



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

فیزیک ۶۹

رشد آموزش

آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی

دوره بیستم، شماره ۲، زمستان ۸۲، بهاء ۲۵۰۰ ریال



♦ تاریخچه ابررسانا

♦ فیزیک بستنی

♦ سواد فیزیکی، انرژی و محیط زیست

♦ سرشت دوگانه نور، با توجه به اسناد مؤسسه نوبل

♦ مسابقه دوی سرعت ذرات

♦ سی و پنجمین المپیاد بین المللی فیزیک

استفاده از انرژی های نو در کشور
به حفظ محیط زیست کمک می کند.



شیراز



منجیل



طالقان



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

دوره بیستم، شماره ۲، زمستان ۱۳۸۳

ISSN : 1606-917X

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی



دفتر انتشارات کمک آموزشی
مرکز منابع و اسناد

۶۹

رشد آموزش

آموزشی، تحلیلی، اطلاع رسانی

مدیر مسئول: علیرضا حاجیان زاده

سرمدیر: دکتر منیژه رهبر

مدیر داخلی: احمد احمدی

مدیر هنری: مهدی کریمخانی

طراح گرافیک: پروانه هادی پور

هیات تحریریه: احمد احمدی، روح الله خلیلی بروجنی

منیژه رهبر، سید جعفر مهر داد

info@roshdmag.org

نشانی دفتر مجله: تهران، صندوق پستی ۶۵۸۵/۱۵۸۷۵

تلفن امور مشترکین: ۸۸۳۹۱۸۶

تلفن دفتر مجله: ۸۸۳۱۱۶۱-۹ داخلی: ۲۷۱

چاپ: شرکت افست (سهامی عام)

تیراژ: ۱۱,۰۰۰ نسخه

- ◆ دفتر انتشارات کمک آموزشی، این مجلات را نیز منتشر می کند:
- ◆ رشد کودک (ویژه پیش دبستان و دانش آموزان کلاس اول دبستان)
- ◆ رشد نوآموز (برای دانش آموزان کلاس دوم و سوم دبستان)
- ◆ رشد دانش آموز (برای دانش آموزان کلاس چهارم و پنجم دبستان)
- ◆ رشد نوجوان (برای دانش آموزان دوره راهنمایی)
- ◆ رشد جوان (برای دانش آموزان دوره متوسطه)
- ◆ مجلات رشد مدیریت مدرسه، معلم، تکنولوژی آموزشی، آموزش ابتدایی، آموزش معارف اسلامی، آموزش شپسی، آموزش زبان و ادب فارسی، آموزش زبان، آموزش راهنمایی تحصیلی، آموزش ریاضی
- ◆ آموزش زیست شناسی، آموزش جغرافیا، آموزش تاریخ
- ◆ آموزش تربیت بدنی، آموزش علوم اجتماعی، آموزش زمین شناسی
- ◆ آموزش قرآن، آموزش هنر، مدرسه فردا (برای دبیران، آموزگاران، دانشجویان تربیت معلم، مدیران مدارس و کارشناسان آموزش و پرورش).
- ◆ رشد برهان (مجله ریاضی دوره راهنمایی)، رشد برهان متوسطه (مجله ریاضی دوره متوسطه)

پیش گفتار: ۲۰۰۵، سال جهانی فیزیک

روش تدریس فعال

جهانگیر ریاضی

سواد فیزیکی، انرژی و محیط زیست

ارت هابسن

فیزیک شنا رفتن

صفر ارجمندی، جوزف. جی. برینکمن و ...

فیزیک بستنی

کریس کلارک

شتاب بدون نیرو

رابرت جونز

همجوشی با محصورسازی نخت

سهیل خوشبین فر

گزارش یک پژوهش

فرحناز کیانی

تاریخچه ابرسانا

زهره سجادی

معمای فیزیک، چگونه این تضاد آشکار را توجیه می کنید؟

پاسخ معمای فیزیک

منیژه رهبر

اشتباه تریسیمی بزرگنمایی طولی

هکتور رابال و همکاران

مسابقه دوی سرعت ذرات

حکیمه محمدپور

رایانه کوانتومی

یاکوب وست

سرشت دوگانه نور، با توجه به اسناد مؤسسه نوبل

گوستا آکسپونگ

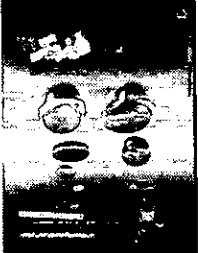
سی و پنجمین المپیاد بین المللی فیزیک

جوشان باشد

مجله رشد آموزش فیزیک، نوشته ها و حاصل تحقیقات پژوهشگران و متخصصان تعلیم و تربیت، بویژه آموزگاران، دبیران و مدرسان را، در صورتی که در نشریات عمومی درج نشده و مرتبط با موضوع مجله باشند، می پذیرد:

- ✓ مطالب باید یک خط در میان و در یک روی کاغذ نوشته و در صورت امکان تایپ شود.
- ✓ شکل قرار گرفتن جدولها، نمودارها و تصاویر ضمیمه باید در حاشیه مطلب نیز مشخص شود.
- ✓ نثر مقاله باید روان و از نظر دستور زبان فارسی درست باشد و در انتخاب واژه های علمی و فنی دقت لازم میندول گردد.
- ✓ مقاله های ترجمه شده باید با متن اصلی همخوانی داشته باشد و متن اصلی نیز ضمیمه مقاله باشد.
- ✓ در متنهای ارسالی باید تا حد امکان از معادل های فارسی واژه ها و اصطلاحات استفاده شود.
- ✓ زیرنویسها و منابع باید کامل و شامل نام اثر، نام نویسنده، نام مترجم، محل نشر، ناشر، سال انتشار و شماره صفحه مورد استفاده باشد.
- ✓ مجله در رد، قبول، ویرایش و تلخیص مقاله های رسیده مختار است.
- ✓ آرای مندرج در مقاله ها، ضرورتاً مبنی نظر دفتر انتشارات کمک آموزشی نیست و مسؤولیت پاسخگویی به پرسشهای خوانندگان، با خود نویسنده یا مترجم است.
- ✓ مجله از بازگرداندن مطالبی که برای چاپ مناسب تشخیص داده نمی شود، معذور است.

نصوری روی جلد: به وجود آمدن جهان
مشکل از ریسان های گسترده می تواند
مانند تشکیل حباب های بخار در آب
جوشان باشد.





سرمقاله

۲۰۰۵ سال جهانی

فیزیک

نظریه کوانتومی تثبیت شد. به خاطر این کار، اینشتین در سال ۱۹۲۱ جایزه نوبل فیزیک را دریافت کرد.

مقاله سوم درباره حرکت براونی بود. این حرکت به افتخار گیاه شناس اسکاتلندی سررابرت براون نامگذاری شده است، زیرا او برای اولین بار با مشاهده گرده گیاهان در زیر میکروسکوپ متوجه این نوع حرکت شد. براون ابتدا تصور می کرد که این حرکت می تواند نشانه زنده بودن این موجودات باشد. با این همه، به زودی معلوم شد که حرکت براونی حتی در گرده هایی که مدت زیادی از خشک شدن آنها گذشته است نیز مشاهده می شود، و ذرات میکروسکوپی از هر نوع در آب یا مایع های دیگر دارای این نوع حرکت هستند. رهیافت اینشتین به این موضوع که آشنایی و مهارت او را در مکانیک آماری نشان می دهد آن بود که ذرات معلق در مایع ها باید طبق نظریه جنبشی گرمایی مولکولی دارای این نوع حرکت باشند. نکته حائز اهمیت در این مقاله آن بود که اینشتین توانسته بود تعداد مولکول ها (عدد آوگادرو) را به سرعت مولکول ها (که طبق نظریه جنبشی گازها تابع دما بود) ربط دهد. بدین ترتیب اینشتین دانشمندان را متقاعد ساخت که این حرکت را با رقص مولکول ها توضیح دهند. این کار و تز دکتری اینشتین باعث پذیرش اینشتین در جامعه علمی شد.

بنابراین، اینشتین به حق یکی از بزرگ ترین دانشمندان همه اعصار است و سال ۱۹۰۵ سالی شگفت انگیز در دوران زندگی او. بدون شک هرگاه صحبت از فیزیک به میان می آید، همه بلافاصله به یاد اینشتین می افتند و او را برجسته ترین دانشمندان قرن بیستم می دانند. اما، این نکته مهم آن است که این تحولات علمی در دورانی رخ داد که نقش علم در زندگی بشر روز به روز بارزتر می شد. بدون شک زندگی ما نسبت به صدسال قبل تغییر بسیار کرده است و این تغییر را شاید بیش از هرکس مدیون اینشتین باشیم. امید می رود که مطرح ساختن سال جاری میلادی به عنوان سال جهانی فیزیک، باعث توجه هرچه بیشتر دانش پژوهان و عامه مردم به این علم سرنوشت ساز شود و بشر با به کارگیری دستاوردهای حاصل از آن بتواند بیشترین بهره را از امکانات موجود بگیرد و زندگی بهتری را برای خود تأمین کند. ما به همین مناسبت در شماره های امسال، بخش بیشتر مجله ها را به تحولات فیزیک و دستاوردهای آن در یک صدسال گذشته اختصاص خواهیم داد. از همه خوانندگان درخواست می شود که با همکاری خود، ما را در بزرگداشت هرچه بهتر این سال یاری دهند.

در روز ۱۰ ژوئن ۲۰۰۴ مجمع عمومی سازمان ملل متحد سال ۲۰۰۵ را سال جهانی فیزیک اعلام کرد. به دنبال آن هیأت وزیران جمهوری اسلامی ایران نیز در جلسه مورخ ۲۴ تیرماه سال ۸۳ به پیشنهاد انجمن فیزیک ایران و به استناد اصل یکصد و سی و هشتم قانون اساسی تصویب کرد که سال ۱۳۸۴ هجری شمسی در کشور به نام سال فیزیک نامگذاری شود.

فکر نامگذاری سال ۲۰۰۵ به نام سال جهانی فیزیک در همایش بین المللی ۲۰۰۰ مطرح شد که با شرکت نمایندگان بیش از چهل انجمن فیزیک از سراسر جهان در برلین برگزار شد. مناسبت این نامگذاری، گرامیداشت گذشت یک قرن از «سال معجزه آسای» اینشتین و گذشت پنجاه سال از درگذشت اوست. هدف اصلی این بزرگداشت منتقل ساختن هیجان فیزیک به اجتماع و توجه دادن جهانیان به تأثیری است که دستاوردهای این علم شگفت در متحول ساختن روش زندگی بر کره زمین و تغییر نگرش بشر به کل عالم داشته است. امید می رود که برنامه های ترتیب یافته در این سال به تربیت نسل جدیدی از متفکران در این زمینه علمی بینجامد تا بتوانند روند تحول در این مورد را ادامه دهند و با پژوهش های خود زندگی افراد بشر در سال های آینده هرچه پربارتر سازند.

اما چه عاملی باعث شد که سال ۱۹۰۵ برای اینشتین سالی معجزه آسا شود؟ در این سال چهار مقاله از اینشتین در مجله علمی آنالن در فیزیک منتشر شد. در تهیه سه مورد از این چهار مقاله، ابتکارهایی چنان خارق العاده به کار رفته بود که جامعه علمی را کاملاً متحول ساخت. بلافاصله پس از انتشار این مقاله ها، فیزیکدانان متوجه شدند با مجموعه هایی سروکار دارند که به لحاظ مفهومی کاملاً محکم و نفوذناپذیر و از نظر طراحی کاملاً انقلابی هستند. در یکی از این مقاله ها، اینشتین نظریه نسبیت خاص خود را مطرح کرده بود. این نظریه دیدگاه ما را نسبت به مفاهیم بنیادی زمان و مکان، که از روزگار نیوتون مفاهیمی مطلق در نظر گرفته می شدند، متحول ساخت و نشان داد که ناظران چارچوب های سخت مختلف این کمیت ها را یکسان اندازه نمی گیرند. از آن پس، دیدگاه بشر به عالم دیگر آبی نبود که پیش از آن وجود داشت. مقاله دیگر درباره اثر فوتوالکتریک بود که دوگانگی موجی - ذره ای را مطرح می ساخت. این مقاله به مباحثه درازمدت فیزیکدانان درباره سرشمت نور پایان داد، مفهوم فوتون را برای نخستین بار مطرح کرد و بدین ترتیب نقش اینشتین در شکل گیری



تدریس فعال، شیوه ای نو در آموزش است که اساس کار، آن به جای انتقال اطلاعات غیر مرتبط و از هم گسسته به دانش آموزان، مشارکت فعال و خلاق دانش آموزان در پیشبرد آموزش در کلاس است؛ روندی که در نهایت «چگونه اندیشیدن» را باید آموزش دهد و حاصل آن پرورش افرادی باشد که در عرصه مدیریت علمی و فناوری، انسان هایی موفق باشند.

زمینه های لازم برای ارائه فعال درس

به طور کلی، برای به کارگیری روش تدریس فعال باید مجموعه ای از عوامل فراهم شود:

۱. معلم علاقه مند

یکی از مهم ترین مؤلفه های اجرای تدریس فعال، معلمی است علاقه مند که خود دغدغه روش های بهتر آموزش را داشته باشد؛ معلمی که اشکالات شیوه های سنتی و مرسوم گذشته را شناخته است و این روش ها را ناکارآمد می داند، در عمل تجربه کرده است که شیوه های قدیم پاسخگوی شرایط فعلی نیستند و عقیده دارد: امروز نباید مانند دیروز باشد و برای این امر جسارت دست زدن به تجربیات نو را دارد.

۲. دانش آموز

دانش آموزان همان جوانانی هستند که از فرهنگ غالب جامعه در تمام زمینه ها، از جمله در امر آموزش پیروی می کنند. با توجه به غالب بودن روش های غیرفعال در آموزش، دانش آموزان به صورت ساختاری با این شیوه های غیرفعال خو گرفته اند. در حالی که اجرای روش فعال به دانش آموزانی با ویژگی هایی متفاوت نیاز دارد؛ دانش آموزانی که آموخته اند، چگونه در فرایند آموزش فعالانه شرکت کنند و صرفاً در قالب یک مخاطب غیرفعال در کلاس درس حاضر نشوند. این موضوع نیازمند شناخت و آشنایی آگاهانه دانش آموزان از هدف ها و نتیجه های مفید تدریس فعال است.

۳. مدیریت

از آن جایی که فرایند تدریس فعال، مستلزم رفع محدودیت های

موجود در آموزش سنتی است، هماهنگی بین مجموعه عوامل در محیط آموزشی، از جمله بین مدیریت مرکز آموزشی و معلم بسیار ضروری است. در واقع، معلمی که پیگیر اجرای روش تدریس فعال باشد، به پشتیبانی و حمایت مدیر واحد آموزشی نیاز دارد. برای این منظور، مدیر باید از آگاهی لازم درباره ضرورت و نتیجه های کیفی تدریس فعال برخوردار باشد.

مقایسه شرایط آرمانی و شرایط واقعی

آموزش و تدریس عملاً در محیط واقعی، با شرایطی غیرآرمانی انجام می گیرد. همان طور که گفته شد، فرایند تدریس فعال مستلزم وجود شرایط اولیه و مؤلفه های آن است که اگر به صورت آرمانی به این شرایط نگاه کنیم، نظر به فقدان چنین شرایطی، در عمل باید از به کارگیری روش تدریس فعال چشم پوشید. بنابراین، نگرش آرمانی مشکل را حل نمی کند. یعنی باید به فرایند «تدریس فعال» و «شرایط موجود» واقعی تر نگریست. باید دید، با توجه به شرایط واقعی و موجود (نه شرایط آرمانی)، فرایند تدریس فعال در چه قالب هایی امکان پذیر است. به امکان اجرای تدریس فعال به صورتی نسبی نگریست و برحسب شرایط و با توجه به تمام عوامل موجود، تدریس فعال را معنا و اجرا کرد. نباید به خاطر نبود مجموعه شرایط آرمانی برای اجرای تدریس فعال، روش غیرفعال را در آموزش پیش گرفت.

محتوای برنامه تدریس فعال

آشنایی صحیح با هدف ها و محتوای برنامه تدریس فعال می تواند ما را در دستیابی به روش های این گونه تدریس هدایت کند. در برنامه تدریس فعال، هدف اساسی انتقال اطلاعات غیرمرتبط و اندیشه های پراکنده نیست، بلکه هدف نهایی: «آموزش چگونه اندیشیدن در مورد یک پدیده، با اتکا به روش های علمی» است. هدف از تدریس

روش تدریس فعال



فعال، آموزش اصولی است که با استفاده از آن‌ها دانش‌آموختگان برای حل هر مسأله مشخص، به الگوهای کلیشه‌ای از قبل تعیین شده نیاز نداشته باشند، بلکه بتوانند با نگرشی جامع مسائل را تحلیل کنند. بنابراین، برای رسیدن به این هدف‌ها، روش تدریس فعال در قالب ایجاد زمینه‌های بروز خلاقیت، مشارکت فعال دانش‌آموزان در امر آموزش و... تعریف می‌شود. ولی با توجه به نبود تمام شرایط لازم برای اجرای تمام و کمال این روش، باید تلاش کرد که بتوان با استفاده از روش‌های ساده و دست‌یافتنی، تا حد امکان به هدف‌های تدریس فعال نزدیک شد. این روش‌های ساده و دست‌یافتنی باید در هر محیط، بر حسب شرایط تشخیص داده شوند.

مهم این است که معلم علاقه‌مند به دنبال دستیابی به شناخت این شرایط باشد. معلمی که دغدغه روش‌های تدریس فعال را داشته باشد، سعی می‌کند امکانات و موانع را برای اجرای این روش شناسایی کند. میزان آمادگی دانش‌آموزان، امکانات موجود آموزشی، حمایت مدیریت، فرهنگ کار گروهی و مشارکت‌پذیری دانش‌آموزان از جمله مواردی هستند که معلم باید ارزیابی کند. باید توجه کرد که واژه «فعال» در محیط‌ها و شرایط متفاوت به یک صورت قابل تعریف نیست. در محیطی که به دلیل دور بودن از تغییر و تحولات آموزشی، در درازمدت «مفهوم تغییر» را به عنوان بخشی از ساختار یک مجموعه آموزشی باور نمی‌کنند، مفهوم فعال بودن به صورت هر «حرکت جزئی» نیز قابل تعریف است. یعنی در این محیط نمی‌توان از دانش‌آموزان انتظار زیادی داشت. پس «فعال بودن» را باید به صورت «نسبی و پویا» تعریف کرد.

ممکن است آنچه را که در یک محیط خلاقیت و فعال بودن می‌نامیم، در یک محیط پیشرفته‌تر، امری عادی تلقی شود. پس هیچ‌گونه الگویی که بتوان به عنوان روش تدریس فعال، در تمام محیط‌ها و شرایط اجرا کرد، از قبل تدوین نشده است. ممکن است روشی در یک محیط مشخص به عنوان یک «تجربه موفق» گزارش شده باشد، ولی این الزاماً به معنی موفق بودن این روش در شرایط متفاوت نیست. این یک تجربه است که می‌توان با آن آشنا شد، و تنها بخش‌هایی از این تجربه در محیط دیگر قابل استفاده‌اند که با شرایط این محیط سازگار و قابل انطباق باشند.

آموزش سنتی و تدریس فعال

به طور کلی، تدریس فعال در اصول اساسی با آموزش سنتی اختلاف دارد. بارزترین تفاوت این دو روش، در نوع نگرش به «مفهوم آموزش» خود را نشان می‌دهد. آموزش سنتی بر اساس انتقال اطلاعات در قالبی خاص است، ولی آموزش فعال بر مبنای مشارکت دانش‌آموزان در امر آموزش و گفت‌وگوی بین معلم و دانش‌آموز ارائه می‌شود. این تفاوت اساسی در نگرش‌ها و هدف‌های اصلی، باعث به کارگیری روش‌هایی متفاوت در آموزش می‌شود. تدریس سنتی در عمل بر محوریت «معلم» در آموزش تأکید می‌کند، در حالی که اساس تدریس فعال، مشارکت

فعال دانش‌آموزان در امر تدریس است.

به دلیل این تفاوت‌ها، جمعی که به شیوه‌های سنتی تدریس عادت کرده باشند، در مقابل روش‌های نوین آموزش از خود مقاومت نشان می‌دهند. هر قدر مؤلفه‌های تغییر و تحول در محیط آموزش کمتر شکل گرفته باشند، میزان این مقاومت بیش‌تر است. در چنین محیطی، اجرای تدریس فعال با مشکلات بیش‌تری مواجه می‌شود و تلاش بیش‌تری می‌طلبد. بنابراین، در کل باید نوعی واکنش منفی را از طرف این محیط انتظار داشت. برای کاهش مقاومت منفی، باید آگاهی افراد از نتیجه‌های مثبت و کیفی روش تدریس فعال، بالا رود.

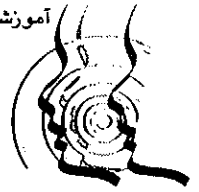
تدریس فعال، نتیجه‌های کوتاه‌مدت و درازمدت

برای پذیرش روش تدریس فعال به عنوان روشی برتر در آموزش، باید افراد درگیر با امر آموزش، نتیجه‌های کیفی این روش را در عمل تجربه کنند و باور کنند که با استفاده از این روش، در درازمدت می‌توان انسان‌هایی مفید برای توسعه جامعه تربیت کرد. در روند کوتاه‌مدت مفید است که الگوهای تدریس فعال و نتیجه‌های آن را به دیگران نشان دهیم.

آنچه مسلم است که «تدریس فعال» انجام شده امکان دارد از نظر دیگران در شرایط دیگر قابل اجرا نباشد. در این راستا می‌توان بر مبنای امکانات، حدود اجرای تدریس فعال را بررسی کرد. در درازمدت لازم است، ناکارآمد بودن روش‌های سنتی آموزش را در سرنوشت و آینده دانش‌آموختگانی بررسی کرد که سرانجام در مدیریت علمی و اجتماعی و اقتصادی جامعه قرار می‌گیرند. جامعه ما باید بپذیرد که دانش‌آموزان امروز، مدیران آینده جامعه خواهند بود. پس روشی که بتواند «بهرتر اندیشیدن به مسائل» را آموزش دهد، می‌تواند روشی موفق‌تر باشد.

برخی اصول مورداستفاده در تدریس فعال

۱. به دانش‌آموز فرصت «تجربه شخصی» داده شود. به هیچ‌وجه نباید به جای دانش‌آموز تجربه شخصی را انجام داد.
۲. به دانش‌آموز فرصت «فکر کردن» یا «اندیشه شخصی» داده شود. نباید به جای دانش‌آموز فکر کرد، بلکه باید شرایطی را فراهم آورد که تدریجاً «اندیشیدن صحیح و علمی» را بیاموزد.
۳. به هیچ‌وجه نباید «اندیشه‌های شکل گرفته» را به صورت قالبی در کلیشه‌های مشخص به دانش‌آموز منتقل کرد.
۴. به جای آن که معلم، خود طراح پرسش و پاسخگویی آن نیز باشد، باید شرایطی را به وجود آورد که برای دانش‌آموز «پرسش‌های اساسی» مطرح شود. تلاش دانش‌آموز در یافتن اصول درست پاسخگویی به پرسش‌ها و شکل‌گیری فرایند «بهرتر اندیشیدن» است.
۵. به دانش‌آموز چگونگی ایجاد ارتباط بین یک مسأله مشخص و هدف‌های آموزشی طرح مسأله را آموزش دهیم. بیاموزیم که چگونه با نگرش جامع‌تر به مفاهیم، می‌توان گستره کاربرد یک قانون را در پدیده‌هایی به ظاهر متنوع دریافت.



سواد فیزیکی،

انرژی و

محیط زیست

سواد فیزیکی،

محیط زیست



ارت هاسن
استاد دانشگاه ارکانزاس
مترجم: معصومه پارساجو

چکیده

در حقیقت، کشورهای مردم سالار صنعتی دوام نخواهند آورد، مگر این که شهروندانشان سواد علمی به دست آورند. به دلایل بسیار ساده‌ای می‌توان ثابت کرد که در کشورهای صنعتی، اغلب مشکلات اساسی به علوم و فناوری مربوط می‌شوند، هرچند که در این کشورهای مردم سالار، شهروندان تصمیم‌گیری‌ها را انجام می‌دهند. بنابراین، شهروندان واقعاً نیازمندند که در مورد انرژی و محیط زیست و بعضی از موضوع‌های مرتبط با آن‌ها، اطلاعاتی داشته باشند.

اما کشورهای مردم سالار صنعتی، امروزه از سواد علمی فاصله بسیار دارند. برای مثال، دیوید گودستین، فیزیکدان و کارشناس امور آموزشی می‌گوید، نظام آموزشی آمریکا آن قدر بد است که می‌توان آن را تهدیدی برای مردم سالاری ایده‌ال جفرسون به حساب آورد. همچنین می‌گوید، تقریباً ۹۵ درصد افراد جامعه آمریکا، با هر تعریف منطقی، از نظر علمی بی‌سوادند.

جان میلر، مدیر «مرکز بین‌المللی توسعه آموزش علمی» و مدرس روزنامه‌نگاری در دانشگاه «نورث وسترن» اندازه‌گیری و

دوره‌های آموزش علوم برای آگاهی‌های اجتماعی، شدیداً مورد نیاز هر جامعه مردم سالار و صنعتی است. این مقاله با قرار دادن موضوع‌های اجتماع‌گویی در بافت کلی سواد علمی، بر آن است که مسئله‌های مهم اجتماعی را می‌توان به راحتی در یک دوره آموزش فیزیک قرار داد. لذا نگاهی به موضوع‌های انرژی و محیط زیست دارد و همچنین به بحث در این مورد می‌پردازد که چگونه می‌توان سه مسئله استفاده از انرژی در حمل و نقل، تهی شدن جهانی لایه اوزون، و گرم شدن جهانی را آموزش داد.

آموزش فیزیک برای همه شهروندان

به نظر یک انجمن آمریکایی، پیشرفت علوم در برنامه «علم برای همه آمریکایی‌ها»، عامل بالقوه ارتقای زندگی علمی و فنی عملی نمی‌شود، مگر این که همه مردم علوم، ریاضیات، و فناوری را بفهمند و عادت علمی اندیشیدن را پیدا کنند؛ بدون جمعیتی با سواد علمی، دورنمای جهانی بهتر چندان نویدبخش نیست.



تجزیه و تحلیل شناخت مردم از علم پیشگام است. وی «آموزش علمی مدنی» را بدین صورت بیان می‌کند:

۱. شناخت از مفاهیم بنیادی علم مثل مولکول و ساختار منظومه شمسی؛

۲. شناخت سرشت کنجکاوی؛

۳. طرح منظم کسب اطلاعات، مثل خواندن و درک کتاب‌های علمی عمومی.

در سال ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰، با توجه به معیارهای میلر، تقریباً ۱۰ درصد آمریکایی‌های بزرگسال، از لحاظ علمی و اجتماعی واجد شرایط عنوان شهروند باسواد بودند و این نسبت در سال ۱۹۹۹، به ۱۷ درصد افزایش یافت. او گزارش خود را این طور ادامه می‌دهد که تعجب‌آور است، ولی نسبت سواد علمی در کانادا، ژاپن و اتحادیه اروپا از این هم پائین‌تر است. به نظر میلر، این سطح آموزشی احتمالاً بسیار کمتر از نیازهای یک جامعه مردم‌سالار قوی در یک کشور با روند علمی رو به رشد فزاینده است.

همه این مطالب، نیاز به دوره‌های آموزش علمی در هر سطح آموزشی را یادآور می‌شود. اما کشورهایی که گزارشی را مبنی بر نزدیک شدن به رفع این نیازمندی، مخصوصاً در فیزیک، ارائه دهند، بسیار کم هستند یا وجود ندارند. برای مثال، در آمریکا بیش تر فارغ‌التحصیلان دبیرستانی، هرگز فیزیک نخوانده‌اند و اگر هم خوانده باشند، احتمالاً در آن، تمرکز روی دوره‌های آموزش فنی بسیار بوده است. این اندازه، نیازهای شهروندان یک جامعه مردم‌سالار را در رابطه با مطالب آموزش‌های علمی برآورده نمی‌کند. پی بردن به حالت بیمارگونه مدرسه‌های دولتی جامعه آمریکا از نتیجه‌های آزمون‌های ریاضیات و علوم بین‌المللی است. این نتیجه‌ها نشان می‌دهند که دانش‌آموزان آمریکایی، در سطح پایین‌تری از هم‌تاهای خود در دیگر کشورهای صنعتی و بسیاری از کشورهای در حال توسعه هستند.

به عنوان یک نقطه روشن در میان این اخبار بد، جالب توجه است که پیرسیم: «چرا آمریکایی‌های بزرگسال، واقعاً از لحاظ علمی باسوادتر از هم‌تاهای خود در دیگر کشورهای صنعتی هستند، در حالی که دانش‌آموزان دبیرستانی این کشور بسیار ضعیف‌تر از کشورهای دیگر عمل می‌کنند؟»

طبق تجزیه و تحلیل داده‌های میلر که شامل: شرایط سنی، موفقیت‌های تحصیلی، و دوره‌های تکمیلی علوم در دانشگاه و دیگر عامل‌ها می‌شود، او نتیجه گرفت که مهم‌ترین شاخص باسوادتر بودن بزرگسالان آمریکایی به تعداد درس‌های علمی در سطح کالج مربوط است. یعنی این نسبت بالای بزرگسالان باسواد علمی در آمریکا، به دلیل ارائه تعداد زیادی از به اصطلاح درس‌های آموزش عمومی در کالج است که همه دانشجویان

کالج، حتی دانشجویان رشته‌های غیرعلمی، این دوره‌ها را می‌گذرانند (دوره‌های روشنگری فرهنگی کاملاً غیرمرتبط با رشته تحصیلی دانشجویان هستند). طبق یادداشت‌های میلر، این مسأله که آمریکا تنها کشور بزرگی است که فارغ‌التحصیلان دانشگاهی آن دوره‌های آموزش عمومی مورد نیاز را می‌گذرانند، در جامعه علمی دنیا ناشناخته است.

با توجه به نیاز به دوره‌های آموزش علمی در سطح دانشگاهی و مدرسه‌های عمومی، چگونه باید ساختار این دوره‌ها را برنامه‌ریزی کنیم؟ به طور خلاصه می‌توان گفت: «دوره‌های فیزیک عمومی باید به گونه‌ای برای رشته‌های غیرعلمی تدریس شوند که اشتیاق زیاد و درک مطالب را برای دانش‌آموزان به همراه داشته باشند. اصولاً در این دوره‌ها باید نکته‌های زیر را در نظر گرفت:

● مطالب مفهومی (غیرجبری)، ولی حاوی ریاضیات باشد، مثلاً: توان‌های ده، دستگاه متریک، نمودارها، درصدها، برآوردها، احتمالات و تناسب‌ها.

● از روش‌های تعاملی یا پرسش‌برانگیز استفاده شود تا دانش‌آموزان با همدیگر و معلم، و برنامه‌های رایانه‌ای و کتاب‌های مرجع، در یک فرایند تفکر علمی شرکت جویند.

● به جای استفاده از روش دانشنامه‌ای، تمرکز روی تعداد کمی از مطالب باشد.

