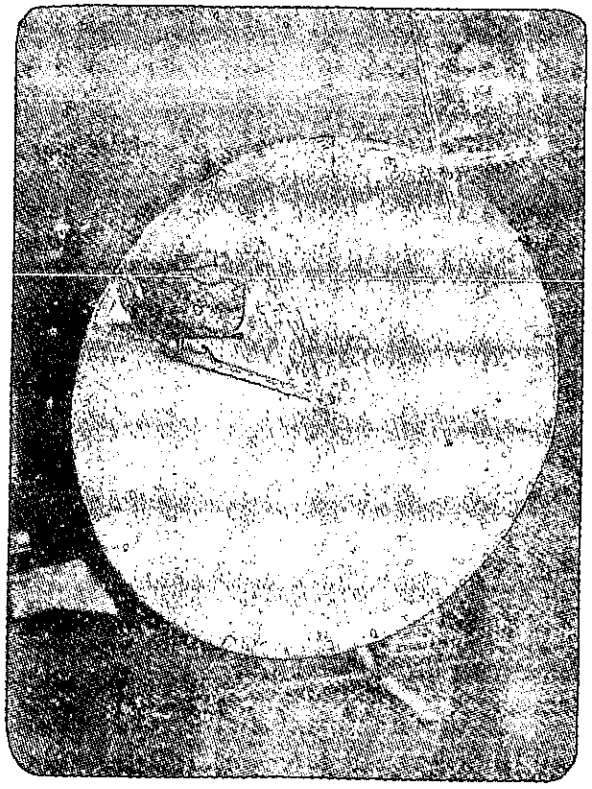
ارتفاع این منعکس کننده را میتوان به وسیله پیچ دستی تنظیم کرد. بطوریکه نور خورشید عمود بر آن بتابد تا گرمای بیشتری تولید نماید.

در صورتیکه تصمیم دارید غذایتان را در دیگ بپزید این شبکه باید افقی باشد و اگر می‌خواهید گوشت را کباب کنید باید شبکه را برای دریافت گرمای بیشتر زاویه دار کنید.

فواید اجاق خورشیدی چتری

با آزمایشاتی که انجام شده است. اگر آب ۲۵ درجه را داخل یک کتری آلومینیومی که ته آن سیاهرنگ است بریزیم و روی اجاق قرار دهیم ۲۰ دقیقه بعد آب آن به جوش می‌آید.

برای گرم کردن ماهیتابه‌ای که ته آن سیاهرنگ است ۵ دقیقه زمان لازم است که اگر ۵ دقیقه دیگر وقت به آن اضافه کنیم مجموعاً (۱۰ دقیقه) میتوانیم تخم‌مرغ را نیمرو کنیم. از این اجاق میتوان در کوهنوردی و اسکی‌بازی بدون احتیاج به کبریت و چوب استفاده کرد و در مناطق کویری و کوهستانی که دسترسی به انرژی الکتریکی و سایر منابع انرژی مشکل است این اجاق یک وسیله ساده



جدول پاسخ به امتحان گزینش دانشجو

سال تحصیلی ۶۷ ـ ۶۶

گروه آزمایشی علوم ریاضی و فنی ۶۷-۶۶

شماره‌تست	۱	۲	۳	۴
۲۲۱				
۲۲۲				
۲۲۳				
۲۲۴				
۲۲۵				
۲۲۶				
۲۲۷				
۲۲۸				
۲۲۹				
۲۳۰				
۲۳۱				
۲۳۲				
۲۳۳				
۲۳۴				
۲۳۵				
*۲۳۶				
۲۳۷				
۲۳۸				
۲۳۹				
۲۴۰				
۲۴۱				
۲۴۲				
۲۴۳				
۲۴۴				
۲۴۵				
۲۴۶				
۲۴۷				
۲۴۸				
**۲۴۹				
۲۵۰				
۲۵۱				
۲۵۲				
۲۵۳				
۲۵۴				
۲۵۵				
۲۵۶				
۲۵۷				
۲۵۸				
۲۵۹				
۲۶۰				

گروه آزمایشی علوم تجربی ۶۷-۶۶

شماره‌تست	۱	۲	۳	۴
۲۵۱				
۲۵۲				
۲۵۳				
۲۵۴				
۲۵۵				
۲۵۶				
۲۵۷				
۲۵۸				
۲۵۹				
۲۶۰				
۲۶۱				
۲۶۲				
۲۶۳				
۲۶۴				
۲۶۵				
۲۶۶				
۲۶۷				
۲۶۸				
۲۶۹				
۲۷۰				
۲۷۱				
۲۷۲				
۲۷۳				
۲۷۴				
۲۷۵				
۲۷۶				
۲۷۷				
۲۷۸				
۲۷۹				
۲۸۰				

* اگر منظور نسبت ظرفیت گرمایی روغن به ظرفیت گرمایی آب است جواب $\frac{۳}{۲}$ درست است، که در جوابها نیست. ولی اگر منظور نسبت ظرفیت گرمایی ویژهٔ روغن به ظرفیت گرمایی ویژه آب باشد جواب ۳ درست است.