● عادت تفکر به روش علمی از طریق طرح یک موضوع رایج مثل «از کجا می‌دانیم؟» به آن‌ها تفهیم شود.

● ۵۰ درصد از وقت کلاس به فیزیک جدید (به طور مثال از شروع قرن قبل) و فیزیک معاصر اختصاص یابد.

● موضوع‌های اجتماعی مناسب مثل منابع انرژی و محیط زیستی در برنامه گنجانده شوند.

ادامه این مقاله، به آخرین نکته از نکات بالا مربوط است.

موضوع‌های اجتماعی مناسب برای دوره‌های آموزش فیزیک

طیف وسیعی از موضوع‌های اجتماعی را می‌توان به راحتی در یک دوره آموزشی فیزیک جای داد. تدریس من معمولاً شامل این مطالب است:

- روش‌شناسی علمی (روی یک موضوع متداول)

- مادی‌گرایی و عالم مکانیکی نیوتون

- اتومبیل (در ادامه توضیح داده می‌شود).

- کارآمدی حمل و نقل (در ادامه توضیح داده می‌شود).

- نیروگاه برقی - بخاری (چگونه کار می‌کند، جریان انرژی و

کارایی انرژی)

- استفاده از منابع و رشد نمایی (از جمله انفجار جمعیت)

- تهی شدن لایه اوزون

- گرم شدن زمین (در ادامه توضیح داده می شود .)

- جست وجو برای یافتن هوش فرازمینی و مطرح کردن پرسش های فرمی (این موجودات کجا هستند؟ آیا تمدن های پیشرفته فنی دوام خواهند یافت؟)

- تعبیر و تفسیر فیزیک کوانتومی و تضادهای آن با فیزیک

نیوتونی

- سن یابی پرتوزا و سن های زمین شناختی

- پرتوگیری انسان از تابش پرتوزا

- چگونگی مقابله با خطر در جامعه ای با فناوری بالا

- تاریخچه انرژی شکافت هسته ای

- پروژه مانهاتان (اولین بمب شکافتی)

- سلاح های همجوشی (بمب های هیدروژنی)

- شواهدی برای مهبانگ، و جزئیات منشأ عالم در مهبانگ

تورمی

- آینده انرژی (انرژی های فسیلی - هسته ای و انرژی های

تجدیدپذیر و کارایی انرژی).

این فهرست طولانی است، و مطمئناً لازم نیست که هر دوره

آموزشی خاصی شامل همه این مطالب باشد. در واقع می توان با

گنجاندن یک یا دو مطلب از فهرست بالا در دوره آموزشی، به

سادگی انگیزه دانش آموز را افزایش داد و ارتباط فیزیک با جامعه را

به آن ها نشان داد. از طرف دیگر، دوره های سواد علمی، در واقع

نباید شامل فیزیک سنتی بر مبنای جبر باشند که در دیگر دوره ها

وقت بسیار زیادی را به خود اختصاص می دهند. همچنین، نباید

بسیاری از موضوع های کلاسیک کم اهمیت را در بر گیرند که

معمولاً در دوره های مرسوم گنجانده می شوند. در عوض، این

دوره ها باید به تعداد کمی از قانون ها و اصول فیزیکی محدود

باشند؛ از جمله: قانون اول نیوتون، قانون پایستگی انرژی، و

قانون دوم ترمودینامیک، میدان ها، ثابت بودن سرعت نور و

کوانتس که برای شناخت عالم فیزیکی ضروری هستند.

می توانید بسیاری از موضوع های اجتماعی را به اختصار، با

مثال و عکس و کاربردهای اصول اساسی فیزیک ارائه دهید. به

جای انباشتن این موضوع ها در پایان دوره آموزشی، به محض این

که دانش آموزان اصول فیزیکی مورد نیاز برای فهم موضوع را فرا

گرفتند آن ها را در دوره آموزشی بگنجانید. برای مثال، مطالب

مربوط به حمل و نقل را بعد از مبحث های ترمودینامیک و مکانیک

تدریس کنید و گرم شدن زمین را پس از انرژی و تابش های

الکترومغناطیسی درس بدهید.

همیشه بر اصول اساسی علمی تأکید کنید، به طوری که

دانش آموزان ببینند که فیزیک واقعاً با مسائل مهم اجتماعی مرتبط

است. برای این منظور، دلایل بسیاری را ارائه کنید، روش تفکر

انتقادی را به کار ببرید، و بر روش شناسی علمی تأکید کنید؛ به ویژه اگر موضوعی جنجالی مثل گرم شدن زمین یا انرژی هسته ای مطرح باشد. به خاطر داشته باشید که برای دانش آموزان، امتحانات هدف واقعی درس شما را تعیین می کنند، پس موضوع های اجتماعی را در امتحان خود بگنجانید.

انرژی و جامعه

انرژی موضوع متداول و جالب توجهی برای دوره های آموزشی علمی است. مفاهیم انرژی از مفاهیم قانون های نیوتون که وقت بسیار زیادی را به آن ها اختصاص می دهیم، مفیدترند؛ زیرا انرژی وارد معادله دیفرانسیلی درجه اولی می شود که شامل سرعت است، در حالی که نیرو وارد معادله درجه دومی می شود که شتاب را در بر دارد. چون انرژی در فیزیک جدید هم دست نخورده باقی می ماند (البته کوانتیده می شود و معادل جرم است)، اصول اساسی هر فرایند فیزیکی را می توان تقریباً بر حسب تغییرات انرژی فهمید.

برای مثال، وقتی یک کتاب بدون مقاومت هوا سقوط می کند، انرژی از شکل انرژی گرانشی زمین (در حالتی که کتاب در سطح بالایی قرار دارد)، به انرژی گرمایی حاصل از برخورد با سطح زمین تبدیل می شود. مقاومت هوا انرژی گرمایی حاصل از برهم کنش مولکول های هوا در حین سقوط کتاب را نیز وارد می کند. در هر لحظه از سقوط، انرژی کل یکسان است. می توان قانون دوم ترمودینامیک را در تبدیل انرژی مکانیکی (جنبشی یا گرانشی) به انرژی گرمایی دید. توصیف این فرایند ساده و متداول با مفاهیم نیروی نیوتونی کاملاً دشوار و تقریباً غیرممکن است؛ زیرا انرژی گرمایی یک فرضیه میکروسکوپی نیوتونی نیست.

انرژی علاوه بر اهمیت علمی، اهمیت اجتماعی بسیار نیز دارد؛ زیرا می تواند اجسام را به حرکت درآورد (توانایی انجام کار). همچنین، به دلیل کمبود شکل های مناسب انرژی از نظر فنی و تأثیرات زیست محیطی دستگاه های مبدل انرژی، از لحاظ اجتماعی نیز بسیار مهم است.

برای مثال، وسایل حمل و نقل را در نظر بگیرید. وسیله حمل و نقلی که انرژی مصرف می کند و بیشترین تأثیر را بر محیط زیست دارد، اتومبیل است. به عنوان یک تمرین ساده عددی و هشدار دهنده، از دانش آموزان بخواهید که آهنگ مصرف انرژی یک ماشین معمولی را تخمین بزنند، در حالی که از این واقعیت تجربی استفاده می کنید که یک لیتر بنزین وقتی می سوزد، معادل ۳۵ میلیون ژول انرژی گرمایی تولید می کند. یادآوری کنید که یک اتومبیل معمولی ۱۲ کیلومتر مسافت را با سرعت معمولی ۸۰ کیلومتر بر ساعت با مصرف یک لیتر بنزین طی می کند. پاسخ ۷۰ کیلووات است که معادل انرژی مصرف شده توسط ۷۰۰ لامپ ۱۰۰ واتی درخشان است. سرعت نیز ثابت فرض می شود.



شتاب، این توان را در ضریب ۵ ضرب می کند.

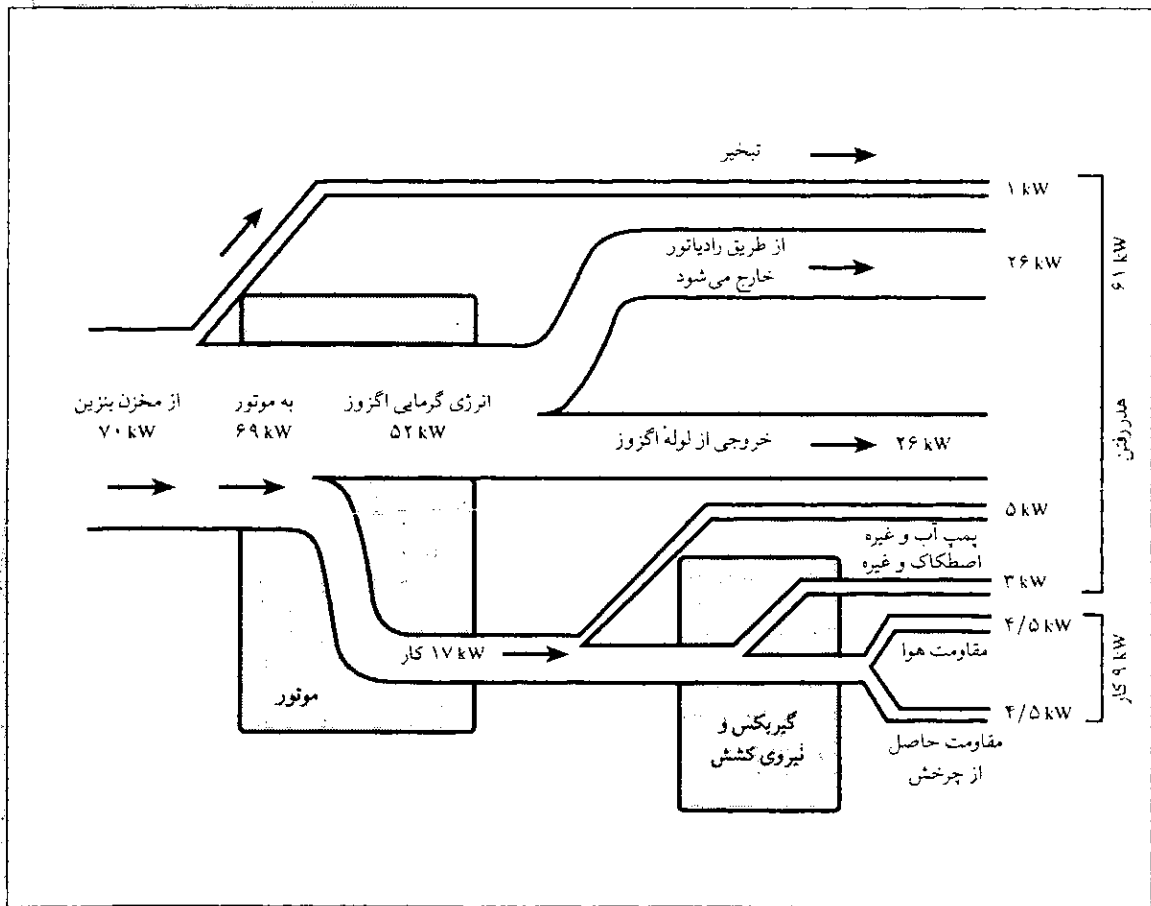
شکل ۱، تبدیل انرژی را در یک اتومبیل معمولی نشان می دهد. چنین نمودارهای مصرف انرژی، در تشریح طیف وسیعی از فرایندهای فیزیکی استفاده می شوند. آن ها در یک نگاه اجمالی دو قانون مهم انرژی را نمایش می دهند: قانون پایستگی انرژی (که با قانون اول ترمودینامیک هم ارز است) و قانون دوم ترمودینامیک. در قانون دوم پایستگی انرژی، چون انرژی پایسته است می توان آن را شماره ای در نظر گرفت که تغییر شکل می دهد، ولی حجم آن تغییر نمی کند. مقدار جریان ورودی هر انرژی در حال تغییر، با مقدار خروجی آن یکسان است.

شکل ۱، قانون دوم ترمودینامیک را در یک تبدیل انرژی غیر گرمایی میکروسکوپی سازمان یافته تر به انرژی گرمایی کم تر سازمان یافته نشان می دهد که فقط کسر بسیار کوچکی از آن در موتور ماشین به صورت کار مکانیکی و بقیه به صورت انرژی گرمایی با دمای پائین تر (چون آنتروپی باید کاهش یابد)، درخواست آمد. این تمایل انرژی گرمایی است که از دمای بالاتر به دمای پائین تر جریان یابد و آنتروپی آن از راه تعادلی که باعث حرکت

موتورهای گرمایی می شود، افزایش یابد.

چون منابع انرژی محدود هستند و استفاده از انرژی باعث آلودگی می شود، مسئله «کارایی انرژی» و سایر اهمیت اجتماعی زیادی دارد. قانون دوم بیان می کند، هر وسیله ای که از انرژی گرمایی برای انجام کار استفاده می کند، حتماً کارایی کمتر از ۱۰۰ درصد دارد. از نظر کمی، برای موتور اتومبیلی که در دمای ۶۰۰K کار می کند و دمای خروجی آن در حدود دمای جو یعنی ۳۰۰K است، قانون دوم، «کارایی بیشینه» را حدود ۵۰ درصد پیش بینی می کند (کار مفید خروجی تقسیم بر کل انرژی ورودی). در واقع، کارایی یک موتور واقعی که در شکل ۱ نشان داده شده است، فقط ۲۵٪ = ۱۷/۶۹ است. بدتر این که «کارایی انرژی کل» یک ماشین با سرشنینانش در جاده فقط ۱۳٪ = ۹/۷۰ است یا حدود ۱/۸. به عبارت دیگر، از هر ۸ لیتر بنزینی که داخل اتومبیل می ریزیم، عملاً فقط ۱ لیتر صرف حرکت ماشین در جاده می شود.

همه این ها را باید با آموزش تعاملی به دانش آموزان منتقل کرد. در کلاس هایم به منظور راهنمایی کلاس از طریق بحث با شاگردان



شکل ۱. نمونه ای از آهنگ جریان انرژی در اتومبیل بدون شتاب گیری و با سرعت زیاد بزرگراهی

به اضافه روش پسخور برای پیدا کردن پاسخ‌های مناسب، معمولاً شکل ۱ را به صورت ترانما در دستگامی گذارم و پرسش‌های چهارگزینه‌ای را با شاگردانم مرور می‌کنیم.

اما اتومبیل‌های با کارایی ۱۳ درصد پایان این داستان نیستند. چون هدف وسایل نقلیه حرکت وسیله نقلیه در جاده نیست، بلکه حرکت انسان‌ها در جاده است. پس از نظر اجتماعی، به معیار اجتماعی (به لحاظ اجتماعی) مناسب‌تری از کارایی نیازمندیم. در حالی که ما این تصور کلی را داریم که کارایی یک وسیله نقلیه، از تقسیم کار خروجی مفید بر کل ورودی مورد نیاز برای حرکت ماشین به دست می‌آید، ولی در واقع این تعریف را به صورت «کارایی حرکت سرنشینان اتومبیل» (تعداد سرنشینان ضربدر مسافت طی شده بر حسب کیلومتر) به ازای مگاژول انرژی مصرف شده بیان می‌کنیم. این تعریف به ما کمک می‌کند که مطابق جدول ۱، شکل‌های گوناگون حمل و نقل را مقایسه کنیم. در این جدول، انرژی ورودی برای انسان‌ها مقدار کالری غذای مصرفی است. اگر بخواهیم سیستم‌های حمل و نقل را به طور معقولی گسترش دهیم، باید مطالب این جدول را بدانیم.

حتی می‌توانیم «کارایی‌های حرکت سرنشینان» ماشین‌ها و حیوانات گوناگون را مقایسه کنیم. اما در این مورد، نیاز به معیار کارایی داریم که برای جرم‌های حیوانات متفاوت محاسبه شود. بنابراین، کارایی را برحسب کیلوگرم‌های «وسایل نقلیه و حیوانات» ضربدر مسافت طی شده به ازای مگاژول، محاسبه می‌کنیم. جالب توجه است که کارآمدترین وسیله‌های حمل و نقل و انتقال جمعی، نه تنها برای انسان‌ها، بلکه برای همه حیوانات، انسان

دوچرخه‌سوار است. دو دلیل فیزیکی باارزش برای این موضوع وجود دارد: اول این که دوچرخه روی چرخ‌هایی حرکت می‌کند که از قانون لختی بهره می‌گیرند (قانون اول نیوتون)؛ یعنی وقتی به حرکت در آمد، حرکتش ادامه می‌یابد. دوم این که دوچرخه بسیار مؤثرتر از دیگر وسایل نقلیه چرخدار عمل می‌کند (به دلیل قانون دوم ترمودینامیک) که به موجب آن، حیوانات انرژی شیمیایی را مستقیماً به کار تبدیل می‌کنند، اما وسیله‌های نقلیه مکانیکی که انرژی گرمایی را به کار تبدیل می‌کنند، باید با محدودیت شدید کارایی قانون دوم هماهنگ شوند.

وسیله‌های نقلیه، بار را هم جابه‌جا می‌کنند. معیاری مناسب برای کارایی حرکت بار، کیلوگرم بار ضربدر مسافت طی شده برحسب کیلومتر به ازای هر مگاژول (جدول ۳) است.

کارایی قطار شش برابر کارایی کامیون است و ۴۲ برابر کارایی هواپیماست. این تفاوت از اصول فیزیکی ناشی می‌شود. وسیله‌های نقلیه، بیش‌تر کارشان صرف غلبه بر مقاومت هوا و مقاومت چرخشی می‌شود (شکل ۱). قطارها مقاومت هوا را با سطح جلویی کوچک و ساده‌ای که دارند، کاهش می‌دهند و باری را معادل ۲۰۰ کامیون حمل می‌کنند. مقاومت غلتشی از گشتاور رو به عقب زوج نیرویی حاصل می‌شود که توسط پهن شدن جزئی لاستیک روی جاده، به وجود می‌آید. چرخ‌های فولادی قطار با پهن شدن مختصر از این اتلاق اجتناب و قطار را به «غلتنده‌هایی خوب» تبدیل می‌کنند. همان‌طور که هر دوچرخه‌سوار ماهر می‌تواند بگوید، چرخ‌های پر باد دوچرخه هم غلتنده‌هایی خوب هستند.

جدول ۱- کارایی‌های مربوط به مدهای گوناگون نقل و انتقال انسان‌ها، برحسب سرنشین = کیلومتر به ازای هر مگاژول

مد	(km.MJ) کارایی سرنشین
انسان سوار بر دوچرخه	۱۸
شخصی که قدم می‌زند	۵
قطار بین شهری	۱/۷
توابع شهری	۰/۹
تومبیل با چهار سرنشین	۰/۷
هواپیمای تجاری	۰/۴
وسایل نقلیه جمعی (متوسط اشغال ۱/۱۵)	۰/۲



جدول ۲. کارایی انتقال جمعی حیوانات و ماشین ها برحسب کیلوگرم - کیلومتر به ازای هر مگاژول

کارایی (km.MJ ⁻¹)	مُد
۱۱۰۰	انسان سوار بر دوچرخه
۲۰۰	ماهی نوعی
۵۰۰	اسب
۳۰۰	شخصی که قدم می زند
۲۰۰	پرنده نوعی
۱۰۰	قطار بین شهری
۵۵	اتوبوس شهری
۵۰	مرغ مگس
۴۰	اتومبیل با چند سرنشین
۴۰	هواپیمای تجاری
۱۲	پرنده، زنبور
۵	موش

جدول ۳. کارایی حمل بار، برحسب کیلوگرم - کیلومتر به ازای هر مگاژول

کارایی (km.MJ ⁻¹)	مُد
۳۱۰۰	قطار (باری)
۴۹۰	کامیون (سنگین)
۷۴	هواپیما

محیط زیست

زیرا CFCs گازهای گلخانه ای پرتوانی هستند و گرم شدن کره زمین نیاز به خنک کردن را در برین سپهر به وجود می آورد، و برودت جو بالایی را فراهم می سازد که پیش نیاز لازم برای تهی شدن ازون قطبی است. آزاد کردن مواد شیمیایی که لایه اوزون را تهی می کند، داستانی است که به پایان رسیده. معاهده های بین المللی که استفاده از این مواد شیمیایی را منع می کنند، شامل تمام مواد مورد نظر است و تراکم مواد مشکل آفرین در جو سرانجام سیر نزولی پیدا کرده است. فقط لازم است ۵۰ سال صبر کنیم تا طبیعت پاسخ خود به آزمایش کلی بدون قصد قبلی ما را به CFCs بدهد. تهی شدن ازون را باید قبل از گرم شدن کره زمین تدریس کرد و چند مثال از مثال های بسیار اجتماعی و فرهنگی را در دوره های مربوط به سواد علمی برای تمام شاگردان گنجانند. این دوره ها هم در مدرسه های متوسطه و هم در سطح دانشگاهی برای هر کشور صنعتی و مردم سالار به شدت مورد نیازند.

منبع

Art Hobson, Physics Education, March 2003, pp 109-114.

تهی شدن لایه اوزون و گرم شدن کره زمین، از موضوع های زیست محیطی هستند که با فیزیک ارتباط دارند. من بلافاصله پس از تدریس طیف الکترومغناطیسی و طیف خورشیدی، مدت ۵۰ دقیقه را به هر یک از این موضوع ها اختصاص می دهم. بسیاری از درس های فیزیکی و اجتماعی پس از ارائه دلایل تهی شدن لایه اوزون و گرم شدن کره زمین روشن می شوند. ناحیه هایی از طیف الکترومغناطیسی (به ترتیب فرابنفش و فرو سرخ) در هر دو موضوع دخیل هستند. هر دو مشکل را ورود مواد شیمیایی ساخت انسان به جو، به ترتیب کلروفلوئورو کربن ها (CFCs) و کربن دیوکسید، به وجود می آورد.

تعجب آور نیست که این موضوع ها، مسائلی با بردی واقعاً جهانی باشند، زیرا CFCs یا کربن دیوکسیدی را که قوطی افشانه یا اتومبیلی در شیکاگو آزاد می کند، می تواند به زودی مشکلاتی را در آفریقا یا قطب جنوب به وجود آورد. گذشته از این، جو اطراف زمین، ظرف چند سال مخلوط می شود. این دو مسئله یکدیگر را تقویت می کنند؛



فیزیک شافقتن

صفر ارجمندی^۱، جوزف. جی. برینکمن^۲ و ترنس پی. تاپکر^۳
 مترجم: سیدمهدی میرقیوم‌نیا (mirghaium@yahoo.com)

تائزانت زاویه بدن شخص را تعیین می‌کند. ($\tan \theta = H/D$)
 این زاویه برای گروهی ۱۵ نفره از دانشجویان پسر و دختر دانشکده
 در حدود ۲۰ درجه بود.

با استفاده از مدل الوار ساده برای صفر، که مرکز جرمش در
 وسط الوار ($L/2$) در نظر گرفته شود، می‌توان معادله گشتاور
 الواری تخت را نوشت که بدون لغزش، سقوط آزاد می‌کند.
 گشتاور حول نقطه‌ای که با زمین تماس دارد، عبارت است از:

$$\tau = mg \frac{L}{2} \cos \theta = I\alpha \quad (1)$$

با قرار دادن مقدار گشتاور لختی الوار یکنواخت یعنی

$$I = \frac{1}{3} mL^2 \quad \text{در رابطه بالا داریم:}$$

$$K \cos \theta = \frac{d^2 \theta}{dt^2} \quad (2)$$

که در آن $K = \frac{3g}{2L}$ است.

معادله (۲) معادله دیفرانسیل غیرخطی است و حل آن چندان

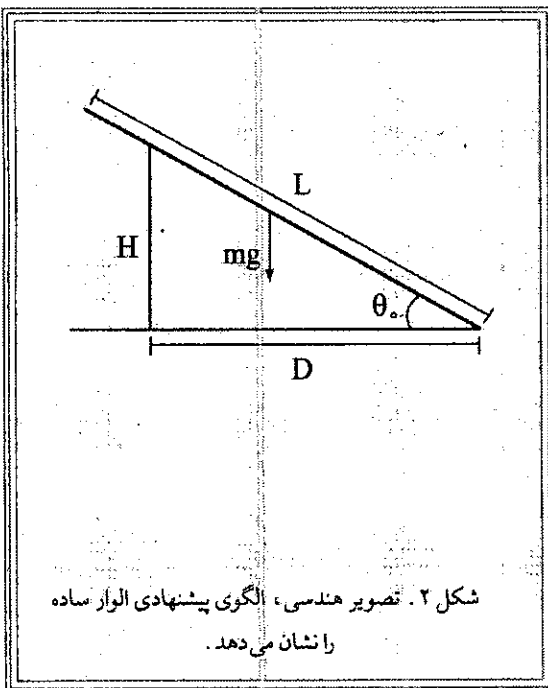
- صفر! در مدت ۱۰ ثانیه، چند شنا می‌توانی بروی؟
 - عملاً به شما نشان خواهیم داد آقای تاپکر!
 پس از این گفت و شنود کوتاه، درحالی که ترنس تاپکر زمان را
 اندازه می‌گرفت، صفر ۱۵ شنا رفت.

- گمان می‌کنم که در بازه زمانی خاص، حد بالای تعداد شنا
 رفتن را اصول فیزیکی تعیین می‌کند، نه توان بدنی شخص.

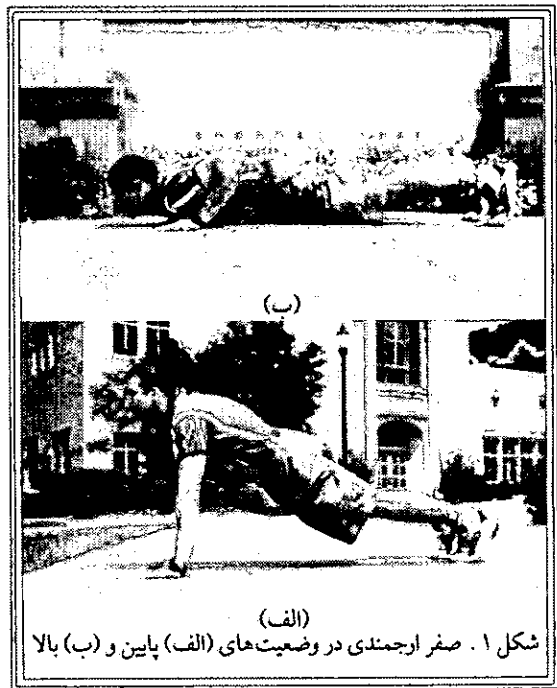
با فرض این که با فشار آوردن به خود شخص، نتواند خود را به
 زمین برساند، کوتاه‌ترین زمان رسیدن به کف را تنها گرانی تعیین
 می‌کند. در چنین شرایطی، یک الگوی فیزیکی ساده می‌تواند،
 الوار تخت و یکنواختی باشد که از یک سر به زمین لولا شده است
 و سر دیگر آن بر اثر ضربه‌های لحظه‌ای بازتاب‌دهنده کشسان در
 محل پایینی (شکل ۱- الف) نوسان کند.

شکل ۱، صفر را در وضعیت‌های پائین و بالا نشان می‌دهد.
 به زاویه بدن در وضعیت بالا توجه کنید.

وقتی شخصی در وضعیت «بالا» است، اندازه ارتفاع شانه‌های
 شخص نسبت به زمین (H) و فاصله دست‌ها تا پاها (D)،



شکل ۲. تصویر هندسی، الگوی پیشنهادی الوار ساده
 را نشان می‌دهد.



شکل ۱. صفر ارجمندی در وضعیت‌های (الف) پائین و (ب) بالا



$$E = mg \frac{L}{\gamma} \sin \theta = \frac{1}{\gamma} I \omega_f^2 = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{1}{\gamma} mL^2 \right) \omega_f^2$$

$$\omega_f = \sqrt{\frac{\gamma g \sin \theta}{L}} \quad (5)$$

برای این که کمترین زمان ممکن در شنا رفتن مطرح شود، می توان زمان رسیدن به اوج در هنگام بالا رفتن را با زمان سقوط در هنگام پایین رفتن، مساوی در نظر گرفت. هرگونه تلاش برای کوتاه کردن زمان رسیدن به اوج، به کمک فشار اولیه بیش تر به سمت بالا، با شکست مواجه می شود.
با قرار دادن معادله های (5) و (3) در معادله (4) خواهیم داشت:

$$t = \frac{\sqrt{\frac{\gamma g \sin \theta}{L}}}{\frac{\gamma g \langle \cos \theta \rangle}{2L}} = \frac{2 \sqrt{\frac{L}{\gamma g} \sin \theta}}{\langle \cos \theta \rangle} \quad (6)$$

بنابراین، نظریه ما پیش بینی می کند که بیشترین تعداد شنا رفتن برای یک شخص در مدت T ، از رابطه زیر به دست می آید:

$$PU_{\max} = \frac{T}{2t} = \frac{T \langle \cos \theta \rangle}{2 \sqrt{\frac{L \sin \theta}{\gamma g}}} \quad (7)$$

برای صفر، $H = 0.44m$ ، $L = 1.78m$ ، $\theta = 20^\circ$

آسان نیست. با وجود این، از آن جا که تغییرات θ چندان زیاد نیست، با میانگین گیری بر $\cos \theta$ ، از θ_0 تا θ_1 می توان معادله را تقریب زد. طبق تعریف داریم:

$$\langle \cos \theta \rangle = \frac{\int_{\theta_0}^{\theta_1} \cos \theta d\theta}{\theta_1 - \theta_0} = \frac{\sin \theta_1 - \sin \theta_0}{\theta_1 - \theta_0}$$

برای از 0 تا 20° درجه، مقدار میانگین $\langle \cos \theta \rangle = 0.98$ است. از طرف دیگر، اگر تغییرات را خطی فرض کنیم، داریم:

$$\frac{\cos(20^\circ) + \cos(0^\circ)}{2} = 0.97$$

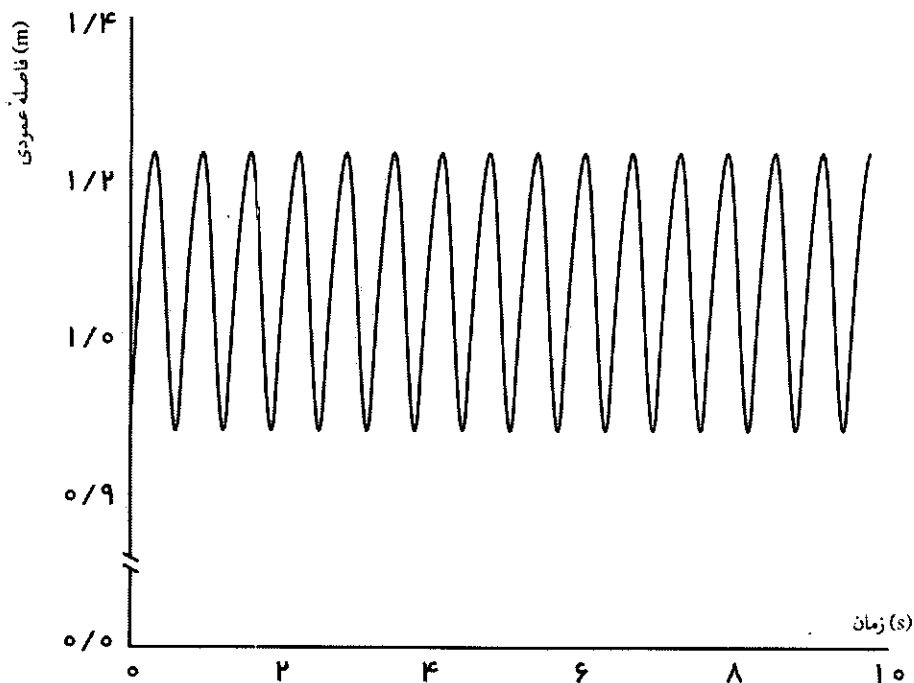
با این ساده کردن، معادله (2) به صورت زیر تبدیل می شود:

$$K \cos \theta = \frac{d^2 \theta}{dt^2} = \alpha \quad (3)$$

در این جا α ثابت است و بی درنگ می توان نتیجه گرفت که $\omega_f = \alpha t + \omega_0$. از آن جا که $\omega_0 = 0$ می توان نوشت:

$$t = \frac{\omega_f}{\alpha} \quad (4)$$

که در آن t ، نصف زمان شنا رفتن در حرکت به سمت پایین است. با استفاده از پایستگی انرژی و برابر قرار دادن انرژی پتانسیل اولیه و انرژی جنبشی دورانی، می توان درست قبل از برخورد به کف، ω_f را به دست آورد:



شکل 3: آشکارساز حرکت، شنا رفتن صفر را در 10 ثانیه ثبت می کند.

واژه‌نامه

فارسی	انگلیسی
میانگین‌گیری	averaging
پایستگی انرژی	conservation of energy
آشکارساز	detector
کشسان	elastic
ضربه	impulse
به طور آنی، لحظه‌ای	instantaneously
گشتاور لختی	moment of inertia
معادله دیفرانسیل غیرخطی	nonlinear differential equation
نوسان	oscillate
وضعیت، مکان	position
انرژی پتانسیل	potential energy
اصل	principle
شنا رفتن (نوعی تمرین ورزشی)	push-up
انرژی جنبشی دورانی	rotational kinetic energy
زمان‌سنجی	timing
گشتاور	torque

D = 1/15m و T = 10s است؛ در نتیجه:

$$PU_{\max} = 17$$

این جواب را برای بیشترین شنا رفتن در 15 ثانیه مقایسه کنید. شکل 3، وضعیت فراز و فرود (نمودار مکان-زمان) شنا رفتن صفر را نشان می‌دهد. این نمودار با استفاده از آشکارسازی ثبت شد که روی شانه‌های صفر نصب شده بود.

روی کره‌ماه که $g = \frac{1}{6}(9/8)m/s^2$ است، شنا در مدت 10

ثانیه برابر است با:

$$PU_{\max} = \frac{17}{\sqrt{6}} = v$$

از دوستان خود بخواهید که اگر می‌توانند، فیزیک را به چالش بطلبند!

زیرنویس

1. صفر ارجمندی. سابقاً دانشجوی مؤسسه آموزش افسران ویژه ROTC دانشگاه زاویر (Xavier) و تکاور سابق ارتش آمریکا بود. در سال 2003، از دانشگاه زاویر، در مقطع کارشناسی فیزیک فارغ‌التحصیل شد و هم‌اکنون در حال گذراندن دوره الکترواپتیک در مقطع کارشناسی ارشد است.

2. جوزف برینگمن، دارای درجه کارشناسی رشته فیزیک (سال 2002) از دانشگاه زاویر است که در صورت نیاز، خدمات فنی به دانشکده ارائه می‌دهد. در حال حاضر، روی یک M.B.A (Master of Business Administration) در زاویر کار می‌کند.

3. تریس تاپکر، استاد دانشگاه زاویر که از سال 1966 در آن‌جا مشغول فعالیت بوده است. تاپکر از انتشار مقاله به همراهی دانشجویان بسیار لذت می‌برد.

Xavier University, ML 4111, 3800 Victory Parkway, Cincinnati, OH 45207; toepker@xavier.edu.

منبع

The Physics Teacher. Vol. 41, September 2003





بستنی فیزیک

کریس کلارک
مترجم: رضا پارساجو

چکیده

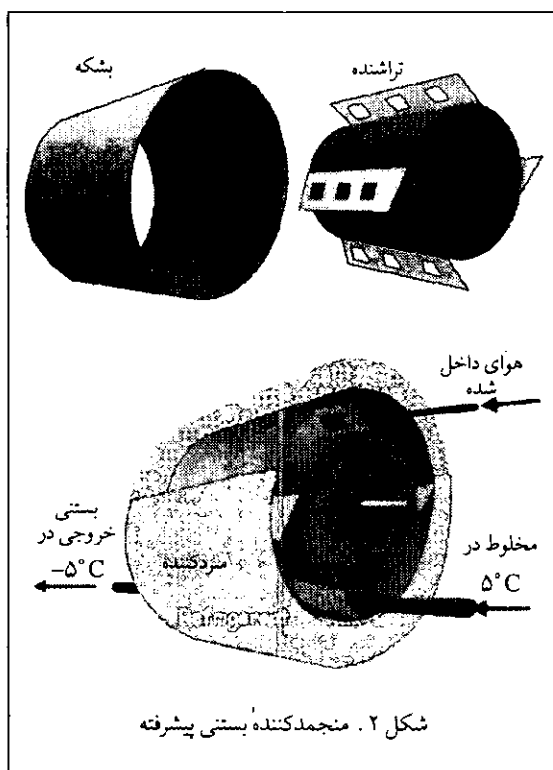
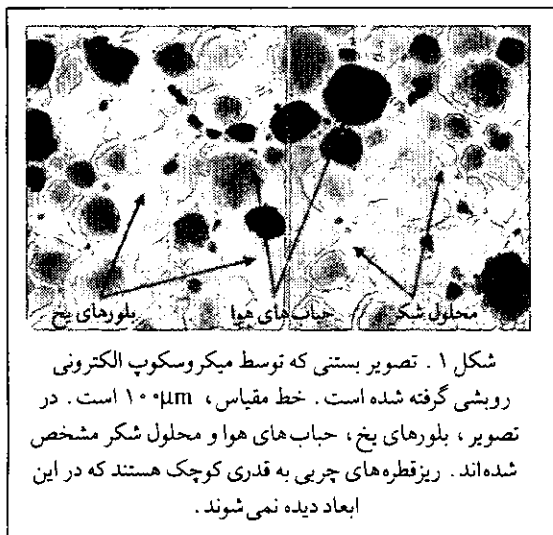
هموزئیزه) تا ذرات چربی را به صورت قطره‌های معلق کوچکی بشکنند ($1\mu\text{m} >$) برای کوچک نگه داشتن قطره‌های چربی ضروری است که اموسیون با ماده فعال سطحی محفوظ شود. در بستنی دو نوع ماده فعال سطحی وجود دارد: پروتئین‌های شیر (مثل کاسئین) و آمیزنده‌ها (مانند مونو-دی گلیسرید یا لسیتین از زرده تخم مرغ یا سویا). پس از آن، مخلوط تا حدود 5°C زیر نقطه ذوب چربی، سرد می‌شود تا شروع به بلوری شدن کند. این پدیده را کهنه شدن می‌نامند. حالا یکی از اجزای زیرساختار، یعنی قطره‌های چربی را تهیه کرده‌ایم. علت نیاز به قطره‌های زیر چربی تا حدی بلورین شده در مرحله بعدی تولید نمایان می‌شود که مخلوط را با هوا دادن و انجماد به بستنی تبدیل می‌کنیم.

مشهور است که اسب سواران مغول در سفرهای خود در صحرای گوبی در زمستان، اولین کسانی بودند که باروش همزمان هوادهی و انجماد، بستنی را ساختند. آن‌ها خامه را در روده حیوانات نگه می‌داشتند که در حین چهار نعل رفتن آن‌ها به شدت تکان می‌خورد و همزمان در دمای زیر صفر منجمد می‌شد. بستنی دیگر به این روش تهیه نمی‌شود، اما بر مبنای همان اصل همزمانی هوارسانی و انجماد ساخته می‌شود.

اولین ماشین بستنی سازی در قرن ۱۹ ساخته شد. این ماشین یک بشکه بود که دیگر اجزا در داخل آن قرار داشتند. مخلوطی از یخ و نمک در خارج یا زیر بشکه قرار می‌گرفت و مخلوط با چرخاندن یک دسته زیر و رو می‌شد. فربزهایی که شما امروزه در کارخانه‌های بستنی سازی می‌باید بر همین اصل استوارند. آن‌ها شامل یک بشکه سردکننده با یک خردکننده دوار داخل آن هستند که به تیغه‌های تراشیده مجهزند (شکل ۲). مخلوط بستنی (در دمای حدوداً 5°C) به داخل بشکه پمپاژ می‌شود. دیواره بشکه سرد است، به طوری که وقتی مخلوط با دیواره تماس پیدا کند، یخ می‌بندد و به سرعت توسط تیغه‌ها تراشیده می‌شود، بلورهای کوچک یخ وارد مخلوط می‌شوند و دمای آن را پایین می‌آورند.

تقریباً همه بستنی را دوست دارند. پس می‌تواند وسیله خوبی برای نشان دادن پدیده‌های فیزیکی متنوع باشد؛ پدیده‌هایی همچون «قانون سرمایش نیوتون»، «قانون بویل» و رابطه بین زیرساختار و خواص ماکروسکوپی (مانند مدول یا نگ) باشد. به علاوه، می‌توان از پایین رفتن نقطه ذوب برای ساختن بستنی در کلاس استفاده کرد. (بعضی از تصویرهای این مقاله رنگی و فقط در نسخه الکترونیکی موجود است.) آب، پروتئین شیر، چربی، شکر و اسانس (مانند توت فرنگی، وانیل یا کاکائو) و مقدار قابل توجهی هوا، اجزای اصلی بستنی را تشکیل می‌دهند. اما با مخلوط کردن آن‌ها و قرار دادنشان در فریزر، بستنی خوبی تولید نمی‌شود. چگونگی ترکیب این اجزای تشکیل دهنده اهمیت بسیار دارد. ما با مشاهده بستنی در سطح میکروسکوپی، مثلاً در مقیاس طولی یک میکرومتر تا یک نانومتر، می‌توانیم متوجه علت این امر شویم. شکل ۱، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از بستنی است که ترکیب زیرساختار بلورهای بستنی (در حدود ۳۰٪ حجم) و حباب‌های هوا (۵۰٪) را نشان می‌دهد که با محلول چسبنده شکر (۱۵٪) به هم متصل شده‌اند. بررسی نزدیک تر حباب‌های هوا چیزهای بسیار ریزی را در سطح آن نشان می‌دهد. این‌ها ذرات چربی (۵٪) هستند. بافتی که هنگام خوردن بستنی احساس می‌کنید، به بزرگی بلورهای یخ و حباب‌های هوا بستگی دارد. برای مثال، بزرگ بودن بلورهای یخ بستنی را یخی و دانه دانه می‌کند. برای درست کردن بستنی با کیفیت خوب، ضروری است که زیرساختار به خوبی آماده شود و برای انجام این کار، باید چیزهای زیادی را درباره فیزیک بدانید.

خب، زیرساختار را چگونه شکل می‌دهید؟ در یک کارخانه بستنی سازی، ابتدا اجزای تشکیل دهنده با نسبت‌های درست با هم مخلوط می‌شوند و این مخلوط برای از بین بردن موجودات ذره بینی مضر پاستوریزه می‌شود. سپس مخلوط همگن می‌شود



تفاوت اصلی بین فریزرهای بستنی دوره ملکه و ویکتوریا و سردکننده‌های جدید است. قبل از اختراع سردکننده‌های مکانیکی، بهترین سردکننده موجود مخلوط یخ و نمک (سدیم کلرید) بود. برای درک آنچه هنگام مخلوط شدن یخ خورده شده (در دمای صفر) و نمک، رخ می‌دهد، از منحنی نقطه انجماد (شکل ۳) استفاده می‌کنیم. اضافه کردن یک محلول به آب، نقطه انجماد آن را پایین می‌آورد (این به پایین رفتن نقطه انجماد معروف است). پس وقتی یخ با نمک مخلوط می‌شود، مخلوط در بالای نقطه انجماد تعادل خود قرار دارد و بخشی از یخ ذوب می‌شود. علت این که در زمستان روی جاده‌های یخ‌زده نمک می‌پاشند، همین است.

به هر حال، برای تبدیل از حالت جامد به مایع، یخ باید گرمای نهان ذوب خود را دریافت کند. اگر یخ و نمک از اطراف خود کاملاً مجزا شده باشند، این گرما را تنها خود یخ و نمک تأمین می‌کند که سبب افت دما می‌شود. گرمای نهان ذوب یخ $3/3 \times 10^5 \text{ J/kg}$ است که از ظرفیت گرمایی ویژه $4/2 \times 10^3 \text{ J/kg.K}$ بسیار بیشتر است. بنابراین ذوب شدن یک تکه کوچک یخ می‌تواند باعث افت دمای قابل ملاحظه‌ای شود. اگر شما نمک و یخ را به نسبت صحیح مخلوط کنید، می‌توانید به دمایی به پائینی $-21/1^\circ\text{C}$ دست یابید، در غلظت نمک در حدود $23/3\%$ که نقطه انحلال است، محلول نمک به حالت اشباع می‌رسد (یعنی بیش تر نمی‌تواند حل شود)، بنابراین نقطه انجماد نمی‌تواند پائین تر بیاید، طبق قانون سرمایش نیوتون، اختلاف بین دمای سردکننده (Tr) و دمای مخلوط (Tic) آهنگ خنک شدن را تعیین می‌کند.

$$\frac{dTic}{dt} \propto (Tr - Tic)$$

بنابراین، هرچه سردکننده خنک تر باشد، بستنی سریع تر خنک می‌شود. درحالی که خنک‌ترین سردکننده دوران ملکه ویکتوریا در حدود -2°C بود، امروزه اغلب کارخانه‌های بستنی از محلول آمونیاک مایع در -3°C استفاده می‌کنند و ساخت بستنی بسیار سریع تر است. در واقع، قانون سرمایش نیوتون بیان می‌کند که چرا در رکورد جهانی برای سریع‌ترین ساخت بستنی از نیترژن مایع در -196°C استفاده شده است [۱].

همزمان با یخ زدن بستنی، هوا نیز تزریق می‌شود و حباب‌های بزرگی شکل می‌گیرند که با ضربه‌های تراشنده به مقدار زیادی به حباب‌های کوچک‌تر شکسته می‌شوند (شکل ۲). ذرات چربی و پروتئین‌های شیر در سطح حباب‌های هوا جذب می‌شوند و به پایداری آن‌ها کمک می‌کنند. به همین روش پروتئین شیر و ماده تثبیت محلول، ذرات چربی را تثبیت می‌کنند.

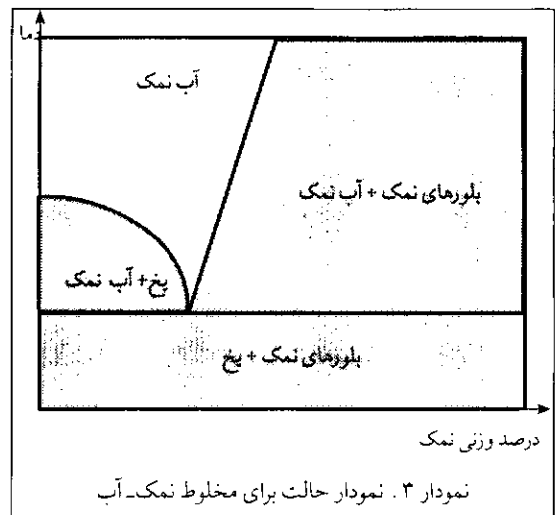
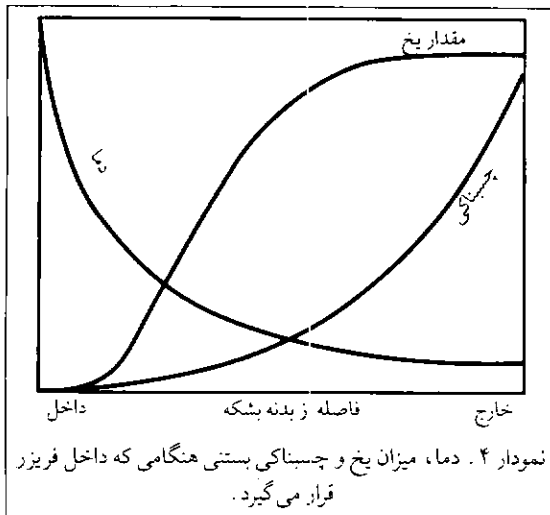
وقتی ذرات چربی تا اندازه‌ای بلوری شدند، یک لایه سفت و محکم را شکل می‌دهند که مانع در هم شکستن حباب‌های

هوا می‌شود. وقتی بستنی داخل فریزر قرار داده شود، دمایش فرو می‌افتد و یخ بیشتری شکل می‌گیرد. این موضوع در شکل ۴ نشان داده شده است.

چسبندگی به دو دلیل افزایش می‌یابد، اولاً چسبندگی مایع‌ها (η_0) با سردتر شدن افزایش می‌یابد، ثانیاً چسبندگی محلول معلق از ذرات جامد (η) به همراه درصد حجمی جامد (ϕ) - در این مورد یخ- افزایش می‌یابد.

اینشتین معادله‌ای را مطرح کرد که این موضوع را بیان می‌کند:

$$\eta = \eta_0 (1 + 2/5 \phi)$$



می‌شود و یخ ذوب شده، دوباره منجمد می‌شود؛ اگرچه تنها می‌تواند روی بلورهای باقیمانده یخ بزند. نتیجه این که تعداد کلی بلورها کاهش و اندازه آن‌ها افزایش می‌یابد، درحالی که درصد حجمی یخ بدون تغییر مانده است (شکل ۵ را ببینید).

اگر این کار چندبار اتفاق بیفتد، بلورهای یخ خیلی بزرگ می‌شوند ($\geq 100 \mu m$) و در دهان قابل تشخیص هستند و بافت ریگ مانند یخی را به وجود می‌آورند. این فرایند «رسیده شدن اسوالد» معروف است.

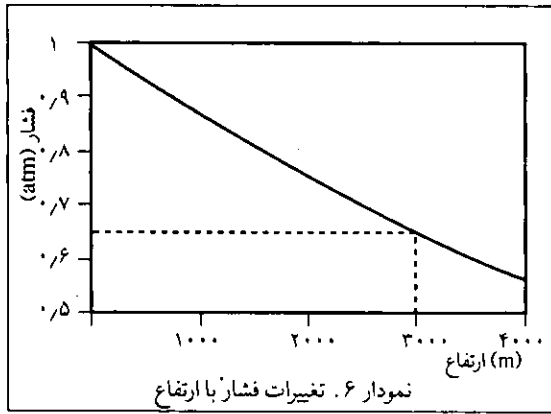
اما، بستنی تنها به دما حساس نیست. چون یک کف است، به فشار هم حساس است. برای اغلب ما، اختلاف فشار هوا بین جایی که بستنی در کارخانه ساخته می‌شود تا جایی که مصرف می‌شود، کم است. اما اگر بخواهید در قله یک کوه خیلی بلند بستنی بخورید، چه خواهد شد؟

شکل ۶ نشان می‌دهد که فشار هوا چگونه با ارتفاع تغییر می‌کند. نوعاً، حدود نیمی از حجم بستنی را هوا تشکیل می‌دهد. (اگر هوا نبود، بستنی به قدری سفت می‌شد که نمی‌شد قاشق را داخل آن فرو کرد). بنابراین هر ظرف یک لیتری بستنی شامل حدود ۰/۵ لیتر هواست. ببینیم وقتی ظرف بستنی را به قله یک کوه سه هزار متری می‌بریم، چه اتفاقی می‌افتد. شکل ۶ نشان می‌دهد که فشار در ارتفاع ۳۰۰۰ متری بالای سطح دریا حدود ۰/۶۵ اتمسفر است. قانون بویل به ما می‌گوید که فشار و حجم چه رابطه‌ای با هم دارند (با فرض ثابت بودن دما).

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

در این جا P_1 برابر یک اتمسفر، V_1 برابر ۰/۵ لیتر و P_2 برابر ۰/۶۵ اتمسفر است. بنابراین قانون بویل نشان می‌دهد که V_2 برابر ۰/۷۷ لیتر می‌شود. این موضوع مشکلات زیادی را به وجود آورد. بدیهی است که ۰/۵ لیتر یخ، شکر و چربی و ۰/۷۷ لیتر هوا نمی‌تواند در یک ظرف یک لیتری جا شوند و بنابراین، ممکن است در ظرف به بیرون پرتاب شود. پیامدهایی

این تقریب برای درصدهای کوچک حجمی جامدات تقریباً جواب می‌دهد (برای درصدهای حجمی بالاتر باید جمله دیگری به آن اضافه شود) و نتیجه آن افزایش چسبندگی است که باعث می‌شود، به هم زدن مخلوط سخت‌تر و نیروی لازم برای گرداندن تراشنده بیشتر شود. این انرژی مازاد در داخل بستنی به صورت گرما تلف می‌شود. سرانجام وقتی دمای بستنی به حدود $5^\circ C$ می‌رسد، انرژی ورودی تراشنده با انرژی گرمایی تلف شده توسط سردکننده برابر می‌شود و خنک کردن بیشتر بستنی دیگر ممکن نیست؛ فرایند تولید، خود محدودکننده می‌شود. در $5^\circ C$ ، بستنی برای عملیات بیشتر مانند پوشاندنش با شکلات، خیلی نرم است و ریزساختارها ناپایدارند. به همین دلیل بستنی را از داخل فریزر بیرون می‌آورند و با دمیدن هوای حدود $40^\circ C$ در یک محیط بسته به سرعت سرد می‌کنند. بعد از سفت شدن، بستنی بسته‌بندی می‌شود و از کارخانه به مغازه حمل می‌شود. پس از تولید موفقیت‌آمیز ریزساختاری از بلورهای یخ، ریزقطره‌های چربی و حباب‌های هوا در فریزر، چالش بعدی حفظ آن در گذر از سیستم پخش است تا در شرایط عالی به دست مصرف‌کننده برسد. بستنی به دما بسیار حساس است و اگر خیلی گرم شود، آب می‌شود؛ اگرچه، حتی در دماهای پائین‌تر از نقطه ذوب کیفیت آن می‌تواند به علت تغییر در ریزساختار بدتر شود. ساختار میکروسکوپی (ریزساختار) در انتها با نگهداری در دمای پائین به صورت سینتیکی پایدار می‌شود؛ اگرچه از لحاظ ترمودینامیکی ناپایدار است: انرژی بلورهای یخ و حباب‌های هوای پراکنده می‌تواند با شکل‌گیری تعداد کمتری ذرات بزرگ، کم شود. این مانند آن است که شما یک ظرف بزرگ بستنی را برای مدت زیادی در فریزرتان نگه دارید. هر وقت آن را برای خوردن بیرون می‌آورید، گرم می‌شود؛ به طوری که مقداری از یخ ذوب می‌شود. بلورهای بزرگ‌تر یخ کوچک می‌شوند و کوچک‌ترها می‌توانند کاملاً ناپدید می‌شوند. وقتی بستنی را داخل فریزرتان برمی‌گردانید، دوباره سرد



از بستنی بگریزد. نتیجه، متلاشی شدن تمام ساختار و باقی ماندن یک توده ناخوشایند برای مصرف کننده است. یک راه حل ممکن وارد کردن مقدار کمتر هواست، به طوری که حجم کوچک تر شود. راه حل بهتر به وجود آوردن ریزساختاری است که در آن، به جای حباب های ناپیوسته، ساختار هوای پیوسته باشد (مانند اسفنج)؛ به طوری که بتوانند با تغییر فشار وارد بستنی یا از آن خارج شوند. به هر حال این از لحاظ فنی چالش بزرگی است.

با حفظ ریزساختارها در سیستم توزیع، سرانجام بستنی در بهترین وضعیت به دست مصرف کننده می رسد، هر چند این پایان فیزیک نیست.

تهیه بستنی در خانه یا کلاس

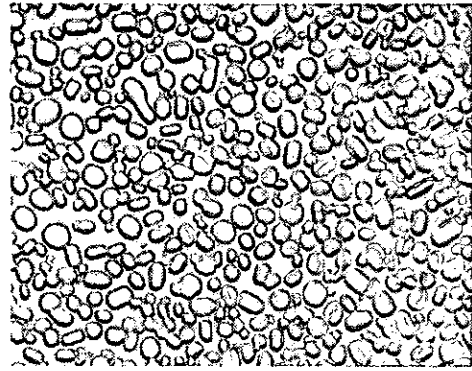
شما به راحتی می توانید در منزل یا کلاس مقداری بستنی بسازید. از یخ و نمک به عنوان سردکننده استفاده کنید.

مواد لازم (مقدارها برای یک نفر کافی است)

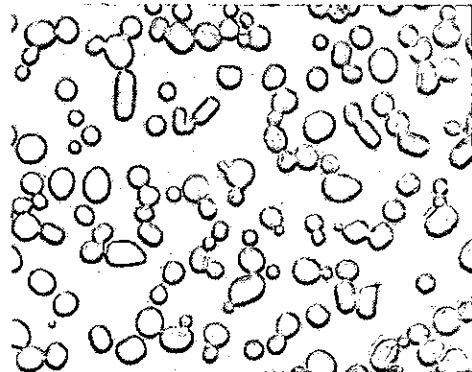
- نصف لیوان (۱۲۵mL) شیر
- نصف لیوان (۱۲۵mL) خامه زده شده
- یک قاشق غذاخوری (۱۵mL) شکر
- نصف قاشق چایخوری (۲mL) وانیل (یا سایر اسانس ها مثل میوه له شده. همین طور می توانید از شیری که توسط شکلات یا توت فرنگی طعم دار شده، به جای شیر به عنوان اسانس استفاده کنید.)

وسایل لازم

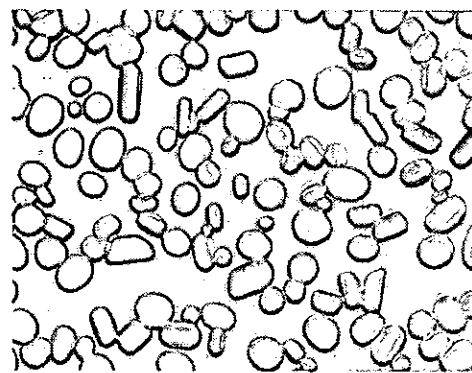
- ۸ فنجان یخ خرد شده
- ۸ قاشق غذاخوری نمک (۱۲۰mL)
- یک کیسه در بسته (کیف زیپ دار) بزرگ (به قدری بزرگ که تمامی یخ به راحتی داخلش جا شود)
- یک کیسه در بسته کوچک (برای قرار دادن مخلوط در آن)
- یک حوله کوچک یا دستکش برای جلوگیری از یخ زدن انگشتان.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۵. بلورهای یخ باز بلور شده (به لطف ابرارد، آنلیور آراند دی کال ورث)

(الف) بلورهای یخ در 1°C -

(ب) تا 7°C - گرم شده: بلورهای کوچک تر ذوب شده اند.

(ج) سپس دوباره تا 1°C - سرد شده: یخ بلورهای باقی مانده را دوباره شکل می دهد که بزرگ تر می شوند.

برای ساختار بستنی نیز وجود دارد. حباب های هوا به علت افت فشار خارج منبسط می شوند. بقیه بستنی هم می تواند به همان اندازه همراه آن ها منبسط شود، اما سرانجام به نقطه ای می رسیم که انبساط، حباب های هوا را می ترکاند. پشت سر آن هوا می تواند

روش کار

متوقف شود، بلورهای یخ بزرگ با مقداری هوا مخلوط می‌شوند (تا بستنی خیلی سفت نشود).

ریزساختار بستنی، بافتش را تعیین می‌کند. مثلاً هنگام خوردن سخت است، نرم است یا چغری. متخصصان بستنی باید رابطه بافت و ریزساختار را بشناسند. روش انجام این کار آن است که پرسیم بستنی چه قدر نرم یا چه قدر چغری است؛ یعنی خواص مکانیکی، مانند مدول یانگ آن را اندازه بگیریم. برای انجام این کار ما اغلب از یک آزمایش که امتحان گیره چهار نقطه‌ای نامیده می‌شود، بهره می‌گیریم.

چهار میله مطابق شکل ۷ یک قالب استاندارد بستنی را نگه می‌دارند. دو تایی بالایی ثابت هستند، درحالی که دو تایی پایینی به آرامی به سمت بالا حرکت می‌کنند. نیروی لازم (F) را برای به حرکت درآوردن آن‌ها را اندازه می‌گیریم و برحسب جابه‌جایی حاصل (S) رسم می‌کنیم. شکل ۸ یک سلسله از این نوع منحنی‌ها را برای چهار نمونه بستنی که درصد حجمی هوای متفاوتی را از ۱۶/۶٪ تا ۵۰٪ شامل می‌شود، نشان می‌دهد.

تمام منحنی‌ها شکل یکسانی دارند، ولی شیب اولیه، بیشینه نیرو و جابه‌جایی به تناسب افزایش درصد حجمی هوا، کاهش می‌یابد. شیب اولیه مستقیماً با مدول یانگ متناسب است (از طریق ابعاد نمونه) واضح است که کاهش میزان هوا، بستنی را سفت‌تر می‌کند. سایر خواص مکانیکی می‌توانند با بافت مرتبط باشند. برای مثال، کار انجام شده برای شکستن (یعنی سطح زیر منحنی در شکل ۸) با میزان چغری متناسب است. دفعه بعد که بستنی می‌خورید به نیوتون، اینشتین، اسوالد، بویل و یانگ فکر کنید و تمام فیزیکی که در ساخت و خوردن آن به کار رفته است!

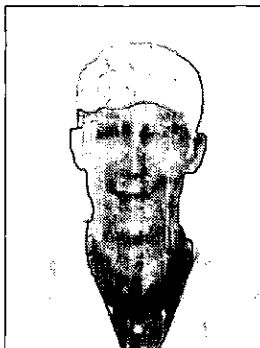
منبع

رکورد های جهانی گینس ۲۰۰۲، صفحه ۱۶۶.

اطلاعات بیشتر

یک سایت عالی در مورد بستنی را می‌توانید در آدرس زیر بیابید:

www.foodsci.vogvelph.ca/dairyedu/icecream.html

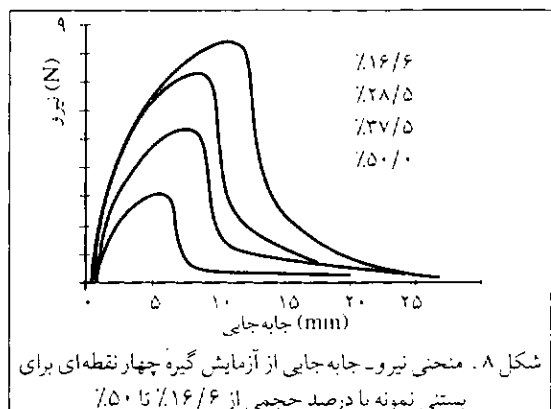
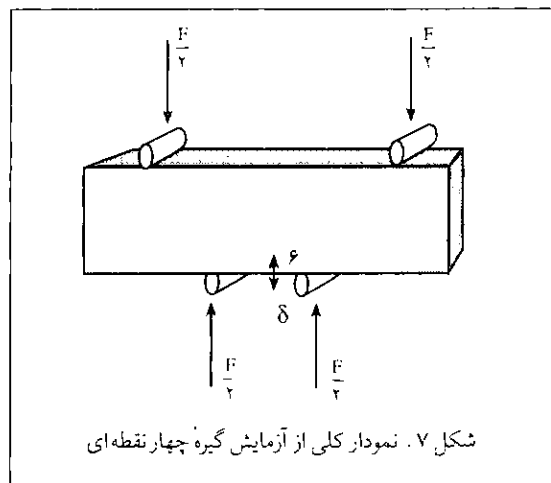


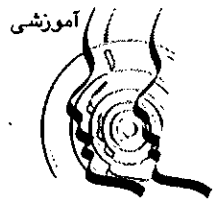
کریس کلارک: دانشمند محقق که در «آن لیور آراند دی کال ورت» پدیده‌های بلوری و کلوئیدی را تدریس می‌کند. او اخیراً کتابی نوشته با نام «علم بستنی» که توسط دانشکده سلطنتی شیمی در سال ۲۰۰۴ منتشر شده است. (سایت www.fsc.org را برای جزئیات بیشتر ببینید.)