** جواب ۲ نیز می‌تواند قابل‌قبول باشد.

و ارزان قیمتی است.

امکان تولید انبوه اجاق خورشیدی

قیمت این اجاق ۲۰۰ تومان تمام شده که اگر این اجاق خورشیدی بصورت انبوه ساخته شود هزینه تهیه مواد اولیه آن نیز پائین خواهد آمد.

هم اکنون این اجاق در آزمایشگاه دبیرستان پروین اعتصامی دامغان مورد بهره‌برداری قرار گرفته و کلیه علاقه‌مندان میتوانند از چگونگی کار آن بازدید نمایند. با این امید که در آینده نیز بتوانیم با الهام از این طرح، وسایل ساده دیگری نیز با استفاده از انرژی خورشیدی ساخته و در دسترس عموم قرا دهیم.

بقیه از صفحه ۳۷

ثانیاً: در تمام محاسبات فرض کردیم که بعنوان مثال خورشید در مبدأ مختصات ساکن است. این فرض با توجه به اینکه جرم خورشید از جرم زمین بسیار بیشتر است تقریباً درست می‌باشد (یعنی با شرط M>>m) در حالت کلی حرکت دو جسم به جرم‌های m و M و مکانهای r_1 و r_2 به دو بخش تقسیم می‌شود: یکی حرکت مرکز جرم (با بردارمکان $\vec{R}_{CM}=\frac{m\vec{r}_1+M\vec{r}_2}{m+M}$) و دیگری حرکت نسبی دو ذرّه که با بردار $\vec{r}=\vec{r}_1-\vec{r}_2$ توصیف می‌شود. محاسبه نشان می‌دهد که برای توصیف این بخش از حرکت باید ذرهٔ M (بابردار مکان قبلی $\vec{r}_2$) را در مبدأ مختصات ساکن انگاشته و به جای ذرهٔ دیگر، ذره‌ای با جرم کاهیدهٔ $\mu=\frac{mM}{m+M}$ در مکان $\vec{r}$ قرار دارد. واضح است در حالتی که M >> m باشد $M \simeq m$.

ثالثاً: در فواصل کم نزدیک سطح زمین نتیجهٔ کلی $U=-$ ــــ که با شتاب ثقل متغیر حل شده است به نتیجهٔ تقریبی $U=mgh$ که با فرض g ثابت بدست آمده است نزدیک می‌شود. فرض کنیم شعاع کرهٔ زمین M باشد در اینصورت نیروی جاذبه در سطح زمین روی جسمی به جرم m برابر است با:

$$F=\frac{GMm}{R^2}=mg$$

در نتیجه شتاب ثقل g بدست می‌آید: $g=\frac{GM}{R^2}$.

حال فرض کنیم جسم m به اندازهٔ h از سطح زمین بالا برود، اختلاف انرژی پتانسیل آن نسبت به وقتی که در سطح زمین است برابر است با:

$$\Delta U=(-\frac{GMm}{R+h})-(-\frac{GMm}{R})=GMm(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+h})$$

$$=m\frac{GM}{R^2}\frac{h}{1+\frac{h}{R}}\simeq mgh$$

از آنجا که ارتفاع ذرّه از سطح زمین نسبت به شعاع زمین بسیار کوچک است از $\frac{h}{R}$ در مقابل ۱ صرفنظر کرده‌ایم.

اطلاعیه

در بارهٔ نشریات رشد آموزش تخصصی

مجلات رشد آموزش مواد درسی مدارس کشور نشریاتی است که از سوی گروههای درسی دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش هر سه ماه یکبار ــ چهار شماره در سال ــ منتشر می‌شود.