مواد را داخل کیسه کوچک‌تر با هم مخلوط کنید و محکم ببندید. (توجه!) فقط بگذارید مقدار کمی هوا در کیسه باقی بماند. مقدار زیاد هوا ممکن است در کیسه را در حین تکان دادن باز کند. نصف یخ را داخل کیسه بزرگ‌تر بریزید و نصف نمک را به آن بیفزایید. سپس کیسه حاوی مخلوط را روی یخ بگذارید. سرانجام، بقیه یخ همراه با نمک را روی آن بریزید و در کیسه را ببندید تا مطمئن شوید که تمام هوا خارج شده. نمک و یخ باید خیلی سرد شوند (اگر یک دماسنج ساده داشته باشید، می‌توانید تغییرات دما را دنبال کنید). سپس کیسه را داخل حوله پیچید (یا از دستکش استفاده کنید) و به شدت برای چند دقیقه تکان دهید. یک کار جالب ولی با احتمال خطا این است که کیسه را داخل روزنامه پیچید و با تکه‌های نوار کاملاً نوار پیچ کنید تا شکل یک توپ را بگیرد. سپس برای چند دقیقه آن را بچرخانید. ترجیحاً بیرون. می‌توانید با دو کیسه کردن مخلوط احتمال نشت آب و نمک را به داخل بستنی کمتر کنید.

این روش چگونه کار می‌کند؟

دمای مخلوط یخ-نمک می‌تواند تا حدود 2°C - پایین رود. این باعث تبدیل مخلوط به بستنی می‌شود. هنگامی که تکان دادن





نیروی بدون شتاب

رابرت جانز

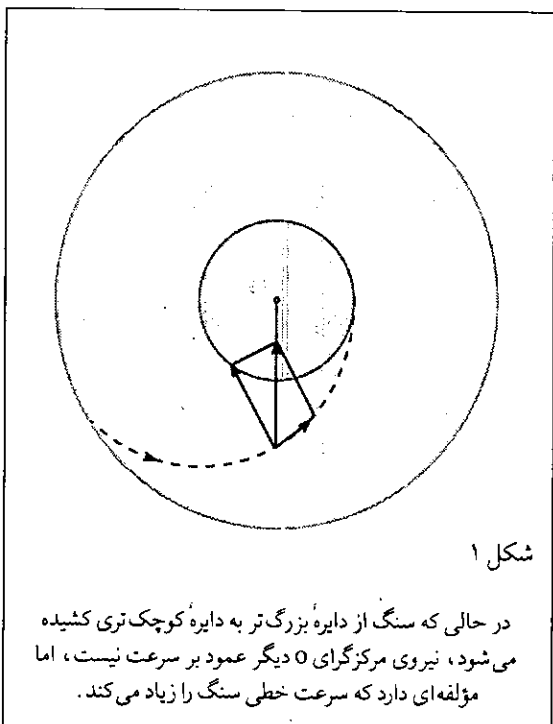
مترجم: رجب قاسمی ثانی

شیب زیاد در شکل ۱ علت افزایش سرعت را روشن می‌سازد. البته این نیروی بزرگ‌تر روی سنگ در حال حرکت مارپیچی کار انجام می‌دهد و باعث افزایش انرژی جنبشی آن می‌شود.

۲- چه نیرویی سرعت اسکیت‌باز در حال چرخش را، وقتی که او دست‌هایش را جمع می‌کند، افزایش می‌دهد؟ این موضوع در همه کتاب‌های درسی مقدماتی هست، اما نیرویی را که باعث شتاب او می‌شود، ذکر نمی‌کنند. واقعیت سر نخ، توجه به این نکته است

این که «هیچ جسمی نمی‌تواند حالت حرکت خود را تغییر دهد مگر نیرویی بر آن اثر کند» بی‌معنی به نظر می‌رسد! اما شتاب بدون هیچ‌گونه نیرو، درست همان چیزی است که مؤلفان کتاب‌های درسی مقدماتی هنگام توصیف حرکت دورانی مطرح می‌کنند. وقتی می‌خواهند تغییر تکانه زاویه‌ای را با توجه به قانون‌های پایستگی و بدون هیچ‌ذکری از نیرو بیان کنند قوانین پایستگی حالت‌های اولیه و نهایی یک دستگاه را به یکدیگر مربوط می‌سازد، حالت‌های نهایی را به درستی پیش‌بینی می‌کند، اما آن‌ها مشخص نمی‌کنند که تغییر چگونه ایجاد شده است و یا چه نیروهایی برای تولید آن وارد شده‌اند. در این مقاله دو مورد از کاربردهای موجود در کتاب‌های درسی مورد بحث قرار گرفته‌اند و برخی مفاهیم دینامیک که حرکت‌ها را توضیح می‌دهند بیان می‌شود.

۱- چرا سنگی که به انتهای نخ بسته شده و چرخانده می‌شود، در صورتی که کشیده شود، سرعتش زیاد می‌شود؟ اغلب کتاب‌های درسی ثابت می‌کنند که گشتاوری برای شتاب دادن به سنگ وجود ندارد، چون نیروی ناشی از طرف نخ از مرکز دایره می‌گذرد. همین‌طور به نظر می‌رسد که هیچ نیرویی که باعث افزایش سرعت مماسی شود وجود ندارد. اما هنگامی که نیروی بزرگ‌تر از طرف نخ سنگ را از مسیر دایره‌ای خود به مسیری مارپیچی بکشد، نخ دیگر بر جهت حرکت سنگ عمود نخواهد بود و نیروی مرکزی مؤلفه‌ای در آن جهت خواهد داشت که هم جهت حرکت سنگ را عوض می‌کند و هم سرعت خطی آن را افزایش می‌دهد. رسم نمودار مسیر مارپیج با



شکل ۱

در حالی که سنگ از دایره بزرگ‌تر به دایره کوچک‌تری کشیده می‌شود، نیروی مرکزگرای O دیگر عمود بر سرعت نیست، اما مؤلفه‌ای دارد که سرعت خطی سنگ را زیاد می‌کند.



همجویشی با محور اصول

۱. مقدمه

۱.۱ مقدمه تاریخی

مسئله تولید انرژی از زمان های دور ذهن انسان را به خود مشغول کرده است. در روزگار قدیم، انسان برای تولید انرژی به دنبال گیاهان و درختان می رفت، تا نیاز انرژی روزانه خود را برطرف کند. با ظهور انقلاب صنعتی در اروپا و تولید ماشین های صنعتی، میزان مصرف انرژی نسبت به منابع موجود در دسترس، بیشی گرفت و از این رو صاحبان قدرت و سرمایه ممالک گوناگون را برانگیخت تا برای تولید انرژی به دنبال راهکارهای تازه تری باشند. به این ترتیب، اندک اندک بحران انرژی شکل گرفت، به گونه ای که مسئله تولید انرژی و یافتن منابع جدید آن، در دستورالعمل کشورها قرار گرفت. انسان ها مدتی به سوخت های فسیلی نظیر ذغال سنگ روی آوردند و امروزه بخشی از انرژی مورد نیازشان توسط منابع عظیم نفت و گاز و قسمتی توسط نیروگاه های شکافت تأمین می شود. در طول این مدت، بشر متوجه شد که تولید انرژی از این راه ها، به چرخه حیاط در کره خاکی ضرر و زیان هایی می رساند که با توجه به فناوری موجود، توانایی جبران کامل آن را ندارد.

او شب ها و روزها نگاهش را به آسمان می دوخت و همیشه در پی آن بود که راز انرژی لایزال ستارگان را دریابد (کما این که در برخی اقوام ستارگان به عنوان خداوندگاری لایزال و همیشه حی و حاضر پرستش می شدند). با ظهور انقلاب های کوچک و بزرگ در دنیای فیزیک، بستر این راه ناهموار مناسب تر می شد. پیشرفت های پی در پی شاخه های نوظهوری چون «اختر فیزیک»، «فیزیک اتمی» و «علم مواد» انگیزه او را در رسیدن به این هدف جدی تر می کند. شاید به جرأت بتوان گفت که انسان عصر حاضر، سرانجام خواهد توانست خورشیدهای کوچکی در زمین بسازد.

که سرعت خطی بازوهای اسکیت باز باید، همراه با جمع کردن بازوها کاهش یابد اگرچه سرعت زاویه ای آن ها افزایش می یابد.

در اینجا راه ساده ای برای مشاهده این پدیده حتی برای کسی که اسکیت نمی کند، وجود دارد. در حالی که ایستاده اید، بازوهای خود را به طرفین خود باز کنید و سپس شانه هایتان را شل کنید و بازوهایتان را بیندازید به طوری که پایین بیفتند و به پهلوهایتان بخورند. برای گرفتن نتیجه این کار را چند بار تکرار کنید، بدون جهت دادن به بازوهایتان به سمت خاص حس کنید که آن ها به پهلوهایتان می خورند. سپس، بازوهایتان را به صورت افقی به طرفین باز کنید و در حالی که آن ها را در این حالت نگه داشته اید بدنتان را تا جایی که ممکن است به سرعت بچرخانید و دوباره آن را شل کنید و بازوها را بیندازید. اما این دفعه آن ها به پهلوهایتان نمی خورند! یکی به طرف جلوی بدن شما و دیگری به طرف پشت آن تاب می خورد. در این حالت بازوهایتان با سرعت خطی بزرگ تر از شانه هایتان حرکت می کنند، بنابراین در هنگام افتادن جلوتر از شانه ها و بدنتان حرکت می کنند. وقتی که به انتهای مسیر حرکتشان رسیدند، ناگهان تا همان سرعت شانه ها کند می شوند و با وارد آوردن نیرو به هر شانه آهنگ چرخش بدن را افزایش می دهند. این نیروها را شانه ها و بدن علاوه بر افزایش سرعت زاویه ای حاصل، احساس می کنند. وقتی متوجه شدید که سرعت مماسی بازوهای اسکیت باز با جمع کردن آن ها باید کاهش یابد، اگرچه آهنگ زاویه ای آن ها افزایش می یابد، معمای اسکیت باز حل می شود. قسمتی از سیستم کند و بقیه آن تند می شود. اگر فقط پایستگی تکانه زاویه ای را در نظر بگیریم، این کنش و واکنش جالب و قابل مشاهده از بین خواهد رفت. هر کسی می تواند آن چه را که اتفاق می افتد احساس و درک کند.

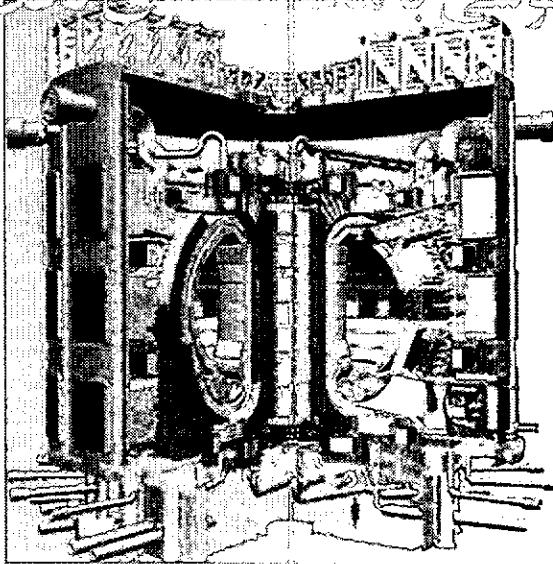
من یک بار از اسکیت بازی پرسیدم که آیا او می تواند افزایش یا کاهش سرعت بازوهایش را هنگام جمع و باز کردن آن ها احساس کند. پاسخ او «البته» و توأم با نگاهی بود که می گفت «چه طور می توانید چنین پرسش احمقانه ای را مطرح کنید!». پس چرا ما این را احساس نکرده ایم؟ تجربه شخصی من روی یک چارپایه چرخان این گونه است که وقتی سنگینی بدنم را جمع می کنم تا شروع به چرخش بکنم، احساس می کنم که دارم می افتم. احتمالاً به قدری نگران بقا هستم که متوجه این نیرو نمی شوم. اسکیت بازان بدون شک کنترل و توازن بیشتری دارند، و بیشتر به این نیروی شتاب دهنده از بازوهایشان حساس هستند.

مرجع

I. R. H. Johns, "Physics on a rotating reference frame", phys. teach. 36, 178-180 (March 1998).

منبع

Johns, Robert (Mar. 2003). Acceleration without Force?. physics Teacher, vol. 41, P. 156-157.



شکل ۱. راکتور ITER

مخوسازى لخت؛ مدل ها

سهیل خوشبین فر
دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای دانشگاه گیلان

۲. اصول همجوشی با محصورسازی لخت ۱.۲ مبانی پایه

شاید نخستین تلاش‌های انجام شده برای ایجاد یک واکنش همجوشی توسط پیشگامانی چون لاورنس، اولیفانت و رادفورد انجام شده باشد^۱. اگر دو باریکه پر شدت دوتریم و تریتم را بر هم بتابانیم، در این فرایند هسته‌های دوتریم و تریتم به هم جوش می‌خورند و هسته هلیوم و نوترون را به همراه مقداری انرژی که توسط همین ذرات حمل می‌شود، تولید می‌کنند. اما مقدار برخوردها کم و در نتیجه آهنگ واکنش‌های همجوشی پائین است. با گرم کردن مخلوط دوتریم-تریتم تا دماهای بسیار بالا و تشکیل پلاسمای «DT»، تعداد برخوردها در واحد حجم افزایش می‌یابد و شانس تشکیل واکنش‌های از نوع همجوشی‌ها بین دوتریم و تریتم زیاد می‌شود. در این بین دو راهکار کلی برای ایجاد واکنش‌های همجوشی مطرح می‌شود.

الف) ترفند محصورسازی مغناطیسی

همجوشی با محصورسازی مغناطیسی (MCF) ترفندی است که در آن واکنش همجوشی با محصور کردن سوخت در مدت زمان کوتاهی (ثانیه ۱ ~) با چگالی (ذره بر سانتی متر مکعب 10^{20} ~) روی می‌دهد. این کار به کمک اعمال میدان‌های مغناطیسی به شکل‌های گوناگون انجام می‌شود. بدین ترتیب، سوپ پلاسمای داغ دوتریم-تریتم مهار می‌شود. شکل ۱ نمایی از طرح ائتلاف بین‌المللی برای کسب اولین تجربه تولید انرژی از طریق همجوشی در مقیاس نیروگاهی است که توسط کشورهای کانادا، ژاپن، اروپا و روسیه مطالعه و اجرا می‌شود. قرار است که این طرح تا سال ۲۰۱۰ میلادی به بهره‌برداری برسد.

ب) ترفند محصورسازی لخت

در مقابل، محصورسازی لخت (ICF) ترفندی است که در آن، طی مدت زمان کوتاهی (ثانیه 10^{-10} ~) سوخت با چگالی بالا (ذره بر سانتی متر مکعب 10^{26} ~)، یعنی حدود هزار برابر چگالی جامدات، محصور می‌شود. در محصورسازی لخت، فرایند انجام واکنش همجوشی از طریق تابش متقارن باریکه‌های پر شدت لیزر یا باریکه یونی سنگین انجام می‌شود. عملیات تابش باریکه بر ساچمه سوخت با قطر چند میلی‌متری، به دو نوع کلی صورت می‌گیرد که عبارتند از:

۱. انگیزش مستقیم

در این نوع انگیزش ساچمه، تعدادی باریکه پر توان نور لیزر یا یون‌های سنگین به صورتی همسانگرد بر ساچمه می‌تابند و در نتیجه موجب تراکم سوخت و برقراری شرایط احتراق در ناحیه مرکزی و انتشار آن به بخش سردتر سوخت می‌شوند (به ۱۳ مراجعه شود). اگر فرایند اخیر به خوبی انجام شود، انرژی همجوشی حاصل از کسر قابل توجهی از سوخت آزاد خواهد شد. مشکل اصلی در این روش، ظهور ناهمسانگردی‌های کوچک (مدهای لژاندر) در هنگام تابش بر ساچمه است که به عدم تقارن مناسب در اعمال تراکم ساچمه منجر خواهد شد. در این حالت، انواع ناپایداری‌های هیدرودینامیکی در مرز مشترک لایه‌های گوناگون سوخت ایجاد می‌شوند و روند سالم تراکم را تا انتهای مرحله انفجار درونی و تشکیل پیکربندی مناسب سوخت مختلف خواهند کرد.

۲. انگیزش غیر مستقیم

برای اجتناب از ظهور ناپایداری‌های ناشی از عدم تقارن باریکه



گرفته شده‌اند. ابتدایی با شدت 10^7 W در 10^{-9} ثانیه تأیید می‌شود تا فشردگی سوخت اصلی را در زمان بیشینه فشردگی به مقدار دلخواه برساند و سپس تب اصلی با شدت 10^8 W در 10^{-8} ثانیه خواهد تأیید. به این ترتیب، دمای داخلی محفظه به حدود 300 KeV می‌رسد.

۲.۲ فرایندهای همجوشی با محصورسازی لخت

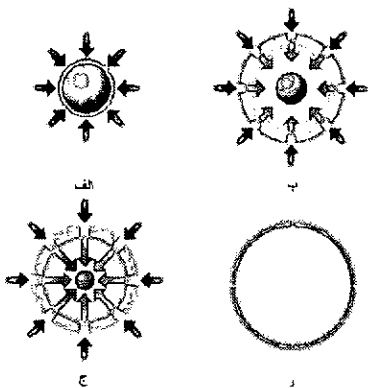
برای رسیدن به شرایط همجوشی در یک ساچمه سوخت حاوی دوتریم-تریتیم، باریکه پر شدت لیزر یا باریکه یونی به سطح آن اصابت می‌کند که در اثر این برخورد، هاله‌ای از ماده سطح ساچمه کنده و گرم می‌شود و پلاسمای داغی را در اطراف آن تشکیل می‌دهد. در نتیجه جدا شدن لایه نازک خارجی، یک موج فشار داخلی به وجود می‌آید که موجب حرکت درونی ساچمه خواهد شد. به تدریج سوخت فشرده‌تر می‌شود و سرانجام در انتهای مرحله انفجار درونی، فشردگی ساچمه به بیشترین مقدار خود می‌رسد و شرایط احتراق و اشتعال ساچمه ایجاد و ساچمه در اندک زمانی منفجر می‌شود.

۲.۳ اصول حاکم بر اشتعال ساچمه

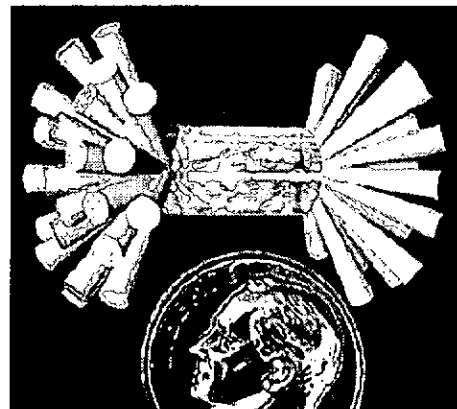
اگر فرایند انفجار درونی سوخت نسبتاً یکنواخت باشد، آن‌گاه منحنی تغییرات چگالی و دمای پیکربندی سوخت در زمان بیشینه فشردگی هدف، مطابق شکل ۴ خواهد بود. در این شکل، ناحیه مرکزی با دمای بالا و چگالی کم اصطلاحاً «محترق‌کننده» و ناحیه بیرونی با دمای کم و چگالی بالا «سوخت اصلی» نامیده می‌شود. واکنش همجوشی در ناحیه مرکزی روی می‌دهد و سپس ذرات آلفای حاصل به بخش بیرونی می‌روند و آن ناحیه را گرم می‌کنند که در اصطلاح به این فرایند «خود گرمایش» می‌گویند. اگر روند داغ شدن سوخت اصلی توسط ذرات آلفا مناسب باشد، بخش

بر ساچمه، فیزیکدانان و مهندسان هسته‌ای ترفند جالبی به کار برده‌اند. در این روش، به جای تابش مستقیم باریکه بر سطح هدف، آن را بر طرفین محفظه استوانه‌ای می‌تابند. سطح تابش دیده محفظه به شدت داغ و باعث گسیل پرتوهای X نرم به داخل محفظه که ساچمه سوخت در آن قرار دارد، خواهد شد. بدین ترتیب، تابشی متقارن بر سطح ساچمه می‌تابد و مشکل قبلی حل می‌شود. به چنین روش انگیزشی هدف، «انگیزش غیر مستقیم» می‌گویند و محفظه استوانه‌ای را که فرایند تابش و فشردگی و همجوشی در آن رخ می‌دهد، «هولرام» (در زبان آلمانی به معنای کاواک) می‌نامند. در این روش نیز مشکل ظهور ناپایداری در حین فرایند، و در ابتدا و انتهای مرحله انفجار درونی وجود دارد. اگرچه در روش انگیزش غیرمستقیم مشکل تقارن باریکه تا حدی حل شد، اما بهره‌انرژی در یک انگیزش غیرمستقیم حدود چهار پنج برابر کمتر از نوع مشابه با انگیزش مستقیم است.

در حال حاضر، دو طرح از بزرگ‌ترین طرح‌های سرمایه‌گذاری شده در زمینه تحقیقات بنیادی نظری و تجربی که به ساخت نیروگاه‌های همجوشی لخت منجر می‌شوند، با نام‌های «دستگاه احتراق ملی» یا «NIF» در آزمایشگاه‌های «لیورمور» ایالات متحده و «لیزر مگاژول» در بوردوی فرانسه در دست ساخت هستند. نگاه محققان فعال در این زمینه به لحظه پایان ساخت آن‌ها دوخته شده است. هر دو طرح شباهت‌های زیادی دارند. در نظر گرفته شده است که باریکه‌هایی با انرژی $1/8$ مگاژول نور لیزرهای نئودیمیم-شیشه بر محفظه هولرام تابند. در طراحی NIF، ۱۹۲ باریکه پر شدت لیزر از طریق چهار مخروط هم مرکز، هر دو مخروط در یک طرف، بر جداره‌های جانبی محفظه تابانده می‌شوند. قطر ساچمه هدف $2/2$ میلی‌متر است که در محفظه‌ای از جنس طلا به قطر $5/5$ میلی‌متر و درازای $9/5$ میلی‌متر قرار می‌گیرد. در ضمن، حفره‌هایی با قطر $2/76$ میلی‌متر در طرفین آن در نظر



شکل ۳. نمای کلی فرایندهای دخیل در اشتعال ساچمه DT



شکل ۲. طرح کلی لیزر NIF

ت همجوشتی با محصورسازی تخت همجوشتی با محصورسازی تخت

سرانجام کارایی بازگشت، η_{rec} ، کسری از انرژی الکتریکی خالص نهایی است که به سیستم بازمی‌گردد. به عبارت دیگر، پس از یک بار اعمال انرژی اولیه، از این پس سیستم انرژی الکتریکی خود را تأمین می‌کند. رابطه زیر، از نمودار جریان انرژی در راکتور همجوشتی و در نظر گرفتن مقرون به صرفه بودن کل عملیات حاصل شده است.

$$\eta_{rec} \eta_d Q \eta_e > 1 \quad (2)$$

با فرض $\eta_{rec} = 0.25$ و $\eta_e = 0.40$ رابطه بالا به فرم نهایی ساده‌تر زیر تبدیل می‌شود.

$$\eta_d Q > 10 \quad (3)$$

بنابراین، اگر برای دو مقدار شناخته شده کارایی محرک لیزری و یونی مقدارها را جاگذاری کنیم، داریم:

$$\eta_d \approx 10\% \rightarrow Q = 100 \quad (4) \text{ (الف)}$$

$$\eta_d = 30\% \rightarrow Q = 30 \quad (5) \text{ (ب)}$$

اگر گزینه نخست را انتخاب کنیم، چون کارایی محرک پایین است، به طراحی دقیق برای رسیدن به بهره بالا نیاز است. اگر گزینه بعدی را انتخاب کنیم، به محرکی با کارایی بالا، مثلاً باریکه‌های یونی، نیاز است. نقص‌های موجود در ساخت ساچمه، قابل صرف نظر کردن هستند و می‌توان فیزیک سپر را نادیده گرفت. در مورد همجوشتی لیزری با کارایی $\eta_d = 10\%$ ، به بهره انرژی سوخت $G = 1000$ نیاز است تا $Q = 100$ شود.

اگر فرض کنیم که سوخت دوتریم و تریتم به صورت یکنواخت به چگالی P و شعاع R و دمای T فشرده شود و سپس واکنش همجوشتی DT مطابق رابطه زیر در آن رخ دهد:



کسر مصرف سوخت که به صورت نسبت ماده سوخت باقی مانده پس از واکنش، به مقدار اولیه آن تعریف می‌شود، از

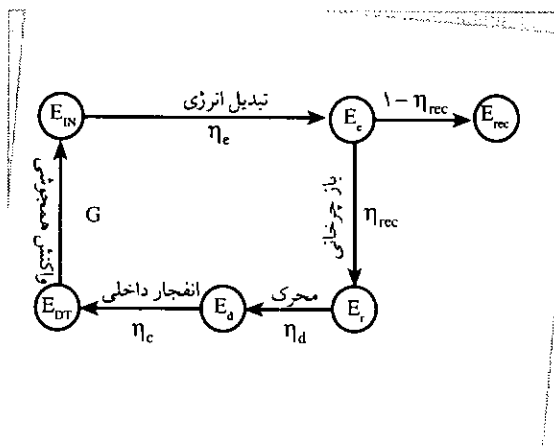
میکرونی چگال گرم و واکنش همجوشتی در آنجا آغاز می‌شود که به این فرایند «خود-احتراقی» می‌گویند.

۴.۲ بهره انرژی

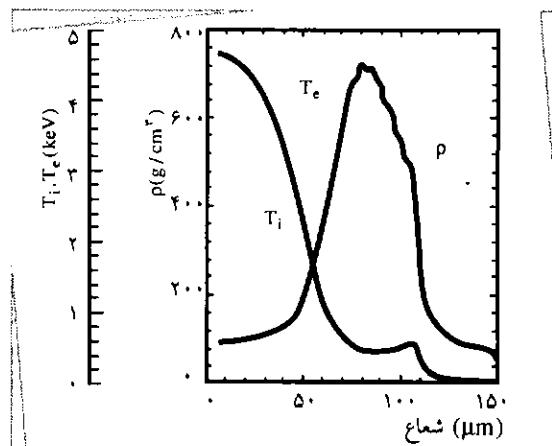
شکل ۵، جریان انرژی در داخل یک راکتور همجوشتی را نشان می‌دهد. از آنجا که هدف ما تولید هرچه بیشتر انرژی و در نتیجه رسیدن به نسبت بالاتری بین انرژی تولید شده همجوشتی و انرژی هزینه شده در ساچمه است، پس باید به دنبال شرایطی باشیم که کل عملیات مقرون به صرفه‌تر شود. بیان ریاضی این موضوع بدین صورت است که بهره انرژی باید حداقل برابر واحد باشد. بهره انرژی سوخت (G)، به صورت نسبت انرژی همجوشتی آزاد شده به انرژی هزینه شده در سوخت است و بهره انرژی ساچمه (Q)، برابر نسبت انرژی همجوشتی حاصل به انرژی داده شده به ساچمه است. بنابراین، از کل انرژی داده شده به ساچمه تنها بخشی به صورت انرژی داخلی سوخت در آن ذخیره می‌شود. بهره انرژی ساچمه از سوخت کمتر می‌شود که نسبت آن‌ها برابر « η_e » است. η_e یا کارایی جفت شدگی، کسری از انرژی محرک است که در ساچمه به صورت انرژی سوخت «DT» تبدیل خواهد شد.

$$Q = \eta_e G = \frac{\text{انرژی همجوشتی تولید شده}}{\text{انرژی محرک تابیده شده}} \quad (1)$$

با دانستن ثابت‌های η_e و η_d و η_{rec} که به صورت زیر تعریف می‌شوند، به رابطه کلیدی مهمی خواهیم رسید. کارایی محرک η_d ، کسری از انرژی سیستم است که به انرژی محرک تبدیل می‌شود. کارایی الکتریکی، η_e ، کسری از انرژی آزاد شده همجوشتی است که به شکل انرژی الکتریکی خالص درمی‌آید و



شکل ۵. طرح کلی جریان انرژی در یک راکتور همجوشتی ICF



شکل ۴. تغییرات دما و چگالی در داخل سوخت



رابطه زیر به دست می آید:

$$r_B = \frac{\rho R}{\rho R + \beta(T)} \quad (7)$$

که در آن $\beta(T)$ تابعی از دماست و منحنی تغییرات آن در شکل ۶ رسم شده است. از شکل پیداست که تابع $\beta(T)$ وابستگی شدیدی به دما دارد. در رابطه (۷)، حاصلضرب چگالی در شعاع دارای واحد گرم بر مجذور سانتی متر مربع یا به عبارت دیگر، نشان دهنده ابعاد ساچمه است.

۳. مدل های فیزیکی همجوشی ساچمه سوخت

۳.۱. احتراق جرقه ای در مقابل احتراق حجمی

اکنون بحث خود را به طور خاص درباره همجوشی لیزری ادامه می دهیم. اگر فرض کنیم که همه سوخت به طور یکنواخت فشرده شود و تا دمای ۱۰ KeV گرم شود، به علاوه کسر مصرف سوخت هم یک سوم باشد، آن گاه بهره سوخت، $G=100$ می شود که برای رسیدن به بهره سوخت $G=1000$ فاصله زیادی وجود دارد.

$$G = \frac{17/6}{4 \times \frac{3}{4} \times 10^3} \times \frac{1}{3} = 100 \quad (8)$$

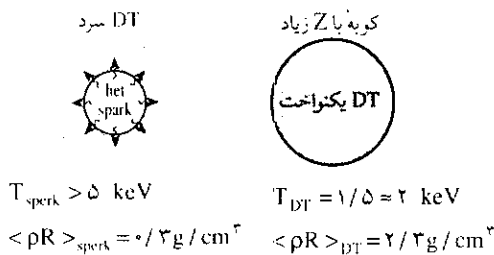
بنابراین، مادامی که سوخت به طور یکنواخت گرم می شود، این امکان وجود ندارد که به میزان بهره ساچمه مورد نظر در مقیاس راکتور برسیم. به چنین نحوه تراکم و گرم کردن سوخت که در آن کل حجم سوخت دارای پیکربندی همگن و یکنواختی خواهد شد «احتراق حجمی» می گویند. اما از آن جا که در روش اخیر، رسیدن به بهره انرژی بالا با صرف انرژی بیشتری همراه است، فیزیکدانان و مهندسان هسته ای به دنبال راهکارهایی گشتند که در آن ها نحوه گرم کردن سوخت از راه دیگری باشد. برای این منظور، ایده خود-احتراقی مطرح شد که در آن تنها قسمتی از سوخت گرم می شود؛

یعنی انرژی ورودی کمتری صرف خواهد شد و بخش دیگر آن سرد نگه داشته می شود. ناحیه سوخت اصلی توسط خود-گرمایش ذرات آلفای تولید شده در ناحیه داغ مرکزی و انتشار امواج اشتعالی آن به بخش سرد، مشتعل می شود. در این سناریو، به تزیق انرژی به ناحیه سرد نیازی نیست و این امکان وجود دارد که با هزینه کردن مقدار کمتری از انرژی، بتوان به بهره بالاتری دست یافت.

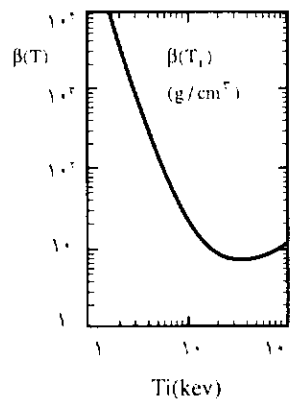
برای آن که سناریوی احتراق جرقه ای مرکزی عملی باشد، تنها کافی است که دمای ناحیه مرکزی به قدری بالا باشد که فرایند خود-گرمایش روی دهد. زمانی که شرایط اخیر در بخش داغ مرکزی فراهم شد، اصطلاحاً «شرایط احتراق» در آن جا حاکم شده است. به بیانی دیگر، احتراق نقطه ای است که در آن گرمایش ذرات آلفا نسبت به دیگر فرایندهای اتلافی انرژی نظیر تابش ترمزی و رسانش گرمایی الکترون ها پیشی گیرد^۵. در نظر گرفتن چنین پیکربندی برای سوخت در هنگام پیشینه تراکم که آن را به دو ناحیه مجزا تقسیم می کند، «ایده احتراق جرقه ای مرکزی» خوانده می شود.

۳.۲. بهره انرژی بالا

هنگامی که ساچمه سوخت فشرده می شود، محاسباتی عددی نشان می دهند که ناحیه داغ و ناحیه سرد (که احاطه کننده بخش داخلی است)، شکل سی گرد. حال اگر برای محاسبه بهره انرژی فرض کنیم که در سراسر سوخت فشار دارای مقداری ثابت است، به مدلی که چنین فرضی را می کند، مدل «همفشار» می گوییم. در این حالت فرض می شود که بخش داخلی، پلاسمای ایده آل هیدروژن با دمای T_S ، چگالی ρ_S و شعاع R_S و بخش بیرونی یک گاز الکترونی واکن با دمای T_C ، چگالی ρ_C و شعاع $R_F - R_S$ است. در مقابل اگر فرض کنیم که چگالی در کل شعاع سوخت ثابت است، به مدلی دیگر به نام مدل



شکل ۷. پیکربندی سوخت فشرده شده متناظر با وضعیت های جرقه ای و حجمی^۱.



شکل ۶. منحنی تغییرات تابع $\beta(T)$



ت همجوشتی با محصورسازی تخت همجوشتی با محصورسازی تخت

$$f_B = \frac{H_F}{H_F + H_B}; H_B = \gamma / \alpha \quad (9)$$

که در آن H_F به صورت زیر تعریف می شود:

$$H_F = H_S + H_C = \rho_S R_S + \rho_S (R_F - R_S) \quad (10)$$

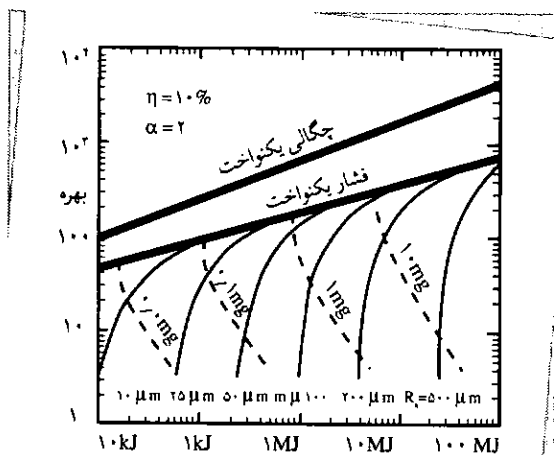
می توان بهره انرژی ساچمه را به دست آورد.

در شکل ۹، منحنی بهره انرژی برای یک طراحی خاص هدف بر حسب مقدار انرژی باریکه فرودی رسم شده است که در آن خط های تیره نازک نشان دهنده شعاع های متفاوت سوخت در بیشینه فشردگی و خط های تیره نازک خط چین، برای ساچمه هایی با جرم های متفاوت ترسیم شده اند. خط تیره کلفت مماس بر منحنی های بهره انرژی را اصطلاحاً «منحنی بهره انرژی حدی» می نامند که حد بالای بهره انرژی حاصل را به ازای مقدار مشخصی برای انرژی باریکه فرودی نشان می دهد.

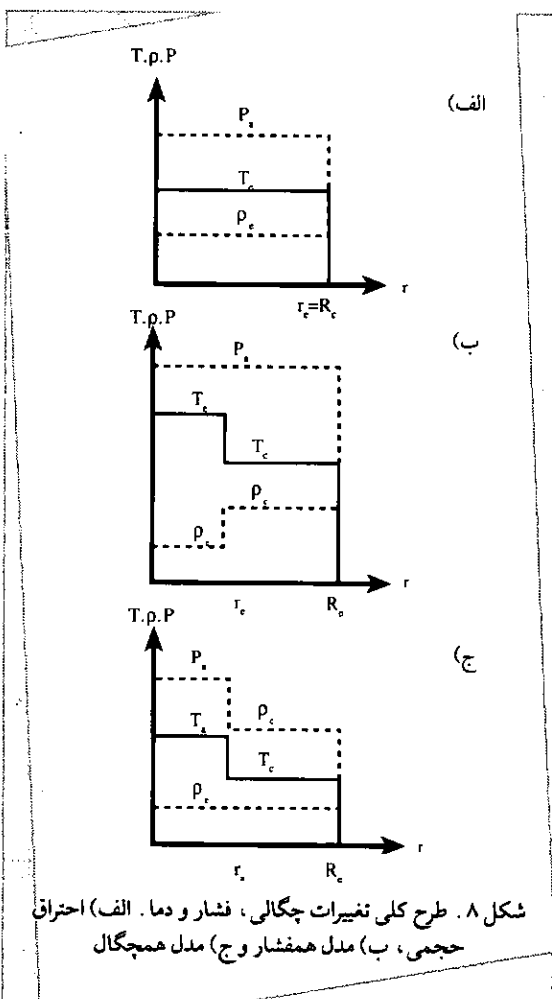
محاسبات بالا نشان می دهد که در بهینه ترین شرایط طراحی هدف، بهره انرژی در مدل همفشار حدود دو برابر مدل همچگال است.^۸

«همچگال» خواهیم رسید و سرانجام به مدل احتراق حجمی که

در آن دما، چگالی و فشار در کل پیکربندی سوخت یکنواخت هستند. در شکل ۸، پیکربندی سوخت در زمان بیشینه فشردگی برای مدل های همفشار، همچگال و حجمی ترسیم شده است. نخستین بار فریلی در سال ۱۹۷۴، مدل همچگال را مطالعه و مشاهده کرد که بهره انرژی بالایی توسط آن تولید می شود. سپس در سال ۱۹۸۲، فیزیکدان آلمانی، مایر ترفن، مدل همفشار را به عنوان مدلی که رفتار واقعی تری از فرایندهای رخ داده ارائه می کند، مطرح و بهره انرژی را بر مبنای پیکربندی همفشار سوخت محاسبه کرد. همچنین، نشان داد که برای داشتن بهره بالا، ناحیه سرد و چگال که بخش داغ مرکزی را احاطه کرده است، مانع از انبساط سریع ناحیه جرقه ای می شود. وجود ناحیه داغی با ابعاد $T_S = 5 \text{ KeV}$ و $\rho R = 0.4 \text{ g/cm}^{-2}$ برای احتراق و اشتعال موفق کافی است.^۹ در مدل همفشار برای محاسبه بهره انرژی فرض می شود که تابع $\beta(T)$ برابر ۷ است. بدین ترتیب، پس از محاسبه کسر مصرف سوخت، خواهیم داشت:



شکل ۹. نمودار بهره انرژی برای سبدهای با جرم و شعاع های متفاوت در بیشینه فشردگی^۹



شکل ۸. طرح کلی تغییرات چگالی، فشار و دما. (الف) احتراق حجمی، (ب) مدل همفشار و (ج) مدل همچگال

زیرنویس

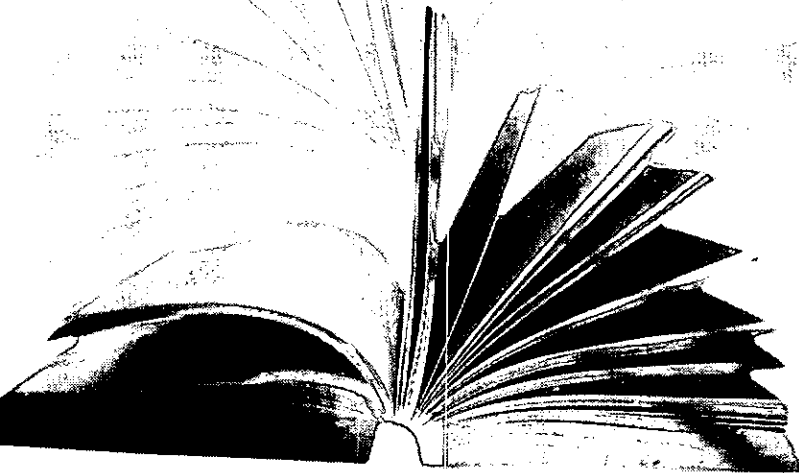
1. Hora, H., International conference on nuclear science and technology, Iran, Shiraz, May 2004.
2. $lev = 1/16 \times 10^9 \text{ K}$
3. Nakai, S., Takabe, H., Rep. Prog. Phys. 59 1071 - 1131 (1996).
4. Basko, M. M., Plasma Phys. Control. Fusion 35 B 81- B 90 (1993).
5. Meyer-ter-vehn, J., Plasma Phys. Control. Fusion 39 B 39 - B 45 (1997).
6. Meyer-ter-Vehn, J., Nucl. Fusion 32 (1982) 561.
7. Meyer-ter-vehn, J., Plasma Phys. Control Fusion 43 (2001) A 113 - A 125
8. Basko, M. M., Nucl. Fusion 30 (1990) 2443.





گزارش یک پژوهش

فرحناز کیانی



بررسی میزان تناسب حجم کتاب «فیزیک ۲ و آزمایشگاه» با زمان مصوب از دیدگاه دبیران و دانش‌آموزان استان خوزستان

هدف پژوهش

در این پژوهش هدف این است که با یک روش علمی مشخص شود: «آیا بین حجم کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه و زمان مصوب تناسبی وجود دارد؟» البته علاوه بر این، میزان اهمیت و ضرورت محتوای فصل‌های کتاب نیز بررسی می‌شود.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری مورد تحقیق عبارت است از کلیه دبیران فیزیک مدرس کتاب «فیزیک ۲ و آزمایشگاه» و کلیه دانش‌آموزان سال دوم رشته‌های ریاضی-فیزیک و علوم تجربی در سال تحصیلی ۸۱-۱۳۸۰ در شهرستان اهواز. در این جامعه ۱۲۰۰ دانش‌آموز و ۲۰۰ دبیر به روش نمونه‌گیری تصادفی چند مرحله‌ای انتخاب شدند که به دلیل عدم تکمیل پرسش‌نامه‌ها، از این تعداد ۱۱۲۲ دانش‌آموز و ۱۷۵ دبیر به طور کامل پرسش‌نامه‌ها را پاسخ و تحویل دادند که با در نظر گرفتن این افت، آزمودنی‌های نمونه تحقیق شامل ۱۲۹۲ نفر است.

ساخت ابزار اندازه‌گیری

برای جمع‌آوری داده‌ها، به دلیل این که یک ابزار اندازه‌گیری مشخص برای این کار وجود نداشت، پس از بودجه‌بندی کتاب براساس بودجه‌بندی مصوب گروه آموزشی فیزیک استان خوزستان، ابزاری تهیه شد که در آن عنوان‌های بودجه‌بندی مصوب جلسه‌ها در هر نیم‌سال مشخص شد. در برابر هر جلسه، میزان زمان‌های صرف شده و پیشنهادی و همچنین میزان ضرورت و اهمیت محتوا مورد نظر قرار می‌گرفتند. به لحاظ کمی نمودن داده‌های سنجش برای زمان‌ها بر حسب دقیقه‌ای و برای بررسی میزان ضرورت و اهمیت از طیف ۵ درجه‌ای لیکرت استفاده شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

عمده‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های آماری که با استفاده از ویرایش نهم نرم‌افزار "Spss.pc" انجام گرفت،



عبارتند از:

و زمان پیشنهادی برای این موارد بیشتر است. می توان نتیجه گرفت، دبیران و دانش آموزان برای به کار بردن نسبی مفاهیم و رابطه ها نسبت به تدریس اولیه به زمان بیش تری نیاز دارند.

۸. کل مطالب کتاب در حد متوسط ضروری هستند و اکثر آزمودنی ها معتقدند، موضوع های مطرح شده در کتاب بیش تر از حد متوسط (میانگین) ضرورت دارد.

۹. برخی از مطالب کتاب با وجود این که به زمان زیادتری نسبت به بخش های دیگر نیاز دارند، ولی از نظر ضرورت در حد پائین تری قرار دارند. به عبارت دیگر، حذف بعضی از مطالب کتاب قابل طرح است.

۱۰. کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه به گونه ای تألیف شده است که با افزایش یا کاهش میزان اهمیت هر فصل، زمان لازم برای تدریس آن نیز افزایش یا کاهش می یابد.

۱۱. زمان مصوب برای تدریس مطلوب کتاب با میزان اهمیت موضوع ها متناسب نیست.

۱۲. هنگام تألیف کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه، هماهنگی حجم با زمان تدریس با شرایط خاص منطقه ای استان خوزستان به خوبی رعایت نشده است.

پیشنهادهای پژوهش

در این پژوهش با توجه به فرایند تکمیل پرسش نامه، عمده ترین پیشنهادهای اجرایی به شرح زیر اعلام می شود:

۱. پژوهش حاضر در سطح کشور به تفکیک استان ها نیز اجرا شود تا در صورت تأیید شدن نتیجه های این پژوهش، در برنامه ریزی درس فیزیک تجدیدنظر به عمل آید.

۲. در پژوهش های آینده به منظور دستیابی به نتیجه های دقیق تر، پرسش نامه به طور تدریجی و در طول سال و در فاصله های زمانی متفاوت تکمیل شود.

۳. یافته ها و نتیجه های پژوهش حاضر در اختیار برنامه ریزان درسی قرار گیرد تا پس از بررسی دقیق تر، چنانچه در سایر استان ها نیز نتیجه های مشابه به دست آمد، در برنامه ریزی آموزشی لحاظ شود.

منابع

۱. اینشتن، آلبرت. تکامل علم فیزیک.
۲. براگ، لارنس. اندیشه ها و یافته ها.
۳. چهارزی، کار. بررسی اثر انجام آزمایش در درس زیست شناسی بر میزان یادگیری دانش آموزان در این درس در پایه دوم رشته علوم تجربی دبیرستان های نظام جدید رامهرمز.
۴. عبادی، غلامحسین. شناسایی و تعیین اولویت های پژوهشی آموزشی و پرورشی از دیدگاه کارشناسان و مدیران در سال ۱۳۸۱.
۵. منصور، رضا. فیزیک بی فیزیک. انجمن فیزیک ایران.
۶. منصور، رضا. مجله فیزیک.
۷. مجلات رشد آموزش فیزیک. شماره های ۲، ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۵۹.

۱. توزیع فراوانی و درصد فراوانی متغیرها

۲. استفاده از شاخص های آمار توصیفی مانند: میانگین،

انحراف استاندارد، دامنه تغییرات، ضریب چولگی و ضریب کشیدگی متغیرهای مورد بررسی

۳. استفاده از شاخص آمار استنباطی t وابسته، t مستقل و

آزمون F

۴. استفاده از شاخص همبستگی.

نتیجه های پژوهش

برای پاسخ به این پرسش که آیا از دیدگاه دبیران و دانش آموزان، بین میزان تناسب حجم کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه با زمان مصوب رابطه ای وجود دارد، نتیجه های زیر به دست آمده است:

۱. هر دو گروه دبیران و دانش آموزان، مدت زمان مصوب را برای تدریس مطلوب کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه کافی نمی دانند.

به همین منظور، افزایش مدت زمان را برای تدریس هر فصل کتاب پیشنهاد داده اند.

۲. در برخی فصل ها که نظرات آزمودنی ها از تقارن کافی برخوردار نیست، مشاهده می شود که دیدگاه کل آزمودنی ها برای صرف زمان تدریس نسبت به زمان پیشنهادی، دارای تجانس بیشتری است. این نشان می دهد که محدودیت زمانی باعث ارائه طرح درس های یکسان می شود. نتیجه این که دبیران در صورت داشتن وقت مورد انتظار و کافی، روش تدریس های متفاوتی را در پیش نخواهند گرفت.

۳. برای تدریس فصل هایی که تعداد فعالیت های عملی و آزمایش زیادتری دارند، زمان بیشتری صرف شده است و انجام مطلوب آزمایش ها به زمان زیادتری نیاز دارد.

۴. برای شرح مباحث مکانیک، از فصل دوم مبحث «سینماتیک» (حرکت شناسی) و فصل سوم با عنوان «دینامیک» و فصل چهارم با موضوع «کار-انرژی» به ترتیب زمان های صرف شده و پیشنهادی کمتر می شود و این نشان می دهد که دانش آموزان پس از آشنایی با مفاهیم مکانیک و مطالب سینماتیک، برای درک مباحث دینامیک و کار-انرژی آمادگی بیشتری به دست می آورند.

۵. از نظر اکثر آزمودنی ها، زمانی که برای تدریس کتاب صرف شده کمتر از میانگین زمان به دست آمده است.

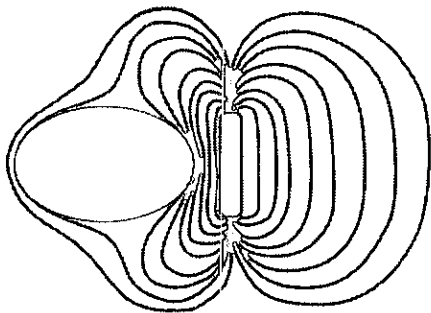
۶. به نظر می رسد به دلیل حجم زیاد برخی از موضوع های کتاب، آموزش مباحثی از مکانیک آثار واقعی خود را مانند ارتقای قدرت تحلیل و استدلال، ایجاد نکرده است.

۷. حل تمرین های پایان هر فصل و مرور مطالب پس از تدریس، نسبت به سایر بخش ها اهمیت و ضرورت بالاتری دارد



تاریخچه ابررسانا

زهرة سجادی



شکل ۱

یکی از بزرگ‌ترین رویدادهای علمی- پژوهشی عصر کنونی، کشف ابررساناهاست. ابررسانا به ماده‌ای گفته می‌شود که در برابر عبور جریان الکتریسته هیچ مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد. دامنه‌ی خواص ابررساناها آن قدر گسترده است که بشر هنوز نتوانسته به همه محدودیت‌ها و ابعاد ابررسانایی دست یابد و در نتیجه نظریه‌های گوناگونی که مرتب در حال تغییر و تجدید نظر و تکامل هستند، درباره رفتار ابررساناها ارائه می‌شوند.

اولین بار در سال ۱۹۱۱، خاصیت ابررسانایی در عنصر جیوه را فیزیکدان هلندی، هایک کامرلینگ^۱ از دانشگاه لیدن^۲ مشاهده کرد. او نشان داد، هنگامی که جیوه را تا دمای هلیوم مایع یعنی چهار درجه کلوین (۲۶۹°C- و ۴۵۲۴-) خنک کنیم، مقاومت آن ناگهان ناپدید و صفر می‌شود (کلوین یک تقسیم‌بندی مطلق را نشان می‌دهد و صفر مطلق یا صفر کلوین دمایی است که در آن مولکول‌ها حرکتی ندارند). بنابراین، برای دست یافتن به خاصیت ابررسانایی، باید جیوه را تا دمای چهار درجه کلوین سرد کرد. مدتی بعد کامرلینگ اوتزه در سال ۱۹۱۳، به خاطر تحقیقاتش در این زمینه برنده جایزه نوبل فیزیک شد.

دومین واقعه بزرگ و اتفاق جالب، به شناخت چگونگی خواص ابررسانایی در دمای بسیار پائین مربوط بود که در سال ۱۹۳۳ رخ داد. آن زمان والتر میسنر^۳ و رابرت اوخن فیلد^۴ نقش تأثیر میدان مغناطیسی را روی مواد ابررسانا که همان خاصیت دفع مواد ابررسانا توسط میدان مغناطیسی بود، کشف کردند (شکل ۱).

همان‌طور که می‌دانیم، اگر آهنربایی را نسبت به یک رسانا حرکت دهیم، جریانی را در رسانا القا می‌کند که می‌تواند اساس کار یک ژنراتور برق باشد. در حالی که در ابررسانا جریان القایی دقیقاً تمام میدان مغناطیسی را که باعث نفوذ در رسانا شده است منعکس می‌کند، به طوری که سبب رانده شدن آهنربا می‌شود. این پدیده «دیا مغناطیسی» نامیده می‌شود که امروزه به «اثر میسنر» شهرت یافته است. اثر میسنر آن قدر قوی است که یک آهنربا می‌تواند در بالای ماده ابررسانا شناور بماند.

در دهه‌های بعد، فلزات و آلیاژها و ترکیبات ابررسانای دیگری نیز شناخته شدند، به طوری که در سال ۱۹۴۱، نیتريد نیوبیم^۵

کشف شد که در دمای ۱۶K خاصیت ابررسانایی نشان داد. سپس در سال ۱۹۵۳، وانادیم سیلیکون^۶ در دمای ۱۷/۵K خاصیت ابررسانایی را نشان داد. در سال ۱۹۶۲ نیز دانشمندان در شرکت «وستینگ هاوس»^۷ اولین سیم ابررسانای اولین سیم ابررسانای تجاری را از یک آلیاژ نیوبیم و تیتانیم ساختند. سپس شتاب‌دهنده الکترومغناطیسی ذرات با انرژی زیاد، از نیوبیم تیتانیم با روکش مسی ساخته شد که بعداً در طول دهه ۱۹۶۰ در آزمایشگاه «رادرفورد-آپلتون»^۸ انگلستان گسترش یافت و برای اولین بار در یک شتاب‌دهنده ابررسانا در آزمایشگاه «فرمی تواترون»^۹ آمریکا در سال ۱۹۸۷ به کار گرفته شد.

اولین نظریه شناخته شده و قابل قبول در شناخت ویژگی‌های ابررساناها را در سال ۱۹۵۷، سه دانشمند آمریکایی با نام‌های جان باردین^{۱۰}، لئون کوپر^{۱۱} و جان شریفر^{۱۲} ارائه کردند. نظریه ابررسانایی آن‌ها به نام نظریه «BCS» معروف شد که از حروف اول نام خانوادگی آن‌ها گرفته شده است و برای آن‌ها جایزه نوبل سال ۱۹۷۲ را به ارمغان آورد.

از دیدگاه نظری، ریاضیات پیچیده نظریه BCS، خاصیت ابررسانایی را در دمایی نزدیک به صفر مطلق برای عناصر و آلیاژهای ساده توضیح می‌دهد. لازم به ذکر است که این نظریه نمی‌توانست برای دماهای بالاتر و ابررساناهای متفاوت و با ترکیبات پیچیده چگونگی ابررسانایی را توجیه کند.

نظریه بسیار مهم دیگری را در سال ۱۹۶۲ برایان دی جوزفسون^{۱۳} ارائه کرد که یک دانشجوی دوره فوق لیسانس دانشگاه «کمبریج» بود. او پیش بینی کرد که جریان الکتریکی بین دو ماده ابررسانا، حتی وقتی که آن دو ماده توسط یک ماده غیر ابررسانا یا عایق جدا شده باشند نیز برقرار می شود. پیش بینی وی بعداً اثبات شد و قسمتی از جایزه نوبل سال ۱۹۷۳ در فیزیک را برای وی به ارمغان آورد. این پدیده امروزه به «اثر جوزفسون»^{۱۴} معروف است و در وسیله های الکترونیکی مثل «SQUID» به کار می رود. SQUID وسیله ای است که قادر به شناسایی ضعیف ترین میدان های مغناطیسی است.

در سال ۱۹۶۴، بیل لیتل^{۱۵} از دانشگاه «استانفورد» امکان وجود ابررساناهای آلی (پایه کربن) را پیشنهاد کرد. اولین ابررسانا از این دسته در سال ۱۹۸۰، با موفقیت محقق دانمارکی «کلایوس بیگارز»^{۱۶} از دانشگاه «کپنهاگ»، و سه نفر فرانسوی از اعضای تیم وی ساخته شد.

در سال ۱۹۸۶، یک کشف مهم و راهگشا در زمینه ابررسانایی به دست آمد. آلکس مولر^{۱۷} و جورج بندورز^{۱۸}، دو محقق از آزمایشگاه تحقیقاتی «IBM» واقع در سوئیس، یک ترکیب سرامیکی شناسایی کردند که در دمایی بالاتر می توانست ابررسانا شود (دمای ۲۰K). آنچه که این کشف را ارزشمند کرد، این بود که سرامیک ماده ای عایق است و می دانیم که یک نارسانا جریان الکتریسیته را اصلاً عبور نمی دهد. بنابراین، محققان اصلاً توقع نداشتند که این نارسانا در دمایی بالا به عنوان یک ابررسانا عمل کند. رفتار ماده حاصل از لانتانوم، باریم، مس و ترکیب اکسیژن که مولر و بندورز ساخته بودند، تا آن زمان هنوز شناخته نشده بود. بنابراین، کشف این ترکیب که اولین ابررسانای اکسیدمس (کوپرات ها)^{۱۹} بود، جایزه نوبل را برای این دو دانشمند به همراه داشت. بعدها طی آزمایشی متوجه شدند، مقدار کمی از این مواد که در دمای ۵۸K، ابررسانا بودند، پس از اضافه کردن مقدار کمی سرب، دارای دمای بحرانی باز هم بیشتری می شدند. نتیجه های به دست آمده، ارزش این کشف را بالاتر برد (بسته به مقدار $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$ به مقدار ۲ تا ۲۶٪ سرب افزودند و TC معادل ۱۱۰K شد).

کشف مولر و بندورز، حریفه شکوفایی در زمینه تحقیقات ابررسانایی بود. به طوری که پیش شد، در گوشه و کنار جهان، در رابطه با دماهای بالا و اثر بالا بردن دمای انواع ترکیبات سرامیکی برای رسیدن به دمای بحرانی (TC) تحقیقاتی انجام شود. در ژانویه سال ۱۹۸۷، یک تیم تحقیقاتی از دانشگاه «الاباما» هونتزویل^{۲۰} در مولکول ساخته شده توسط مولر و بندورز، به جای لانتانوم، «یتریم»^{۲۱} استفاده کردند و به دمای باور نکردنی بحرانی ۹۲K رسیدند.

به این ترتیب، برای اولین بار ماده ای نه نام «YBCO» کشف شد که در دمای بالاتر از نیتروژن مایع خاصیت ابررسانایی نشان می داد (دمای نیتروژن مایع را بر خلاف دمای هلیوم مایع می توان به راحتی ایجاد کرد، زیرا یک جنک کهنه در دسترس است). از نتیجه های مهم دیگری که به دست آمد، نقش استفاده از عناصر سیمی و تایات جدید به عنوان مواد پایه ای در سرامیک ها بود. این دسته جدید شامل ابررساناهای سرامیکی با بالاترین دمای بحرانی «کوپرات های جیوه»^{۲۲} هستند. اولین مواد را از یکی از ترکیبات به دست آمده در سال ۱۹۹۳، استاد الکر آنباسلی^{۲۳} از دانشگاه «کلرادو» و تیم وی شامل ا. شلتنگ^{۲۴}، ام. کاتون^{۲۵}، جی دی گو^{۲۶}، وچ. آرات^{۲۷} از روریخ سوئیس ساختند. با افزودن تالم در کوپرات جیوه (شامل: جیوه، تالم، باریم، کلسیم، مس و اکسیژن)، رکورد جهانی دمای بحرانی TC به دست آمد که در حال حاضر ۱۳۸K است. در فوریه سال ۱۹۹۴، دمای بحرانی این سرامیک ابررسانا توسط دکتر رن گلدفارب^{۲۸} از انستیتو ملی استاندارد و فناوری کلرادو تأیید شد. با توجه به این فشارهای بالا TC را نیز بالا می برد، مشاهده شد که فشار بیشتر از ۳۰۰ هزار اتمسفر می تواند، حدوداً ۲۵ الی ۳۰ درجه، TC این ماده را افزایش دهد.

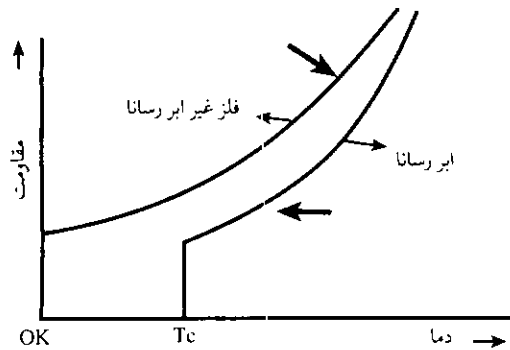
اولین شرکتی که برای ساخت ابررسانای گرم سرامیک گذاری کرد، شرکت «ISCO»^{۲۹} می بود که در سال ۱۹۸۹ شکل گرفت. ضمناً علاقه و توجه مسؤولان دولتی، خصوصی، صنایع و علمی باعث به کارگیری این دستاورد مهم در تجهیزات پزشکی بسیار حساس، در تحقیقات مرتبط با نیتروژن مایع (دمای ۷۷K) شد. لازم به ذکر است که اگرچه از زمان تا کنون (۱۵ سال اخیر)، در زمینه بالا بردن دمای بحرانی TC پیشرفت های شایان توجهی صورت نگرفته است، اما در عین حال کشف های دیگری صورت گرفته اند که دست کمی از آن ها ندارند. در سال ۱۹۹۷، محققان کشف کردند که در دمای بسیار نزدیکی به صفر مطلق، آلایز طلا و ایندیم خاصیت ابررسانایی و مغناطیسی طبیعی نشان می دهد. از نظر اطلاعات و قواعد موجود، ماده ای وجود ندارد که بتواند این دو خاصیت را همزمان داشته باشد. ولی از آن تاریخ تا کنون، دانشمندان بیش تر از شناس ماده را شناسایی کرده اند که دارای چنین خاصیتی هستند.

از دیگر کشف های بسیار مهم سال های اخیر، کشف اولین ابررسانایی با دمای بالای بدون مس (در سال ۲۰۰۰) و اولین ابررسانای تمام فلز پر وسکایت^{۳۰} (سال ۲۰۰۱) است.