این نشریات در حال حاضر عبارتند از:

۱ ــ رشد آموزش ریاضی
۲ ــ رشد آموزش زبان
۳ ــ رشد آموزش شیمی
۴ ــ رشد آموزش فیزیک
۵ ــ رشد آموزش زمین‌شناسی
۶ ــ رشد آموزش ادب فارسی
۷ ــ رشد آموزش جغرافیا
۸ ــ رشد آموزش زیست‌شناسی

هدف از انتشار این نشریات در وهلهٔ اول ارتقاء سطح معلومات معلمان و در مرحلهٔ بعد ایجاد ارتباط متقابل میان معلمان هر رشته و دفتر تحقیقات به منظور تبادل تجارب و مطالب جنبی و مفید درسی است.

دبیران، دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر علاقه‌مندان به اشتراک این مجلات می‌توانند جهت اشتراک هر چهار شماره از یک مجله در سال مبلغ ۴۰۰ ریال به حساب ۹۲۹ خزانهٔ بانک مرکزی ــ قابل پرداخت در کلیهٔ شعب بانک ملی ــ واریز و فیش آن را همراه با فرم تکمیل شدهٔ زیر به نشانی تهران، جاده آبعلی، خیابان سازمان آب بیست متری خورشید مرکز توزیع انتشارات کمک آموزشی کد پستی ۱۶۵۹۸ ــ تلفن ۷۸۵۱۱۰

توجه، دانشجویان مراکز تربیت معلم می‌توانند با ارسال فتوکپی کارت تحصیلی از ۵۰٪ تخفیف برخوردار شوند.

فرم اشتراک مجلات رشد تخصصی

اینجانب ..... با ارسال فیش واریز مبلغ ۴۰۰ ریال، متقاضی اشتراک یکسالهٔ مجلهٔ رشد آموزش ..... هستم.

نشانی دقیق متقاضی: استان ..... شهرستان ..... خیابان .....

کوچهٔ ..... پلاک ..... تلفن .....

سخنرانیهای علمی گروه فیزیک در سال تحصیلی ۶۷ ـ ۱۳۶۶

ردیف	عنوان	سخنران	تاریخ	ساعت	مکان
۱	تصویر نگاری تشدیدی N.M.R	دکتر ضیائی از دانشگاه تهران	شنبه ۶۶/۸/۲۳	۶ ـ ۳	سالن شهیدرجائی‌دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی
۲	فیزیک بلورها	دکتر ارضی از دانشگاه تهران	شنبه ۶۶/۹/۱۴	〃	〃
۳	جهان اوّلیه و ذرات بنیادی (۱)	دکتر حیدری خواجه‌پور از دانشگاه صنعتی شریف	شنبه ۶۶/۱۰/۵	〃	〃
۴	فیزیک فشارهای پائین در صنعت	دکتر نراقی از سازمان انرژی اتمی	شنبه ۶۶/۱۰/۲۶	〃	〃
۵	نیمه هادیها	دکتر سپهری‌راد از دانشگاه شهید بهشتی	سه‌شنبه ۶۶/۱۱/۲۰	〃	〃
۶	نیروهای قیدی در مکانیک	احمد شیرزاد از دانشگاه صنعتی شریف	شنبه ۶۶/۱۲/۸	〃	〃
۷	لیزر و انواع آن	دکتر حریری از سازمان انرژی اتمی	بعداً اعلام می‌شود	〃	〃
۸	جهان اوّلیه و ذرات بنیادی (۲)	دکتر حیدری خواجه‌پور از دانشگاه صنعتی شریف	〃	〃	〃
۹	خواص مغناطیسی جامدات	دکتر توسّلی از دانشگاه تهران	〃	〃	〃
۱۰	پُلاریزاسیون	دکتر سپهری‌راد از دانشگاه شهید بهشتی	〃	〃	〃
۱۱	چند مسأله مکانیک	احمد شیرزاد از دانشگاه صنعتی شریف	〃	〃	〃

سخنرانیهای فوق‌الذکر با توجه به اهداف آموزش فیزیک به منظور بالا بردن توان علمی و درنتیجه بالا بردن کیفیّت آموزش فیزیک در سطح کشور ترتیب داده شده است. از خواهران و برادرانی که مایلند بخاطر شرکت در جلسات سخنرانی فوق‌الذکر گواهی دورهٔ کارآموزی مورد تأئید آموزش ضمن خدمت دریافت دارند، تقاضا میشود از منطقهٔ آموزشی محل کار خود معرفی نامه‌ای دریافت، و به هنگام شرکت در جلسات سخنرانی به نمایندهٔ گروه فیزیک حاضر در جلسات سخنرانی ارائه فرمایند.