با در نظر گرفتن نتیجه های به دست آمده از کشف های ذکر شده می توان این موارد را اعلام کرد:

۱. ۱۹۳۲: اعلام اولین نظریه درباره ابررساناها.
۲. ۱۹۵۷: بیان نقش مواد تشکیل دهنده ابررساناها.
۳. ۱۹۶۴: اعلام نقش مواد آلی در ابررساناها، آغاز





شکل ۲

تبدیل می شوند (مطابق نمودار ۱)، خاصیت دیا مغناطیس کامل پیدا می کنند و در میدان های مغناطیسی کاملاً دفع می شوند. جدول ۱، فهرست تعدادی از ابررساناهای نوع اول همراه با دمای بحرانی T_c و ساختمان بلوری - مولکولی آن ها را در دمای T_c نشان می دهد. نکته قابل توجه این است که مس، نقره و طلا سه عنصر فلزی هستند که خاصیت ابررسانایی ندارند! راستی چرا چنین است!؟

با توجه به خاصیت سه عنصر بالا و بررسی عناصر در جدول تناوبی معلوم شده است که بسیاری از عناصر می توانند، تحت فشار بالا به حالت ها و خواص ابررسانایی نوع اول تمایل پیدا کنند. برای مثال، فسفر یک ابررسانای نوع اول با بالاترین T_c است. در حالی که وقتی فسفر در شرایط فشار ۲/۵ میلیون بار قرار می گیرد، دمای بحرانی اش به ۱۴/۲۲K می رسد. عناصر معرفی شده در جدول ۱، و عناصر تیره رنگ جدول ۲ (جدول ۲)، تحت فشار یک اتمسفر ابررسانا می شوند. در حالی که عناصری مثل کلسیم (Ca)، استرانسیم (Sr)، باریوم (Ba)، سیلیسیم (Si) و گوگرد (S) و عناصر سبز رنگ جدول ۲، تحت فشار بالا می توانند به ابررسانا تبدیل شوند.

ابررسانای نوع دوم

به استثنای عناصر وانادیم (V)، تکنسیم (TC) و نیوبیم (Nb)، ابررساناهای نوع دوم شامل ترکیب های فلزی و آلیاژهای آن ها هستند. کشف اخیر ابررسانایی «پروسکایت ها» که شامل سرامیک های اکسید فلزی است (اکسیدهای فلزی که دارای دو اتم فلزی برای هر سه اتم اکسیژن هستند)، نیز در این گروه قرار دارند. آن ها دمای بحرانی T_c بالاتری را نسبت به ابررساناهای نوع اول با سازوکاری که هنوز ناشناخته است، به دست می آورند. از نظر اطلاعات و قاعده های موجود، چنین به نظر می رسد که علت آن می تواند، با لایه های دوبعدی ساختمان

- تحولات و حرکت های پژوهشی در زمینه های گوناگون.
۴. ۱۹۸۶: کشف سرامیک های ابررسانای گرم، آغاز انقلاب ابررساناها.
 ۵. ۱۹۹۳: اعلام نقش فشار بالا در افزایش دمای بحرانی در سرامیک ها.
 ۶. ۱۹۹۷: بیان خاصیت ویژه و غیر قابل تصور ابررسانایی و مغناطیسی آلیاژ طلا و ایندیم.
 ۷. ۲۰۰۰: تعیین خاصیت مواد ابررسانا بدون افزودن مس.
 ۸. ۲۰۰۱: بیان خاصیت ابررساناهای تمام فلز پروسکایت. نتیجه های به دست آمده از تحقیقات کامرلینگ اونز که در اوایل قرن بیستم صورت گرفته بود، مبنایی برای شروع تحقیقات و کشفیات اولیه مربوط به ابررساناها در سال ۱۹۳۳ و پیگیری پژوهش ها در زمینه های گوناگون علمی شدند که بعضی از آن ها (مثل اثر میسز در سال ۱۹۳۳ و ویژگی ابررسانایی و مغناطیسی توأم در سال ۱۹۹۷، شناسایی ابررساناهای کوپرات های مس در سال ۱۹۵۷ و ابررساناهای بدون مس در سال ۲۰۰۰، و نقش مواد آلی در ابررساناها ۱۹۶۴ و خاصیت ابررسانایی تمام فلز پروسکایت در سال ۲۰۰۱)، تعجب آور و غیرمعمول به نظر می آید. در حالی که با توجه به نتیجه های به دست آمده می توان چنین نتیجه گرفت که پدیده ابررسانایی تحقیقات و کاربردهای آن به قدری گسترده است و در تمام زمینه ها و رشته های علمی نقش دارد که می توان قرن ۲۱ را «قرن ابررساناها» نامید.

معمولاً ابررساناها را به دو دسته تقسیم می کنند: ابررساناهای نوع اول و ابررساناهای نوع دوم. در ادامه این مقاله، خلاصه ای از این دو نوع ابررسانا همراه با تعدادی از مواد ابررسانا داده می شود.

ابررسانای نوع اول و مقایسه ای با جدول تناوبی

ابررساناهای نوع اول بیشتر از فلزها و شبه فلزها تشکیل شده اند که در دمای معمولی اتاق رسانا هستند.

آن ها برای کند کردن ارتعاش های الکترونی به اندازه لازم، امکان جریان الکترونی را طبق نظریه «BCS» مهیا می کنند. بنابراین نظریه BCS، در حالت ابررسانایی الکترون ها به صورت زوج در رساتش شرکت می کنند. به هریک از این زوج الکترون ها «زوج کوپر» گفته می شود. مقاومت در برابر حرکت زوج های کوپر بسیار ناچیز است. زوج های کوپر در اثر برخورد با ارتعاش های اتمی، تکانه زیادی را از دست نمی دهند و این درست شبیه به مسابقه اتومبیل رانی است که در آن اتومبیل ها از یکدیگر جلو می زنند.

ابررساناهای نوع اول با عنوان «ابررساناهای نرم» طبقه بندی شده اند. خاصیت این دسته از ابررساناها که در ابتدا کشف شده اند این است که برای ابررسانا شدن به سردترین دماها نیاز دارند و با سرد شدن به دمایی می رسند که به طور ناگهانی در آن دما به ابررسانا



ماده ابر رسانا	دما	ساختمان بلوری
سرب Lead (pb)	۷,۱۹۶k	FCC
لانثانوم Lanthanum(La)	۴,۸۸k	HEX
تانالتیوم Tantalum(Ta)	۴,۴۷k	BCC
جیوه Mercury (Hg)	۴,۱۵k	RHL
.....
روی Zinc(Zn)	۰,۸۵k	HEX
پلاتین Platinum(pt) ^{۲۲}	۰,۰۰۱۹k	FCC

جدول ۱. معرفی ساختمان بلوری و دمای ابر رسانایی چند ماده ابر رسانا

۵۹	۶۰	۶۱	۶۲	۶۳	۶۴	۶۵	۶۶	۶۷	۶۸	۶۹	۷۰	
Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
		۹۳	۹۴		۹۶	۹۷	۹۸	۹۹	۱۰۰	۱۰۱	۱۰۲	۱۰۳
		Np	Pu		Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

جدول ۲. معرفی ساختمان بلوری و دمای ابر رسانایی چند ماده ابر رسانا

دماهای Tc بالاتر نیز امکان پذیر است و ترکیب های دیگری نیز وجود دارند که تا کنون شناسایی نشده اند و ممکن است در آینده ابر رساناهایی با Tc های بالاتر نیز کشف شوند.

اولین ترکیب ابر رسانای نوع دوم، آلیاژی از سرب (pb) و بیسموت (Bi) بود که در سال ۱۹۳۰ توسط دی هاس^{۲۳} و جی وود^{۲۴} ساخته شد. اما همچنان تا کشف اثر میسنر ناشناخته ماند. ابر رساناهای نوع دوم به ابر رساناهای سخت نیز مشهورند. ابر رسانای نوع دوم برخلاف ابر رسانای نوع اول به طور ناگهانی در دمای بحرانی به ابر رسانا تبدیل نمی شود، بلکه به طور آهسته با عبور از ناحیه ای به نام «حالت آمیخته» خاصیت ابر رسانایی از

بلوری آن ها مرتبط باشد. اگرچه از تحقیقات انجام شده اخیر چنین به نظر می رسد، حفره های موجود در اکسیژن کمی باردار شده، علت اصلی این پدیده است (حفره ها در شبکه بلوری بار مثبت دارند).

در مقایسه با ابر رساناهای کشف شده در سال ۱۹۸۵ که دمای بحرانی آن ها فقط به ۲۳k می رسید، ابر رساناهای «کوپراتی» (اکسید مس) و نوع دوم بالاترین دمای بحرانی Tc را دارا هستند، به طوری که برای این نوع ابر رساناها دمای بحرانی Tc در فشار معمولی به ۱۳۸K می رسد که می توان آن را تا دمای ۲۰۰K نیز رسانید. البته دانشمندان پیش بینی می کنند که حتی رسیدن به

خود نشان می دهد (شکل ۳).

کاربردهای ابررسانایی

۱. وسایل نقلیه مغناطیسی

بر اساس ویژگی دیامغناطیسی ابررساناها، اولین قطار مغناطیسی^{۳۵} در سوم آوریل ۱۹۹۷ در ژاپن به نام «قطار یامایاشی»^{۳۶} راه اندازی شد. این قطار سرعت باورنکردنی ۳۴۳ مایل در ساعت را داشت. اگرچه تولید میدان مغناطیسی قوی ممکن است برای بشر مخاطره انگیز باشد، اما آمریکا نیز برنامه ای برای راه اندازی قطار مغناطیسی در کالج دانشگاهی «ویرجینیا» در دست اقدام دارد. شایان ذکر است که آمریکایی ها بر مبنای استفاده از وسایل نقلیه مغناطیسی، شاتلی ساختند که ۱۱ سال روی آن کار شده بود، اما در سال ۱۹۹۷ در «بیرمنگهام» انگلستان سقوط کرد.

۲. دستگاه های پزشکی

با استفاده از خاصیت ابررسانایی دستگاه جدید «MRI»^{۳۷} ساخته شد. نوع اولیه این دستگاه در سال ۱۹۴۰ ساخته شده بود، اما در سال ۱۹۹۷ با استفاده از کاربرد مواد ابررسانایی، دستگاهی که نتیجه ها را خیلی سریع تر اعلام می کرد، ساخته و از آن استفاده شد. ویژگی دستگاه MRI این است که با تماس یک میدان مغناطیسی قوی ابررسانا با بدن انسان، اتم های

هیدروژن موجود در آب بدن و همچنین موجود در مولکول های چربی، از این میدان انرژی دریافت می کنند و تغییرات این انرژی را به بسامدهایی تبدیل کرد که می توان نمودارهای آن را توسط یک رایانه مشاهده کرد.

۳. SQUID

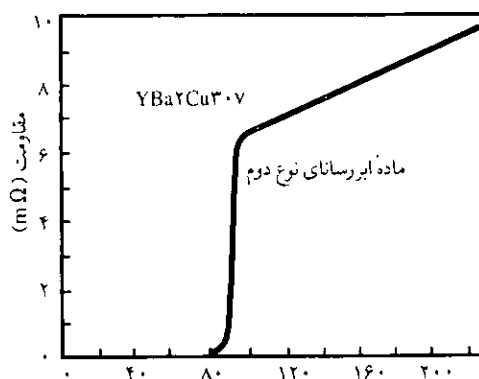
یکی دیگر از کاربردهای ابررسانا استفاده از آن در دستگاه «آنسفالوگرافی»^{۳۹} مغناطیسی است. این دستگاه قادر به تشخیص میدان مغناطیسی یک بیلیون بار کوچک تر از میدانی است که یک سوزن قطب نما را به حرکت در می آورد. در حقیقت، این دستگاه دقت بسیار بالایی را در تشخیص وجود میدان های مغناطیسی بسیار بسیار ضعیف دارد و می تواند بدون وجود میدان قوی که در دستگاه MRI وجود دارد، در میدان مغناطیسی خیلی ضعیف به کار گرفته شود.

۴. شتاب دهنده ذرات

در سال ۱۹۹۳، شتاب دهنده ای در ناحیه «الیس نگزاس»^{۴۰} راه اندازی شد که می تواند سرعت ذرات زیر اتمی پر انرژی را تا نزدیکی سرعت نور برساند.

۵. ژنراتورهای الکتریکی

این ژنراتورها که از سیم های ابررسانا ساخته شده اند، نسبت



شکل ۳

عناصر ابررسانای استثنایی نوع دوم

عناصر ابررسانا	دما
C	۱۵K
NB	۹,۲۵K
Tc	۷,۸۰K
V	۵,۴۰K

جدول ۴

فهرست تعدادی از ابررساناهای نوع دوم

ماده ابررسانا	دما
$Hg_{.8}Ti_{.2}Ba_7Ca_7Cu_7O_{8/23}$	۱۳۸K
$HgBa_7Ca_7Cu_7O_8$	۱۳۳-۱۳۵K
$HgBa_7Ca_{1-x}Sr_xCu_7O_{6+x}$	۱۲۳-۱۲۵K
$HgBa_7Ca_7Cu_7O_{1+x}$	۱۲۵-۱۲۶K
$Ti_7Ba_7Ca_7Cu_7O_8$	۱۲۷-۱۲۸K
$Nb_{.6}Ti_{.4}$	۹,۸K

جدول ۳



۹. کاربرد نظامی ابرساناها

یکی از کاربردهای ابرساناها در آنتن، استفاده از ترازهای ابرسانایی در ارتباط با امواج درناقصی از طریق آنتن های زیر دریایی هاست. در حالت عادی هرچه بسامد کوتاه تر باشد، آنتن باید بلندتر شود؛ به طوری که تا قرار دادن یک سیملوله بالای آنتن می توان عملکرد آنتن را خیلی بیش بر کرد. عیب این روش وجود مقاومت سیملوله است که تا استفاده از سیم های ابرسانا، این مشکل برطرف شده است. اولین آنتن های «مایکروویو» ابرسانا با استفاده از این روش، در «بیرمنگهام» انگلستان ساخته شد. وسیله ای به اسم «EMP»^{۲۱} می تواند با ایجاد تپ های مغناطیسی با شدت بالا، وسایل الکترونیکی دشمن را نابود کند. پست ترین استفاده نظامی ابرساناها، به کارگیری آن ها در بمب های الکترومغناطیسی است. این بمب ها شامل تجهیزاتی هستند که میدان های مغناطیسی قوی را برای تولید تپ های الکترومغناطیسی با شدت بالای سریع (EMP)، به منظور از کار انداختن تمام تجهیزات الکترونیکی دشمن به کار می گیرند. این وسیله برای اولین بار در مارس سال ۲۰۰۳ در حمله آمریکا به عراق استفاده شد.

با پیشرفت هایی که در زمینه بالا بردن دمای بحرانی TC در ابرساناها تا کنون انجام شده و خواهد شد، امید است که کشورهای گوناگون به منظور انجام برنامه های تحقیقاتی و پژوهشی برای شناسایی بیش تر خواص ابرساناها و همین طور کاربرد آن ها در زمینه های گوناگون، سرمایه گذاری کافی کنند، تا عقب ماندگی های علمی و فنی خود را در قرن ۲۱ جبران کنند. نمودار زیر چگونگی بهره برداری از مواد ابرسانا را تا سال ۲۰۲۰ پیش بینی می کند.

به ترازهای مرسوم بسیار مقرون به صرفه اند و کارایی آن ها به بیش از ۹۹ درصد می رسد. این در حالی است که اندازه این ترازها در حدود نصف ترازهای معمول است. استفاده از این ترازها برای تولید نیروی برق در دهه های آینده می تواند در جهان تحولی ژانم وجود آورد؛ به طوری که سودهای بیلیون دلاری را در پی خواهد داشت.

۶. ذخیره کننده نیروی برق (SMES)^{۲۱}

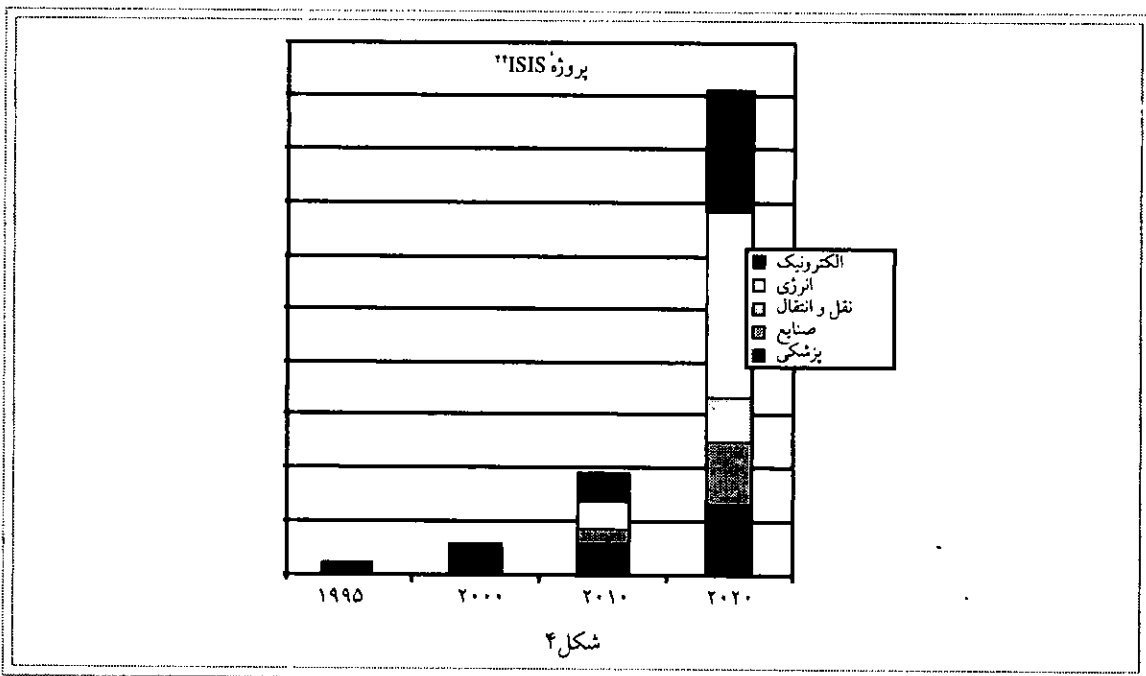
یکی دیگر از کاربردهای ابرساناها دستگاه ذخیره کننده برق است که می تواند بیش تر از سه بیلیون وات برق ذخیره و در مواقع لزوم از آن بهره برداری کند. در ماه مه سال ۲۰۰۱، ۱۵۰ هزار نفر از اهالی کینتھاگ دانمارک جریان برق را از طریق کابل های «HTS»^{۲۲} (ماده ابرسانای گرم)، دریافت کردند. آن کابل فقط ۳۰ متر طول داشت. در همان سال کابل ۴۰۰ فوتی (تقریباً ۱۰۰ متر) HTS ساخته شد که می توانست ۱۰۰ میلیون وات برق را انتقال دهد.

۷. رایانه های ابرسانا

در حال حاضر سریع ترین رایانه ها در حدود تریلیون در ثانیه سرعت دارند، در صورتی که رایانه های ابرسانا می توانند سرعت خود را به هزار برابر آن نیز برسانند.

۸. تراز یستورهای ابرسانا

در الکترونیک نیز با ساختن تراز یستورهای ابرسانا و صافی های تولید کننده بسامدهای بالا می توان بسامدهای مطلوب را تولید کرد. همچنین، به وسیله این صافی ها می توان بسامدهای نامطلوب و ناخواسته را از بین برد و به جای آن ها بسامد مورد نظر را قرار داد.



شکل ۴



معمای فیزیک

معمای فیزیک



چگونه این تضاد آشکار را توجیه می‌کنید؟

جبهه‌های هوا

در گزارش‌های هواشناسی همواره نام جبهه‌های هوای گرم و سرد به گوشمان می‌خورد. وقتی هوای گرم و سرد در کنار هم قرار می‌گیرند (این اتفاق در جبهه‌های هوا رخ می‌دهد)، حتی اگر اختلاف فشاری در سطح زمین وجود نداشته باشد، هوای گرم و سرد به ترتیب به عنوان منطقه‌های پرفشار و کم فشار عمل می‌کنند. اختلاف فشار بین آن‌ها سبب به وجود آمدن بادهای گرمایی می‌شود. از طرف دیگر، می‌دانیم که هوای سرد چگال‌تر از هوای گرم است. پس به نظر می‌رسد، هوای سرد باید نظیر منطقه پرفشار باشد. چگونه این تضاد آشکار را توجیه می‌کنید؟

1. Heike Kamerling ones
2. Leiden University
3. Walter Meissner
4. Robert Ochenfeld
5. Niobium -nitride
6. Vanadium silicon
7. Westinghouse
8. Rutherford - Appleton Lab
9. Fermi Lab Tevatron
10. John Bardeen
11. Leon Cooper
12. John Schrieffer
13. Brain D. Josephson
14. Josephson Effect
15. Bill Little
16. Klaus Bechgaard
17. Alex Muller
18. George Bednorz
19. Cuprates
20. Alabama - Huntsville
21. Yttrium
22. Perovskite Ceramic
23. Mercuric - Cuprates
24. Uler Onbasli
25. A-Schilling
26. M. Cantoni
27. J.D.GUO
28. H.R.Ott
29. Dr. RonGoldford
30. Illinois Super Conductor - International

این شرکت در ایلینوی آمریکا و در سال ۱۹۸۹ پایه‌گذاری شد.

31. Perovskites
- سرامیک‌های اکسیدفلزی که به طور معمول در برابر هر ۲ اتم فلز ۳ اتم اکسیژن دارد.
۳۲. TC های داده شده برای حالت معمولی مواد است به جز پلاتین که به صورت پودر است.
33. W.DeHaas
34. J.Voogd
35. Maglev
36. Yamanashi - Maglev Train
37. Magnetic Resonance Imaging (MRI)
38. Superconducting Quantum - Interference Device
39. Magnetoencephalography
40. Ellis Conty, Texas
41. Superconducting Magnetic Energy Storage System
42. High Temperature Superconducting
43. Electro-Magnetic Pulse. (EMP)
44. International Super Conductivity Industry Summit

منابع

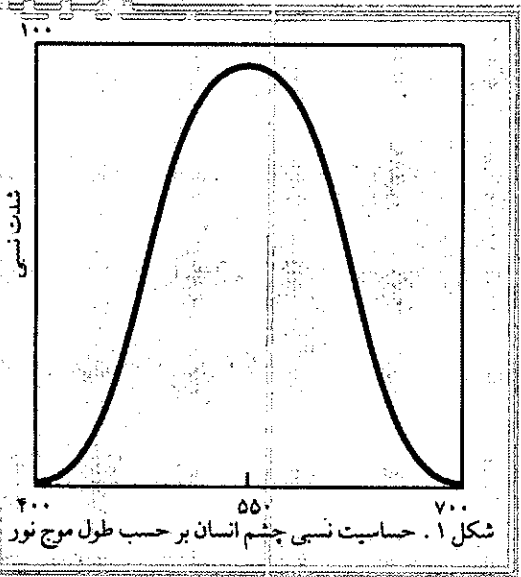
1. CRC Hand book of Chemistry and Physics.
2. Technische University of Munchen, Read Metals Corps.
3. Industry News Sources.
4. History of Physics Research in Ukraine by Oleksander Bakai and Yurig Raniuk. Kharkov Institute of Science & Technology 1993.
5. Physics Classical & Modern Second Edition - Frederick J. Keller /W.E dward Gettys/MalcdmJ. Skove.

پاسخ

معمای فیزیک

پاسخ معمای فیزیک

موضوع نشان می‌دهد که چشم انسان طوری تکامل یافته است که حساسیت آن بر طیف خورشید منطبق شود. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنیم، شدت کل نور بنفش در طیف مرئی خورشید کم تر از شدت کل نور آبی است؛ پس آبی در پراکندگی ریلی غالب می‌شود. همچنین، حساسیت چشمان ما به بنفش کم تر از آبی است، پس مسأله غلبه نور آبی بالا را پاسخ فیزیولوژیکی نیز تشدید می‌کند.



در پاسخ به این معما که چرا آسمان بنفش نیست، باید توجه کرد که تابش آسمان بخشی از انرژی خورشیدی است که به وسیله مولکول‌های هوا و ذره‌های ریز گردوغبار پراکنده شده است. رنگ آسمان را می‌توان به کمک فرایند پراکندگی توجیه کرد، زیرا در گستره مرئی، نورهای آبی و بنفش بیش تر پراکنده می‌شوند. نخستین نظریه مناسب درباره پراکندگی رالدریلی^۱ (۱۹۱۹-۱۸۴۲) بیان کرد. ضریب پراکندگی که او از محاسبه‌های الکترومغناطیسی خود به دست آورد، به چگالی و خواص الکتریکی محیط بستگی دارد، ولی بیش تر از هر چیز تابع ابعاد پراکنده‌ها و عکس توان چهارم طول موج به صورت زیر است:

$$k_s = 24\pi^2 N \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} \right) \frac{v^2}{\lambda^4}$$

که در آن n ضریب شکست محیط، v حجم پراکنده و λ طول موج نور است. دیده می‌شود که λ^{-4} در این رابطه وارد می‌شود. نسبت k_s برای نور آبی با طول موج ۴۲۵ nm به نور قرمز با طول موج ۶۵۰ nm عبارت است از $\left(\frac{650}{425} \right)^4 = 5/48$. پس پراکندگی نور آبی ۵/۴۸ برابر پراکندگی نور قرمز است.

اما طول موج نور بنفشی از آبی هم کوتاه‌تر است. پس اگر پراکندگی ریلی تنها عامل مهم باشد، باید آسمان بنفش به نظر برسد. شناخته شده‌ترین چشمه نور مرئی خورشید است. سطح خورشید تابش را در سراسر طیف الکترومغناطیسی گسیل می‌دارد، اما شدیدترین تابش آن در ناحیه‌ای است که به عنوان ناحیه مرئی تعریف می‌کنیم. شدت تابش خورشید قله‌ای در حدود ۵۵۰ nm دارد که نظیر قله حساسیت چشم انسان (شکل ۱) است. این

زیر نویس

I. Ruyleigh





طولی بزرگنمایی

اشتباه ترسیمی

هکتور رابال و همکاران
مترجم: احمد توحیدی

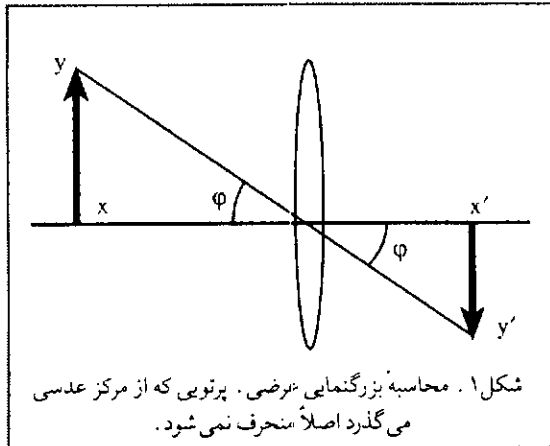
$$\frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

که در این رابطه x فاصله شیء، x' فاصله تصویر و f فاصله کانونی عدسی همگراست.

معمولاً بزرگنمایی خطی $m = y'/y$ با ترسیم پرتو نوری که از مرکز عدسی می‌گذرد به دست می‌آید شکل (۱).

این پرتو چون از مرکز عدسی می‌گذرد به طور قابل توجهی منحرف نمی‌شود. بنابراین با مساوی قرار دادن تانژانت زاویه‌های φ خواهیم داشت.

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{-x'}{x} = 1 + \frac{-x'}{f} \quad (2)$$



معمولاً در بیش تر کتاب‌های درسی اپتیک، بزرگنمایی عرضی تصویر تشکیل شده به وسیله عدسی‌های همگرا، آینه‌ها، و دیوپترها به نحو مطلوبی ذکر می‌شود. اما تصویر یک شیء سه بُعدی ناحیه‌ای سه بُعدی را در فضا اشغال می‌کند. تأثیر دستگاه اپتیکی روی بعدهای طولی و عرضی جسم متفاوت است. به ندرت بزرگنمایی در امتداد محور اصلی (بزرگنمایی طولی) مورد بررسی قرار می‌گیرد. بعضی از کتاب‌های درسی، حتی به مفهوم بزرگنمایی طولی نمی‌پردازند.

اشیاء متقارن (مانند پیکان) مورد استفاده قرار می‌گیرند و تصویر خطی آن‌ها را معکوس رسم می‌کنند. چگونگی ترسیم تشکیل تصاویر اشیاء نامتقارن نشان داده نمی‌شود. یکی از معدود کتاب‌هایی که به این موضوع پرداخته است کتاب درسی هشت است^۱.

ما بارها در کلاس‌های درس خود متوجه سردرگمی در این مورد شده‌ایم. دانش‌آموزان بر این باورند که تصویر اشیاء نسبت به مرکز اپتیکی عدسی تقارن طولی دارد. چندین کتاب درسی معتبر، کاتالوگ سخت‌افزارهای اپتیکی، مجله علمی جهانی، مقاله‌ای در مجله اپتیکی، دانش‌نامه اسپانیا مرتکب همین اشتباه شده‌اند. در این مقاله، ما توصیه می‌کنیم که مفهوم بزرگنمایی خطی را با دقت بیشتر در کلاس تدریس کنید و این مورد را با تصویری که به دقت رسم شده است نشان داده‌ایم.

معادله‌ی معروف عدسی‌های نازک به این صورت است:

و با استفاده از رابطه

$$x' = \frac{xf}{x-f} \quad (۳)$$

نتیجه می گیریم

$$m = 1 + \frac{x}{x-f} = \frac{f}{x-f} \quad (۴)$$

برای محاسبه بزرگنمایی طولی $L = \frac{dx'}{dx}$ اندک مهارتی در

حسابان لازم است. با گرفتن مشتق از رابطه (۳) خواهیم داشت:

$$L = \frac{dx'}{dx} = \frac{f(x-f) - xf}{[x-f]^2} = \frac{-f^2}{[x-f]^2} = -m^2 \quad (۵)$$

این رابطه با قراردادن رابطه (۴) در آن به دست آمده است.

بزرگنمایی طولی L با رابطه $L = -m^2$ به بزرگنمایی عرضی

m مربوط می شود. علامت منفی بدین معنی است که اگر

جهت پیکان رو به عدسی باشد، جهت تصویر آن از عدسی

دور می شود.

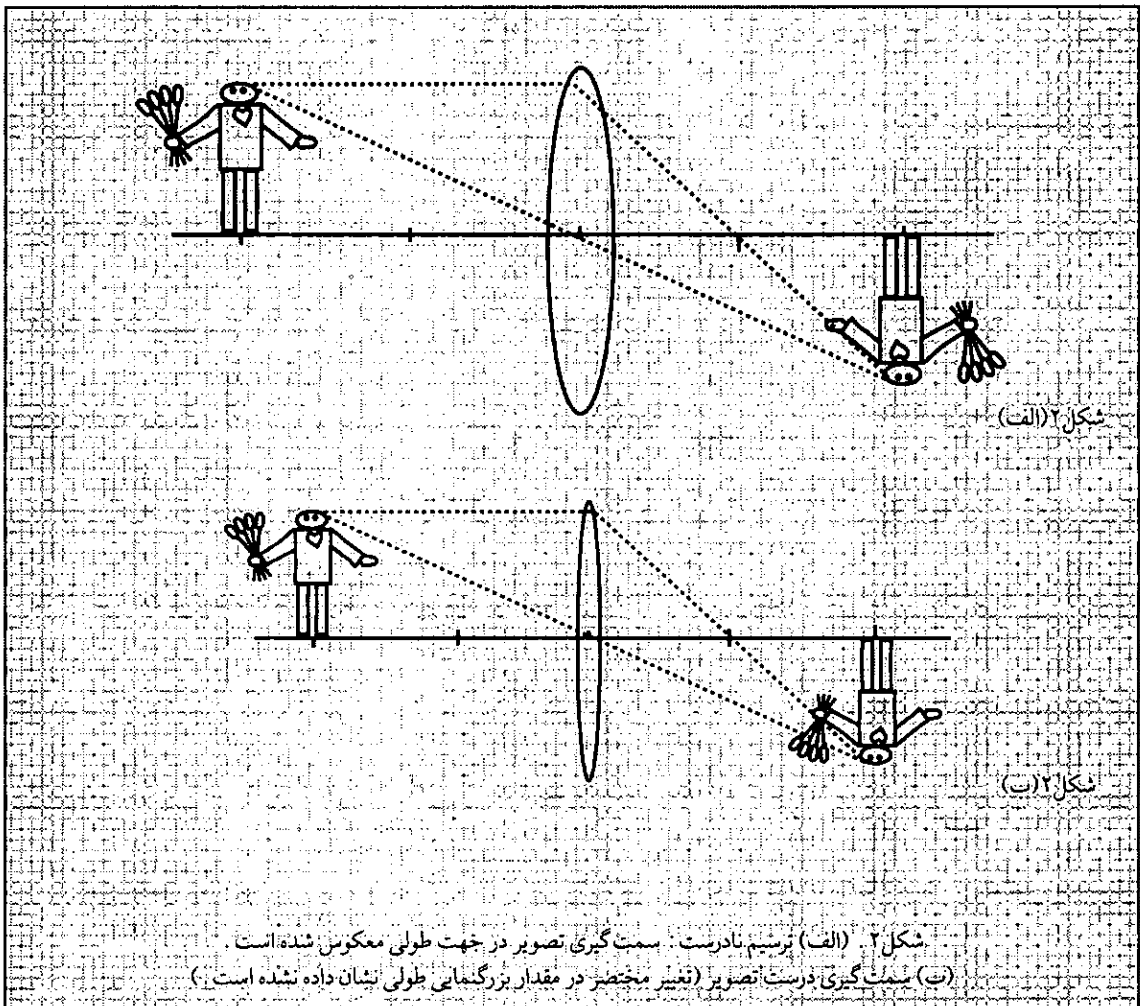
این موضوع را می توان با رسم پرتوهای نور و البته با آزمایش

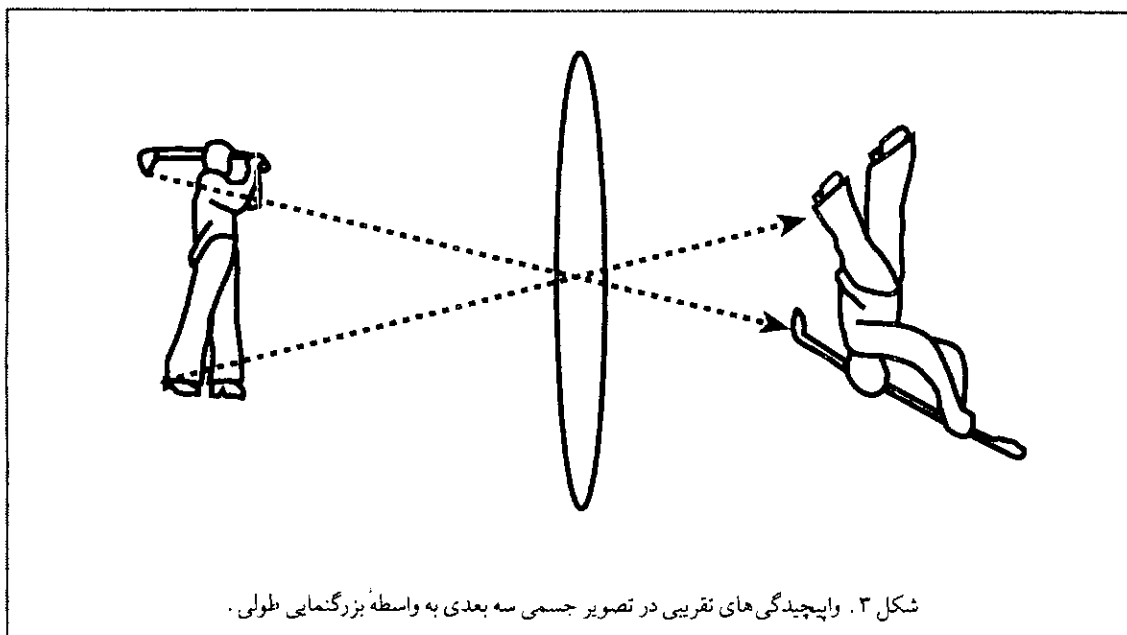
بررسی کرد. این نتیجه به دست می آید که ترتیب نقطه ها در فضای تصویر در امتداد محور اپتیکی، با شیئی یکسان است. برای وضوح بیشتر بهتر است تصویر بیش از یک نقطه را به دست آوریم.

به نظر می رسد که معکوس شدن تصویر در جهت عرضی باعث می شود که دانش آموزان (و بعضی اوقات معلمان) نتیجه بگیرند که در امتداد طولی نیز وارونگی به همین ترتیب صورت می گیرد. معمولاً آن ها تصویر یک شیئی نامتقارن را به صورت (۲) - الف) ترسیم می کنند درحالی که روش صحیح آن در شکل (۲) - ب) نشان داده شده است. وارونگی طولی در تصویر آینه های کروی و تخت و در بعضی از موارد در تمام نگاری نیز روی می دهد. موقعیت های ویژه ای نیز وجود دارد که در آن وارونگی طولی در تشکیل تصویر عدسی ها روی نمی دهد که می توان آنها را در کتاب مرجع ۱۰ پیدا کرد.

بیش تر اوقات، بزرگنمایی طولی به شدت تصویر یک شیئی سه بعدی را واپیچیده می کند شکل (۳).

واپیچیدگی در حوالی ناحیه هایی که بزرگنمایی $m = \pm 1$





مراجع

1. R.A. Serway, physics for Scientist and Engineering with Modern physics, 4 th ed.(Saunders, philadelphia, 1982).
2. D. Halliday, R. Resnick, and K.S. Krane, physics: Ex-tended, 4 th ed.(Wiley, New York, 1992), vol. II.
3. R. Guenther, Modern Optics (Wiley, New York, 1990).
4. A. H. Cromer, physics for the Life Sciences, 2 nded. (Mc-Graw-Hill, New York, 1996).
5. F.A. Jenkis and H.E. White, Fundamentals of Optics (McGraw - Hill, New York, 1970).
6. F.A. Tipler, physics for Scientist and Engineering, 3 rded. (Worth publishers, New York, 1996), vol. II.
7. F.W. Sears, Optics, 3 rded. (Addison - Wesley, Reading, MA, 1940).
8. W.E. Gettys, F.J. Keller, and M.J. Skove, Physics Classical and Modern (McGraw- Hill, New York, 1991).
9. P.M. Fishbane, S. Gasiorowicz, and S.T. Thornton, physics for Scientist and Engineering (prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1993), Vol. II.
10. E. Hecht, Optics (Addison - Wesley, San Francisco, 1998).
11. D.S. Falk, D. R. Brill, and D.G. Stork, Seeing the Light (Wiley, New York, 1986), p. 113.
12. 1995 Annual Reference Catalog for Optics, Science and Education (Edmund Scientific), p. 22.
13. Y.S. Abu-Mostafa and D. Psaltis, "Computadoras 'optico-neuronales', Investigaciony Cirncia (Spanish edition of Sci. Am.) 128, 58-65 (1987).
14. A. Pentland, Scherock, T. Darrell, and B. Girod "Simple range cameras based on focal error", J. Opt. Soc. Am H1, 2926 (1994), Fig. 1.
15. "Clarín", Ciencia Explicada Clarín (Arte Grafico Editorial Argentino, 1996), p. 72.

PACS coeds: 01. 40 Gb, 42. 10D, 42. 78

است (هنگامی که مکان شیء در $x=0$ یا $x=2f$ باشد) به کمترین مقدار خود می‌رسد و بیش‌ترین مقدار هنگامی است که شیء در نزدیک کانون عدسی باشد. در این ناحیه با کمترین تغییر مکان شیء بعضی از بخش‌های تصویر به شدت تغییر می‌کند. هنگامی که شیء به کانون عدسی همگرا نزدیک می‌شود تصویر حقیقی آن بی‌نهایت میل می‌کند. برعکس هنگامی که شیء کانون را پشت سر می‌گذارد تصویر مجازی آن در طرف دیگر عدسی آشکار می‌شود.

بنابراین تصویر یک شیء سه بعدی که بخشی از آن در نواحی جلو و بخش دیگری از آن در نواحی عقب کانون عدسی قرار دارد و تصویر جداگانه خواهد داشت. تصویر یکی از آنها وارونه، حقیقی با بزرگنمایی زیاد و بسیار دور از عدسی تشکیل می‌شود و تصویر دیگر مستقیم، مجازی با بزرگنمایی زیاد و بسیار دور از عدسی است. در پایان، توصیه می‌کنیم که بحث بزرگنمایی طولی باید با دقت بیشتری بررسی شود، به ویژه در مورد تصویر اشیاء سه بعدی. دانش آموزان باید با تصویرهای نامتقارن تمرین‌های بیشتری داشته باشند و پرتوهای نور را از نقطه‌هایی رسم کنند که فاصله آنها از عدسی متفاوت است. این نتیجه‌ها به آسانی قابل درک و نمونه خوبی است برای این که نشان دهیم بعضی اوقات طبیعت چگونه کارهای نامنتظره انجام دهد.

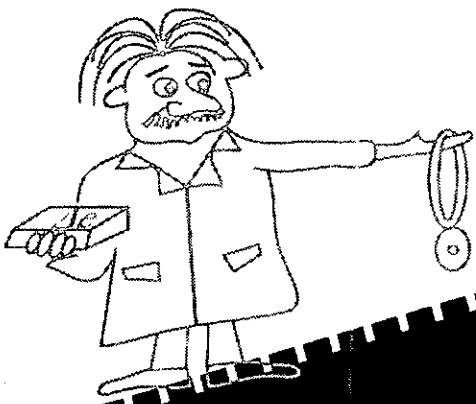
زیر نویس

1-Longitudinal Magnification Drawing Mistake

منبع

The physics teacher, Vol. 42, January 2004





کوناگون



مسابقه دوی سرعت ذرات

حکیمه محمدپور
زنگان، مرکز تحصیلات تکمیلی

PHYSICS

$F = dp/dt$ $E = mc^2$ $E_2 - E_1 = h\nu$

Electron	
$m_0 = 9.11 \times 10^{-31}$ Kg	
$q = e = -1.6 \times 10^{-19}$ C	
Time = 00.00 S	

PHYSICS

بینندگان عزیز، تصویر
قهرمان دوی سرعت ذرات را
هم اکنون در صفحه تلویزیون
مشاهده می کنید.

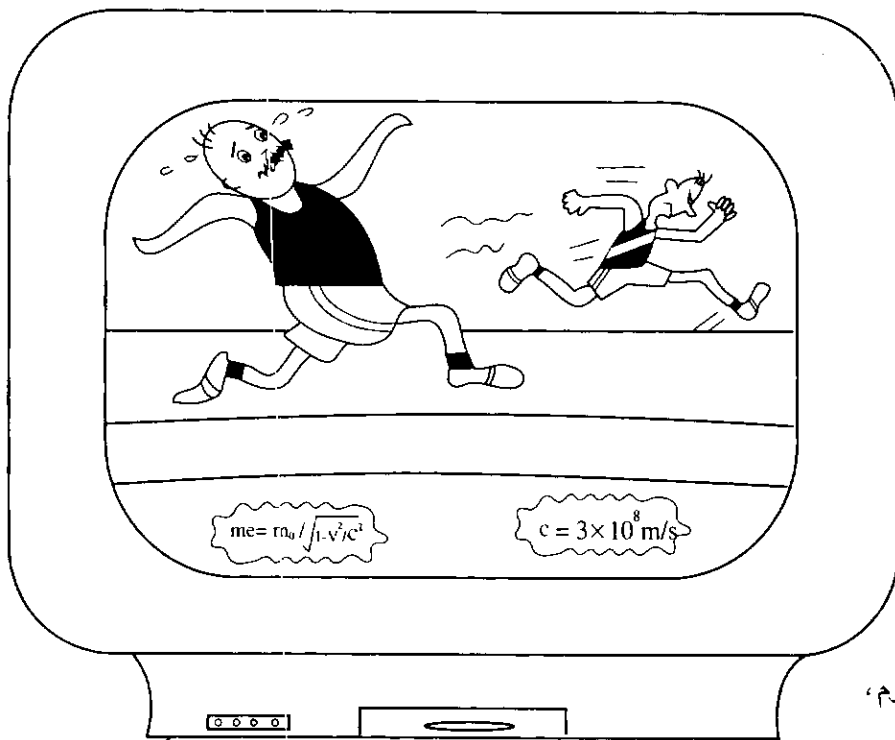
PHYSICS

$E = \Delta u$ $W = mg$ $W = qR(\frac{1}{r} - \frac{1}{R})$

photon	
$m_0 = 0.00$ Kg	
$q = 0.00$ C	
Time = 00.00 S	

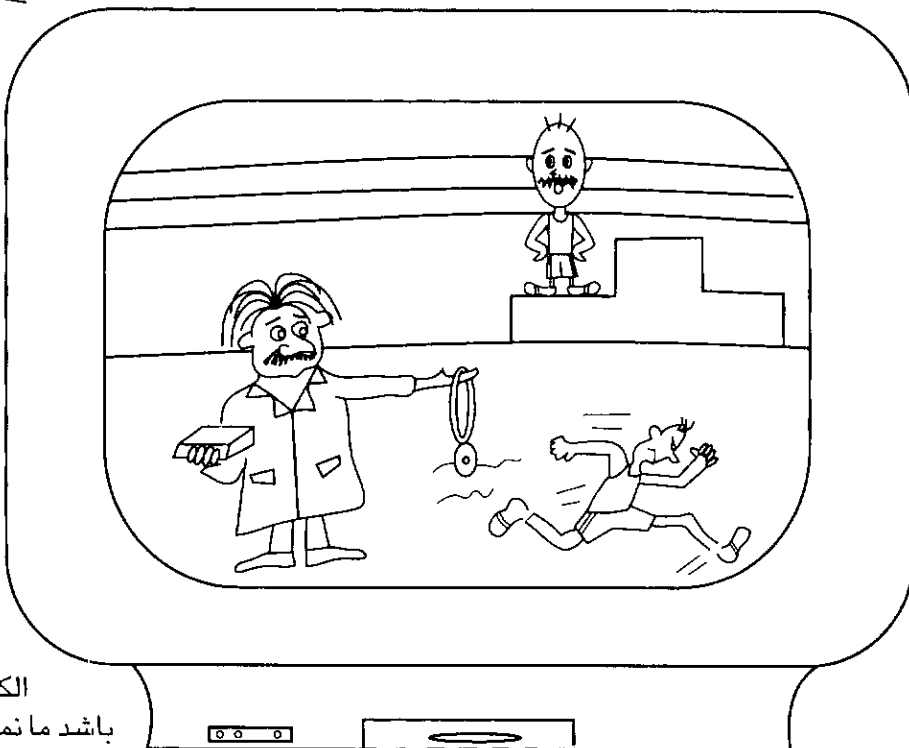
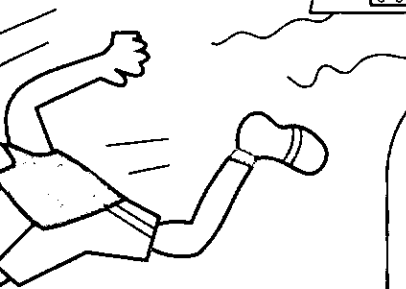
PHYSICS





فوتون: بابا
الکترون، این
هزارمین مرتبه ای
است که پیست
مسابقه را دارم دور
می زوم. فکر
می کنم شما باید
در رژیم غذایی
خود تجدید نظر
کنید!

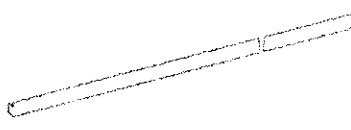
الکترون: حق با
توست پسرم!
نمی دانم چرا هرچه
بیشتر سعی می کنم
که سریع تر بدم،
سنگین تر می شوم!



استاد اینشتین:
هی فوتی! بیا
جایزه ات را بگیر.
مسابقه تمام شد
و تو هنوز داری
می دوی.
فوتون: عموی
آلبرت، لطفاً جایزه
من را به بابا
الکترون بدهید. هرچه
باشد ما نمک پرورده ایشانیم!

کوچک ترین جرم مادی است که می تواند با دریافت انرژی کافی،
بیشترین سرعت را بین سایر ذرات (با نزدیک ترین سرعت به سرعت
نور (c)) به دست آورد.
در صفحه تلویزیون، تصویر الکترون با جرم سکون
 $m_0 = 9/11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ و بار $q = -e$ را می بینیم. اما چون وجود

شرح تصویرهای مسابقه دوی سرعت ذرات
در این تصویرهای تلویزیونی، قهرمانان دوی سرعت ذرات،
الکترون و فوتون معرفی شده اند. زیرا فوتون که بسته کوانتیده وابسته
به موج الکترومغناطیسی (مثل نور) است. طبق «نظریه نسبیت
خاص اینشتین». بیشترین سرعت را در جهان دارد. الکترون نیز



کند: $E' - E = p'c^2 = E' - E$. و این پیشنهاد معقول را الکترون می پذیرد، زیرا اگر بخواهد به سرعت نور بسیار نزدیک تر شود $v \rightarrow c$ ، در فرمول نسبی جرم $m = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ داریم:

$m \rightarrow \infty$ یعنی تناقض. که این نکته توجیه قابل قبولی برای سرعت حدی C که یک جسم می تواند کسب کند، به دست می دهد (البته طبق فرمول بالا، $m = m_0 \gamma$ ، تنها جسم با شرایط مذکور، جسمی با جرم سکون صفر $m_0 = 0$ ، یعنی فوتون است). و نیز هنگامی که $v \rightarrow c$ داریم: $E_k \rightarrow \infty$ ؛ زیرا هر تغییری در انرژی کل یک دستگاه ذرات، نظیر تغییری در جرم آن دستگاه است؛ یعنی:

$$E_k = E - E_0 = \Delta mc^2$$

$$\lim_{v \rightarrow c} E_k = \lim_{v \rightarrow c} c^2 \left[m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} - m_0 \right] \rightarrow \infty$$

یعنی انرژی لازم برای رسانیدن سرعت جسم به C بی نهایت و دست یافتن به این انرژی ناممکن است. چون سرعت فوتون بیشتر از سرعت الکترون است، سرانجام فوتون برنده می شود. برای رفع ناسازگاری ظاهری (نقض پایستگی تکانه و پایستگی جرم-انرژی)، جایزه از نوع انرژی است (بسته انرژی)، اما فوتون آن را نمی پذیرد. زیرا اولاً، انرژی هر فوتون (متناسب با بسامد موج مربوطه) قابل تغییر نیست؛ چون بسامد آن ثابت است. ثانیاً، برای دریافت جایزه (انرژی) فوتون باید می ایستاد که به معنی مرگ فوتون است. البته می دانیم، نابودی فوتون با دادن انرژی $h\nu$ به آن صورت نمی گیرد، بلکه روش های دیگری دارد. به عبارت دیگر، فوتون نمی تواند خود به خود متوقف و نابود شود!

و اما الکترون. در پایان مسابقه، الکترون برای ایستادن در سکو، سرعتش را کم و کمتر می کند؛ تا به حال سکون برسد. به همین دلیل، در تصویر آخر می بینیم که الکترون، اضافه جرم ناشی از سرعت زیاد را از دست داده و مجدداً به جرم سکون m_0 رسیده است. از آن جا که الکترون از حال سکون $p_0 = 0$ ظاهراً بدون دریافت انرژی شروع به افزایش سرعت کرده و تکانه خود را از صفر به h/λ رسانده است (به عبارت دیگر، موج دو بروی وابسته به الکترون با طول موج λ و انرژی E ایجاد شده است)، جایزه انرژی به میزان $E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$ است؛ یعنی انرژی مورد نیاز برای حرکت الکترون با سرعت تقریباً نزدیک به سرعت نور.

فوتون وابسته به حرکت آن است، قبل از شروع مسابقه و در حالت سکون، فوتون وجود ندارد؛ یعنی جرم سکون فوتون صفر است. بعد از شروع مسابقه، الکترون بر سرعت خود می افزاید (که این افزایش سرعت بدون اعمال نیروی خارجی بر الکترون. با پایستگی تکانه و انرژی سازگار نیست. در هر حال، در تصویر این نیرو توسط اصطکاک ایستایی بین پاهای الکترون و زمین مسابقه تأمین می شود!) و طبق رابطه جرم نسبی $m = m_0 \gamma = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ در سرعت های بالا (نزدیک به سرعت نور) جرم الکترون زیاد می شود و در نتیجه انرژی آن طبق رابطه زیر:

$$mc^2 = m_0 \gamma c^2 \rightarrow E = E_0 \gamma = E_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

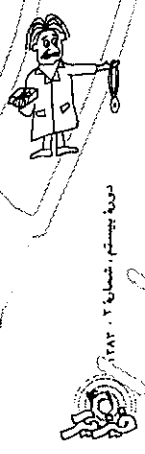
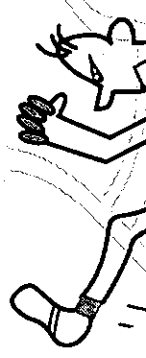
یا طبقه رابطه مقابل، افزایش می یابد.

$$\begin{aligned} \gamma^2 &= \frac{c^2}{c^2 - v^2} \rightarrow c^2 \gamma^2 = c^2 + v^2 \gamma^2 \\ &\rightarrow m^2 c^4 \gamma^2 = m^2 c^4 + m^2 v^2 \gamma^2 \\ &\rightarrow (mc^2 \gamma)^2 = (m_0 c^2)^2 + p^2 c^2 \\ &\rightarrow E^2 = E_0^2 + p^2 c^2 \end{aligned}$$

(که باز، این فرایند به صورت خود به خود و بدون اثر خارجی بر الکترون، با اصل پایستگی جرم-انرژی سازگار نیست.) حال با نادیده گرفتن مبحث پایستگی (به طور موقتی) و با فرض این که الکترون به گونه ای می تواند سرعتش را افزایش دهد و با توجه به این که فوتون از ارتعاش های الکترومغناطیسی، یعنی از حرکت شتابدار الکترون حاصل می شود، خواهیم دید که ابتدا، فوتون وجود ندارد و پس از شروع مسابقه و افزایش مداوم سرعت الکترون (وجود شتاب)، فوتونی با سرعت ثابت C تولید می شود. به همین دلیل، فوتون الکترون را «بابا» خطاب می کند. به این معنا که ابتدا الکترون وجود دارد و سپس فوتون طبق بحث بالا به وجود آمد. یعنی وجود فوتون وابسته به وجود الکترون است. همین طور عمر الکترون در این مسابقه، جلوتر از فوتون است. بنابراین، فوتون می تواند الکترون را پدر خود بخواند.

تنها سرعت مجاز برای فوتون 3×10^8 m/s است. زیرا طبق اصل موضوع دوم نظریه نسبیت خاص، سرعت نور ثابت است (تحت تبدیل ناورداست) و هیچ فوتونی با سرعت مخالف C وجود ندارد. در حین مسابقه که الکترون مدام بر سرعتش می افزاید و جرمش زیاد می شود و فوتون نیز با سرعت C حرکت می کند، می بینیم که همچنان پایستگی بار برقرار است.

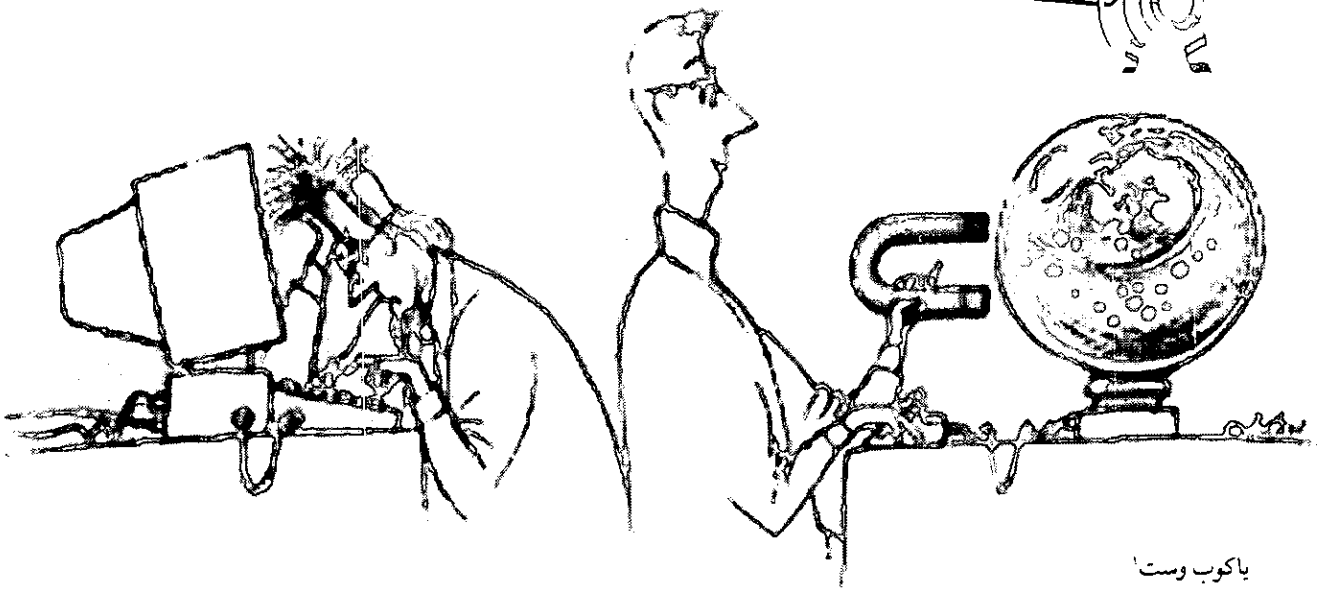
فوتون به الکترون پیشنهاد می کند که سرعتش را زیادتر نکند و در رژیم غذایی خود تجدیدنظر کند؛ یعنی انرژی کمتری دریافت



نور، نسبیت، شتاب، ۲۰۱۳

زیرنویس
۱. برای اطلاعات بیشتر در مورد تولید و نابودی فوتون، به کتاب «مبانی فیزیک کوانتوم» تألیف رابرت سلزو و رابرت برنستین مراجعه شود.





یاکوب وست
مترجم: نسیم صبا

رایانه کوانتومی چیست؟

به رایانه خود نگاه کنید. رایانه شما نشانگر سال‌های اوج پیشرفت نوعی از فناوری است که با ایده اولیه چارلز بیچ^۱ (۱۷۹۱ - ۱۸۷۱) آغاز شد و سرانجام به تولید اولین رایانه توسط مهندس آلمانی به نام کنراد زوسه^۲ در سال ۱۹۴۱، انجامید.

نکته عجیب آن است که رایانه‌های مدرن با سرعت بالا که اکنون در مقابل شما قرار دارند، اساساً با رایانه‌های گول پیکر قدیمی که به ۱۸ هزار لامپ خلأ و ۵۰۰ مایل سیم‌کشی مجهز بودند، تفاوتی ندارند. اگرچه رایانه‌ها خیلی کوچک‌تر شده‌اند و وظیفه‌های خود را سریع‌تر انجام می‌دهند، اما این وظیفه‌ها که عبارتند از رمزگذاری بیت‌های دودویی و استخراج نتیجه‌های محاسباتی مفید، تغییری نکرده‌اند.

یک بیت، واحد اصلی اطلاعات است که در رایانه‌های دیجیتال با ۰ یا ۱ نشان داده می‌شود. هر بیت به طور فیزیکی از طریق یک سیستم فیزیکی میکروسکوپی شکل پیدا می‌کند؛ مانند مغناطیس کردن روی یک دیسک سخت، یا بار الکتریکی روی یک خازن. برای مثال، یک سند شامل ۱۱ کاراکتر که روی دیسک سخت ذخیره شده است، در یک رایانه استاندارد با رشته‌ای از ۸۱۱ عدد ۰ و ۱ توصیف می‌شود.

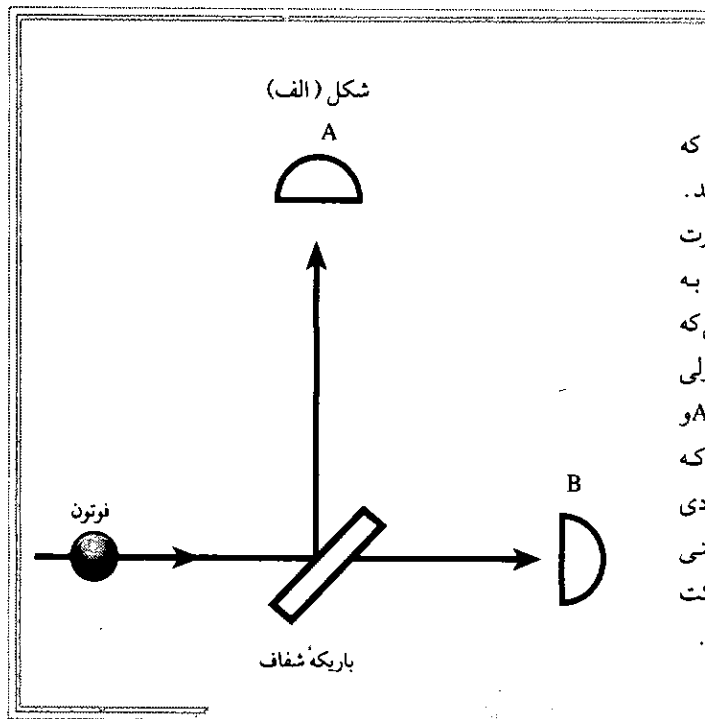
در این جا یک اختلاف کلیدی بین رایانه کلاسیک و رایانه کوانتومی وجود دارد. به این معنی که رایانه کلاسیک از قانون‌های بدیهی و قابل فهم فیزیک کلاسیک پیروی می‌کند، ولی رایانه کوانتومی دستگاهی است که با استفاده از پدیده‌های فیزیکی منحصر به مکانیک کوانتومی (مخصوصاً نداخل کوانتومی)، سبک جدیدی از پردازش اطلاعات را محقق می‌سازد.

در یک رایانه کوانتومی، واحد اصلی اطلاعات که بیت کوانتومی، یا «کیوبیت» نامیده می‌شود، دودویی نیست، بلکه بیش‌تر چهارتایی است. خاصیت کیوبیت نتیجه مستقیم پیروی از قانون‌های مکانیک کوانتومی است که اساساً با فیزیک کلاسیک تفاوتی بارز دارند. یک کیوبیت می‌تواند، هم در حالتی نظیر حالت‌های منطقی ۰ یا ۱ (مشابه بیت کلاسیک) و هم در آمیزه یا برهم‌نهشی از حالت‌های کلاسیک، وجود داشته باشد؛ یعنی در حالت ۰ یا ۱، و یا به طور همزمان هر دو، ۰ و ۱ با ضریبی عددی که احتمال هر حالت را بیان می‌کند. این موضوع ممکن است دور از ذهن به نظر برسد، زیرا فیزیک کلاسیک بر پدیده‌های روزمره حکمفرماست، نه بر مکانیک کوانتومی که در سطح اتمی حکمفرماست. این مفهوم نسبتاً دشوار به نظر می‌رسد و بهتر است، از طریق آزمایش توضیح داده شود. به شکل الف توجه کنید:

رایانه کوانتومی

آزمایش ۱

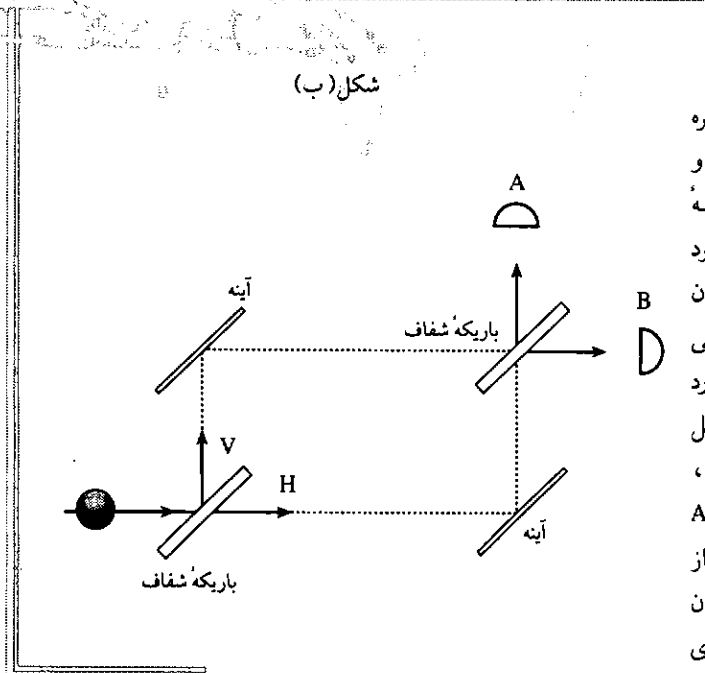
در این جا چشمه نوری، فوتونی را گسیل می کند که در امتداد مسیری به یک آینه نیم نقره اندود برخورد می کند. این آینه نور را می شکافد و در دو مسیر، یکی به صورت عمودی به آشکارساز A و دیگری به صورت افقی به آشکارساز B گسیل می دارد. یک فوتون با وجود این که تک ذره ای کوانتیده است و نمی تواند شکافته شود، ولی با احتمال مساوی توسط آشکارسازهای A و B، آشکارسازی می شود. حس شهودی می گوید که فوتون به طور کاتوره ای، یکی از دو مسیر افقی یا عمودی را انتخاب می کند. اما مکانیک کوانتومی پیش بینی می کند که فوتون به طور همزمان در هر دو مسیر حرکت می کند. آزمایش ۲ این مورد را بیش تر شرح می دهد.

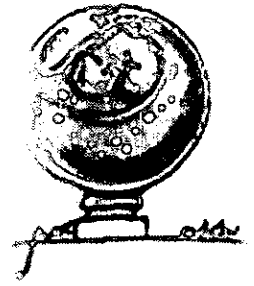


در آزمایش ۱ که فوتونی به یک آینه نیم نقره اندود برخورد می کند، از این که اگر یک آشکارساز فوتونی را ثبت کند، آشکارساز دیگر ثبت نمی کند، می توان نتیجه گرفت که در واقع فوتون شکافته نشده است. با این اطلاعات می توان تصور کرد، فوتون به طور کاتوره ای، یکی از مسیرهای افقی یا عمودی را برای حرکت انتخاب می کند. با این همه، مکانیک کوانتومی پیش بینی می کند، فوتون به طور همزمان در هر یک از دو مسیر حرکت خواهد کرد. می توان این اثر را که به «تداخل تک ذره ای» معروف است، در آزمایشی با جزئیات بیش تر (آزمایش ۲)، بهتر توضیح داد. به شکل ب توجه کنید:

آزمایش ۲

در این آزمایش، فوتون را ابتدا به یک آینه نیم نقره اندود و سپس به یک آینه کاملاً نقره اندود می خورد و سرانجام قبل از رسیدن به آشکارساز، به آینه نیم نقره اندود دیگر برخورد می کند. هر آینه نیم نقره اندود احتمال حرکت را در یک مسیر یا مسیر دیگر نشان می دهد. وقتی فوتون از باریکه شکاف اول عبور می کند و در امتداد هر یک از دو مسیر به آینه برخورد می کند (ترتیب کار به همان صورتی است که در شکل الف مشاهده شد)، بنابراین ممکن است فکر کنیم، فوتون با احتمال مساوی به هر یک از آشکارسازهای A یا B می رسد. اما آزمایش نشان می دهد که آشکارساز A در یک زمان صد درصد ثبت می کند و در همان زمان آشکارساز B چیزی ثبت نمی کند. چه طور چنین چیزی امکان دارد؟





شکل ب آزمایش جالبی است درباره پدیده تداخل تک ذره ای. این آزمایش نشان می دهد که فوتون همواره به آشکارساز A می رسد و هرگز به آشکارساز B نمی رسد. اگر یک فوتون فقط به صورت عمودی به آینه برخورد کند، در مقایسه با آزمایش ۱، احتمال این که به آشکارسازهای A و B برسد، یکسان است. برای فوتونی که در مسیر افقی حرکت می کند نیز همین اتفاق می افتد. با این همه، نتیجه واقعی تفاوت چشمگیری دارد. بنابراین، تنها نتیجه گیری ممکن این است که فوتون به گونه ای از هر دو مسیر به طور همزمان عبور می کند و تداخلی را در نقطه برخورد فوتون ها به وجود می آورد که احتمال رسیدن سیگنال به آشکارساز B را از بین می برد. این پدیده به «تداخل کوانتومی» معروف است و از برهم نهی حالت های ممکن فوتون، یا مسیرهای ممکن، حاصل می شود. بنابراین، با این که فقط یک تک فوتون گسیل می شود، ولی به نظر می رسد که فوتونی همسان با فوتون اصلی وجود دارد که «مسیر دیگر» را برای عبور انتخاب می کند و فقط از طریق تداخلش با فوتون اولیه در نقطه رسیدن مسیرها به هم، قابل آشکارسازی است.

برای مثال، اگر هریک از مسیرها را صفحه جذب کننده ای مسدود کند، آشکارساز B مانند آنچه در آزمایش ۱ دیده شد، برخوردها را ثبت می کند. این ویژگی منحصر به فرد سبب می شود، پژوهش های کنونی در مورد رایانه های کوانتومی، به نظریه های موجود محدود نباشند. شاخه جدیدی از تفکر را پدید می آورند. به همین خاطر است که رایانه های کوانتومی این ویژگی های خاص را به خدمت می گیرند تا از توان بالقوه محاسباتی قابل توجهی برخوردار شوند.

توان بالقوه و توان محاسبه کوانتومی

در رایانه های سنتی، اطلاعات در مجموعه ای از بیت ها رمزگذاری می شوند. این بیت ها توسط درجه های منطقی «بولین» کنترل می شوند که پشت سرهم قرار گرفته اند و خروجی نهایی را تولید می کنند. همین طور، رایانه های کوانتومی کیوبیت ها را با مجموعه ای از کیوبیت های کوانتومی کنترل می کنند که هر کدام تبدیلی یکانی هستند و فقط روی یک کیوبیت یا یک جفت از آن ها عمل می کنند. با استفاده از این کیوبیت ها به صورت متوالی، رایانه کوانتومی می تواند تبدیل یکانی پیچیده ای را برای دسته ای از کیوبیت ها در حالت اولیه اجرا کند. می توان کیوبیت ها را اندازه گیری کرد و این اندازه گیری ها را به عنوان نتیجه نهایی محاسبات در نظر گرفت. این شباهت در محاسبه های رایانه های کلاسیک و کوانتومی سبب می شود که به لحاظ نظری، رایانه کلاسیک به طور دقیق رایانه کوانتومی را شبیه سازی کند. به عبارت دیگر، رایانه کلاسیک می تواند، همه کارهایی را انجام دهد که رایانه کوانتومی انجام می دهد. پس چرا خورد را با رایانه کوانتومی درگیر کنیم؟

اگرچه رایانه کلاسیک می تواند به لحاظ نظری رایانه کوانتومی را شبیه سازی کند، اما کارایی آن به صورتی باورنکردنی کم است. در نتیجه، رایانه کلاسیک از اجزای بسیاری از کارهایی که رایانه کوانتومی به راحتی آن ها را انجام می دهد، ناتوان است. شبیه سازی رایانه کوانتومی روی رایانه کلاسیک از لحاظ محاسباتی، مسأله ای دشوار است. زیرا همان گونه که جان بل^۵ توضیح داده است، ارتباط بین بیت های کوانتومی از نظر کیفی، با ارتباط بین بیت های کلاسیک متفاوت است. برای مثال، سیستمی را با تنها چند صد کیوبیت در نظر بگیرد. این سیستم در یک «فضای هیلبرت»^۶ به ابعادی در حدود 10^9 قرار دارد که در شبیه سازی، به یک رایانه کلاسیک نیاز خواهد بود که با ماتریس های بسیار بزرگ کار کند (تا بتواند محاسبه را روی تک تک حالت های اجرا کند که هر کدام به عنوان یک ماتریس نمایش داده می شوند). این بدان معناست که انجام این کار حتی روی رایانه های کوانتومی ابتدایی هم، زمان زیادی طول می کشد.

ریچارد فاینمن^۷ از جمله اولین کسانی بود که توان بالقوه برهم نهی کوانتومی را برای حل بسیار سریع این گونه مسائل، تشخیص داد. برای مثال، یک سیستم شامل ۵۰۰ کیوبیت که به لحاظ کلاسیک شبیه سازی آن غیرممکن است، 2^{500} حالت از برهم نهی کوانتومی را نشان می دهد. هر حالت به طور کلاسیک، معال با فهرستی از ۵۰۰ عدد ۰ و ۱ است. هر عمل کوانتومی روی این سیستم، به طور همزمان روی هر 2^{500} حالت اجرا می شود. برای مثال، یک تب خاص از امواج رادیویی که برای آن باید عمل «NOT» کنترل شده را روی کیوبیت های صدم و صدویکم اجرا کرد، به طور همزمان روی تمام 2^{500} حالت اعمال خواهد شد. بنابراین، در یک حرکت با یک تب ساعت رایانه نه تنها می تواند یک عمل کوانتومی را روی یک حالت ماشین محاسبه کند، بلکه مانند شبکه ای از



رایانه‌ها می‌تواند، این عمل را در آن واحد روی ۲۵۰۰ حالت ماشین محاسبه انجام دهد؛ هرچند که سرانجام این تعداد حالت‌ها به یک تک‌حالت کوانتومی مربوط به یک پاسخ تنها (که فهرستی از ۵۰۰ عدد ۰ و ۱ است) کاهش می‌یابد. همان‌طور که اصل موضوع مکانیک کوانتومی تجویز می‌کند.

دلیل جالب بودن این پاسخ که از طریق حجم عظیمی از محاسبه‌های موازی کوانتومی به دست آمده آن است که با اجرای همان عمل روی یک آبر رایانه کلاسیک ۱۵۰۰ پردازشگر مجزا، هم ارز است (که البته این موضوع غیرممکن است).

اولین پژوهشگران در این زمینه، طبیعتاً به خاطر این توان بالقوه محاسباتی بسیار عظیم، هیجان زده بودند. اما بعد از تحقق یافتن این توان بالقوه، آن‌ها به سرعت جست‌وجو برای یافتن کار جدیدی را آغاز کردند که توسط رایانه کوانتومی اجرا شود.

پیتر شور

پژوهشگر و دانشمند علوم رایانه در آزمایشگاه "AT&T" شرکت بل در نیوجرسی، با طراحی اولین الگوریتم رایانه کوانتومی، این نوع کاربرد را به وجود آورد. الگوریتم شور، قدرت برهم‌نهی را به خدمت می‌گیرد تا عمل تجزیه اعداد بسیار بزرگ (اعدادی در حد 2^{100} رقم یا بزرگ‌تر) به عامل‌های اولیه را در زمانی در حد چند ثانیه انجام دهد. کاربرد برتر یک رایانه کوانتومی که قابلیت اجرای یک الگوریتم را دارد، در حوزه رمزگذاری است؛ جایی که یک کد رمزگذاری مشترک (که بهترین نیز هست) به نام "RSA" شناخته می‌شود. این کد شدیداً به دشواری تجزیه اعداد مرکب بسیار بزرگ به عامل‌های اولیه آن‌ها وابسته است. رایانه‌ای که بتواند این کار را انجام دهد، طبیعتاً به شدت مورد توجه مؤسسه‌های دولتی متعددی است که از RSA (که سابقاً ناگشودنی فرض می‌شد استفاده می‌کنند و نیز هرکسی که به الکترونیک و پنهان‌کاری امور مالی علاقه‌مند باشد.

رمزگذاری یکی از کاربردهای رایانه کوانتومی است. علاوه بر آن شور مجموعه‌ای از عملکردهای ریاضی را گردآوری کرده است که تنها می‌توانند روی رایانه کوانتومی اجرا شوند. او خیلی از آن‌ها را در الگوریتم تجزیه به عامل‌های اولیه به کار برده است. به علاوه، فاینمن معتقد است، یک رایانه کوانتومی می‌تواند به عنوان شبیه‌ساز فیزیک کوانتومی عمل کند، و دریچه‌هایی را به سوی کشفیات زیادی در این زمینه باز کند. در حال حاضر، توان ظرفیت رایانه کوانتومی در درجه اول در زمینه حدس‌های نظری است. ورود اولین رایانه کوانتومی کاملاً کاربردی، بدون شک کاربردهای هیجان‌انگیز و جدیدی را به دنبال خواهد آورد.

تاریخچه مختصری از محاسبه کوانتومی

ایده اولیه ابزار محاسباتی بر مبنای مکانیک کوانتومی را ابتدا فیزیکدانان و دانشمندان علوم رایانه چون: چارلز ایچ. بنت از "IBM" توماس ج. واتسون^۱ و پل. الف. بنیوف^۲ از آزمایشگاه ملی «آرگون» در «ایلی‌نویز» و دیوید داج^۳ از دانشگاه «آکسفورد» و سرانجام ریچارد فاینمن از مؤسسه «تکنولوژی کالیفرنیا»، در سال‌های ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ بیان کردند.

این ایده وقتی به وجود آمد که دانشمندان روی محدودیت‌های اساسی محاسبه‌ها تحقیق می‌کردند. آن‌ها متوجه شدند که اگر فناوری به پیروی از «قانون مور»^۴ ادامه دهد، آن وقت برای کوچک کردن پیوسته مدارهایی که روی تراشه‌های سیلیسیم قرار دارند، در نهایت باید به نقطه‌ای رسید که تک تک اجزا از تعداد محدودی اتم بزرگ‌تر نباشند. مشکلی که در این جا وجود دارد این است که در مقیاس اتمی، قانون‌های فیزیکی حاکم بر رفتار و ویژگی‌های دستگاه، از نوع مکانیک کوانتومی است نه کلاسیک. اکنون این پرسش به وجود می‌آید که آیا می‌توان رایانه‌های جدیدی براساس فیزیک کوانتومی ابداع کرد یا نه.

فاینمن از جمله اولین کسانی بود که با تولید مدلی مجرد در سال ۱۹۸۲، تلاش کرد پاسخی برای این پرسش بیابد. او با استفاده از این مدل نشان داد، چه‌طور یک سیستم کوانتومی می‌تواند برای محاسبه مورد استفاده قرار گیرد. او



همچنین توضیح داد، چه طور یک ماشین قادر خواهد بود، فیزیک کوانتومی را شبیه سازی کند. به عبارت دیگر، یک فیزیکدان این توانایی را خواهد داشت که آزمایش های فیزیک کوانتومی را در یک رایانه مکانیک کوانتومی انجام دهد. بعدها در سال ۱۹۸۵، داج دریافت که ادعای فاینمن می تواند در نهایت به ساخت رایانه چند منظوره بینجامد. او مقاله ای منتشر کرد که نشان می داد، اصولاً هر فرایند فیزیکی می تواند با یک رایانه کوانتومی مدل سازی شود. بنابراین، رایانه کوانتومی قابلیت های بسیار فراتری نسبت به رایانه کلاسیک سنتی خواهد داشت. پس از این که داج این مقاله را منتشر کرد، تحقیقات به منظور یافتن کاربردهای جالبی برای چنین ماشینی آغاز شد. متأسفانه مشکلات ریاضی متعددی وجود داشت تا این که شور در سال ۱۹۹۴، نسخه اولیه از مقاله ای را چاپ کرد که در آن روشی را برای استفاده از رایانه های کوانتومی ارائه داد بود. در این روش با استفاده از رایانه های کوانتومی مشکل مهمی در نظریه اعداد به نام «تجزیه به عامل ها» حل می شد. او نشان داد که چه طور مجموعه ای از اعمال ریاضی می توانند در رایانه های کوانتومی تعداد زیادی از اعداد را با سرعت بالا و خیلی سریع تر از رایانه های معمولی سازماندهی کنند. به این ترتیب، محاسبه های کوانتومی مستقیماً از کنجکاوی صرفاً دانشگاهی، به مسأله ای مورد علاقه و جهانی تبدیل شدند.

موانع و پژوهش

حوزه پردازش اطلاعات کوانتومی از زمان پیدایش، پیشرفت های امیدبخش زیادی را به وجود آورده است؛ از جمله ساختن رایانه های کوانتومی دو و سه کیوبیتی که قادرند، محاسبه های ساده و مرتب سازی داده ها را انجام دهند. با این همه، هنوز موانع نسبتاً بزرگی وجود دارد که از ساخت رایانه کوانتومی قابل رقابت با رایانه مدرن دیجیتال امروزی جلوگیری می کند. از جمله این مشکلات که احتمالاً از بقیه موارد جدی ترند، تصحیح خطا، ناهمدوسی و معماری سخت افزار هستند. تصحیح خطا نسبتاً بدیهی است، اما چه خطاهایی نیاز به تصحیح دارند؟ پاسخ این است که اولاً، این خطاها نتیجه مستقیم ناهمدوسی هستند یا زمانی به وجود می آیند که حالت کوانتومی در اثر برانگیزش یا درگیری با محیط به حالت ناهمدوس می رود. این برهم کنش های بین محیط و کیوبیت ها اجتناب ناپذیرند، و باعث از بین رفتن اطلاعات ذخیره شده در رایانه های کوانتومی می شوند و در نتیجه، در محاسبه ها خطا به وجود می آید.

قبل از این که رایانه کوانتومی بتواند این مشکل ها را حل کند، پژوهشگران باید راهی را پیدا کنند تا ناهمدوسی و بقیه منابع بالقوه خطا را در سطح قابل قبولی نگه دارند. به لطف نظریه (و در حال حاضر واقعیت) «تصحیح خطای کوانتومی» که اولین بار در سال ۱۹۹۵ پیشنهاد شد و تاکنون به طور پیوسته گسترش یافته است، رایانه های کوانتومی در مقیاس کوچک ساخته شدند و دورنمای رایانه های کوانتومی بزرگ هم به چشم می آید. احتمالاً مهم ترین ایده در این زمینه، کاربرد تصحیح خطا در همدوسی فاز به عنوان وسیله ای برای به دست آوردن اطلاعات و کاهش خطا در سیستم کوانتومی، بدون اندازه گیری واقعی آن سیستم است.

در سال ۱۹۹۸، پژوهشگران در آزمایشگاه ملی «لوس آلاموس» و «MIT» به رهبری ریموند لافلوم^{۱۱} موفق به گسترش یک کیوبیت بین سه اسپین هسته ای در هر مولکول از یک محلول مایع از آلانین یا مولکول تری کلر و اتیلن شدند. آن ها این کار را با استفاده از روش تشدید مغناطیسی هسته ای (NMR) انجام دادند. این آزمایش مهمی است، زیرا گسترش اطلاعات، احتمال از بین رفتن آن را کاهش می دهد. ماشین های کوانتومی به ما می گویند که اندازه گیری حالتی از کیوبیت به طور ثابت، بر هم نمی نهد حالت هایی را که وجود دارند، از بین می برد و آن ها را مجبور می کند که ۰ یا ۱ باشند. این روش گسترش اطلاعات، به پژوهشگران اجازه می دهد تا از ویژگی این مشکل برای مطالعه درباره برهم کنش های داخلی بین حالت ها، به عنوان روشی غیرمستقیم تحلیل داده های کوانتومی، استفاده کنند و به جای اندازه گیری مستقیم، گروه اسپین ها را با هم مقایسه کنند تا ببینند، بدون داشتن خود اطلاعات، تفاوت جدیدی بین آن ها اتفاق می افتد یا خیر.

این روش به آن ها توانایی آشکارسازی و تصحیح خطا در یک فاز همدوسی کیوبیت را می دهد و در نتیجه، همدوسی را در سطح بالاتری در سیستم کوانتومی نگه می دارد. این مرحله ها بر علیه کسانی بود که به این سیستم شک داشتند و جدالی را به وجود آورد و البته برای کسانی که به آن اعتقاد داشتند، امید ایجاد کرد. در حال حاضر، پژوهش هایی در تصحیح خطای کوانتومی توسط گروه هایی در کالتک، پرسکیل و کیمبل، مایکروسافت،



لوس آلاموس و جاهای دیگر ادامه دارد.

تا به حال، تنها تعداد کمی از مزیت‌های محاسبه‌های کوانتومی و رایانه‌های کوانتومی مشخص شده‌اند. اما قبل از این که توانایی‌های بیش‌تری کشف شود، باید نظریه مورد آزمایش قرار گیرد. به این منظور، باید دستگاه‌هایی ساخته شوند که قادر به انجام محاسبه‌های کوانتومی باشند. اما سخت‌افزار محاسبه‌های کوانتومی هنوز در مرحله اولیه پیشرفت قرار دارد. در نتیجه انجام آزمایش‌های مهم و گوناگون، «تشدید مغناطیسی هسته‌ای» (NMR) جزء مهمی در معماری سخت‌افزار کوانتومی شده است. در سال گذشته، گروهی از آزمایشگاه ملی «لوس آلاموس» و «MIT» رایانه کوانتومی ساختند که در آن از فناوری «تشدید مغناطیسی هسته‌ای» استفاده شده بود.

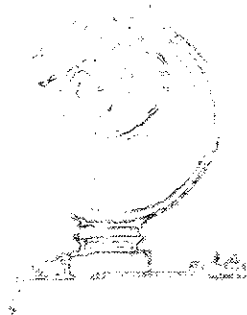
در حال حاضر، پژوهشگران در حال پیدا کردن راهی برای مقابله با اثرهای مخرب ناهمدوسی هستند تا بتوانند، معماری سخت‌افزار مطلوب را برای طراحی و ساخت رایانه کوانتومی توسعه دهند و در آینده، الگوریتم‌های کوانتومی را برای استفاده از توان‌های محاسباتی بالا در این دستگاه‌ها کشف کنند. مسلماً این پیگیری، ارتباط نزدیکی با کدهای اصلاح خطا و الگوریتم‌های کوانتومی دارد و بنابراین، تعدادی از پژوهشگران به‌طور هم‌زمان در این زمینه‌ها کار می‌کنند. امروزه، در این طراحی‌ها، به دام انداختن یونی، الکترو-دینامیک کوانتومی کاواک (QED) و تشدید مغناطیسی هسته‌ای (NMR) دخیل هستند. اگرچه این دستگاه‌ها موفقیت‌هایی را در انجام آزمایش‌ها داشته‌اند، ولی هر یک از نظر فناوری محدودیت‌های جدی دارند. رایانه‌های به‌دام‌اندازنده یونی، به‌خاطر بسامد ارتعاش در مدگیراندازی محدودیت سرعتی دارند. در این میان، کاواک QED کمی امیدبخش‌تر است، هرچند هنوز با تعداد کمی کیوبیت نشان داده می‌شود. در حال حاضر، ست لوید¹⁵ از MIT پژوهشگر برجسته‌ای در زمینه سخت‌افزار است. در آینده معماری سخت‌افزار رایانه کوانتومی با آنچه امروز می‌شناسیم، متفاوت خواهد بود. هرچند پژوهش‌های کنونی کمک خواهند کرد تا موانع در آینده برطرف شوند.

دورنمایی از آینده

در حال حاضر، رایانه‌های کوانتومی و فناوری اطلاعات کوانتومی در مرحله پیشگامی است. در همین لحظه، موانع در حال برطرف شدن هستند، به طوری که رایانه‌های کوانتومی جایگاه خود را به عنوان ماشین‌های محاسباتی با سرعت بالا پیدا خواهند کرد. تصحیح خطا، پیشرفت‌های امیدبخشی را تا به امروز به وجود آورده است تا جایی که به ما امکان داشتن ابزارهایی برای ساختن رایانه‌هایی را به اندازه کافی مقاوم در مقابل اثرهای ناهمدوسی، به وجود آورده است. بنابراین، رایانه‌های کوانتومی حداقل به عنوان دستگاه‌های محاسباتی برتر پدیدار خواهند شد و شاید روزی رایانه‌های مدرن امروزی را منسوخ کنند. مبنای محاسبه‌های کوانتومی در زمینه تخصصی فیزیک نظری است، اما در آینده تأثیر عمیقی در زندگی انسان‌ها خواهند داشت.

زیرنویس

1. Jacob west
2. Charles Babbage
3. konrad zuse
4. Boolean
5. John Bell
6. Hilbert space
7. Richard Feynman
8. Peter shor
9. Charles H. Bennet
10. Thomas J. watson
11. Paul A. Benioff
12. David Deutsch
13. Moorc, s law
14. Roymond Laflamme
15. Seth Lloyd



منبع

<http://www.cs.caltech.edu/~westside/quantum-intro.html>

برگرفته از:





سرشت دوگانه نور، با توجه به اسناد مؤسسه نوبل

گوستا اکسپونگ^۱ استاد ممتاز
فیزیک، دانشگاه استکهلم و
نروگستان سلطنتی علوم سوئد
مترجم: مریم عباسیان

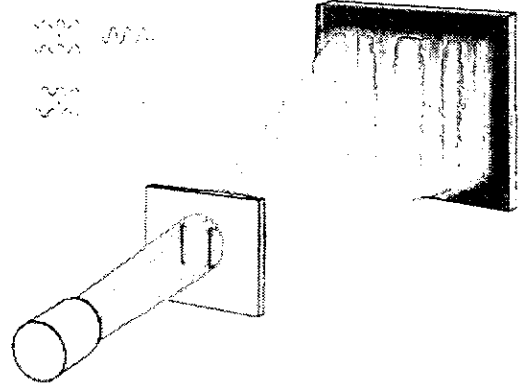
نظریه نیوتون در مورد نور، برای توجیه لبه های تیز سایه اجسامی که در برابر نور قرار می گیرند، مناسب به نظر می رسید. اما برای توجیه تداخل هایی که باعث تقویت شدت نور در بعضی نقطه ها و تضعیف آن در دیگر نقطه های روی پرده در برابر یک یا چند شکاف قرارداشت می شود، نظریه موجی مورد نیاز بود. به علاوه، نظریه موجی نور می تواند این واقعیت را توجیه کند که لبه های سایه مرز مشخصی ندارند.

نظریه ریاضیاتی الکترومغناطیسی جیمز کلارک ماکسول^۲ در سال ۱۸۶۴، این دیدگاه را به وجود آورد که نور سرشت الکترومغناطیسی دارد و به صورت موج، از چشمه به گیرنده منتشر می شود. در دهه ۱۸۸۰، هانریش هرتز^۳ وجود امواج الکترومغناطیسی با بسامدهای رادیویی را به صورت تجربی کشف کرد. ماکسول در ۱۸۷۹ و هرتز ۲۷ ساله در ۱۸۹۴، دوسال قبل از مرگ آلفرد نوبل^۴ درگذشتند.

در پایان قرن نوزدهم، یعنی زمانی که اهدای جایزه های نوبل پایه گذاری شد، به نظر می رسید که سرشت موجی نور تثبیت شده است. بنابراین، پژوهش جدی درباره سرشت موجی نور زودتر از آن انجام شد که بتواند نامزد دریافت جایزه نوبل شود. البته

«هر دو» و یا حتی «هیچ کدام» بیگانه بود. در اوایل قرن نوزدهم به منظور نمایش حرکت موجی نور، آزمایش هایی پیشنهاد و انجام شدند. قهرمان اصلی این داستان، توماس یانگ^۱، یکی از باهوش ترین و زیرک ترین دانشمندان بود که تا به حال زندگی کرده است. او در ۱۸۰۳، تداخل و پراش نور را بررسی کرد و نتیجه آن، مهر تأییدی بر نظریه موجی کریستین هویگنس^۲ در برابر نظریه ذره ای ایزاک نیوتون^۳ بود. پژوهشگران دیگر نیز، از جمله اگوستین ژان فرنل^۴ که نشان داد نور موجی عرضی است، در این کار سهیم بودند.

در آزمایش یانگ دوشکاف باریک بین چشمه نور (در این جا یک لیزر) و آشکارساز (در این جا پرده) قرار می گیرند، امواج خروجی از یک شکاف با پرتوهای شکاف دیگر بر هم نهاده می شوند و نقشی تداخلی که ترکیبی از نوارهای تاریک و روشن است، روی پرده تولید می کنند.



شکل ۱

پژوهش هایی که به درک سرشت نور و فرایندهای جذب و گسیل آن انجام میدند، همواره از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده اند. این پژوهش ها که در سال ۱۹۰۰ شروع و به گسترش فیزیک کوانتومی منجر شدند، در دهه ۱۹۲۰ به نقطه اوج خود رسیدند و با تکمیل نظریه بسیار موفق «الکترودینامیک کوانتومی» به ثمر نشستند.

چگونگی رسیدن به این دستاوردها را کمیته نوبل فیزیک به صورت سرگرم کننده و در بعضی موارد شگفت انگیز بررسی کرده است.

دوگانگی موج - ذره

از دیدگاه کلاسیک «ذره» تمرکز انرژی و دیگر ویژگی ها در فضا و زمان است. در حالی که «موج» در گستره وسیعی از زمان و فضا پخش شده است. این که نور جریانی از ذرات است یا امواج، پرسشی قدیمی است. فرمولبندی «این تا آن» به لحاظ کلاسیک طبیعی و با راه حل کنونی و پیشرفته



ویلهلم کتراد رونتگن



ماکس فون لاره

می شود، دلیل اصلی اعطای جایزه نوبل سال ۱۹۱۸ به ماکس پلانک بود. این ثابت طبیعت (با بعد انرژی ضربدر زمان)، انرژی کوانتومی را از طریق فرمول $E = h\nu$ به بسامد (ν) نور مربوط می کند. در سخنرانی مراسم اعطای جایزه نوبل ۱۹۱۸ گفته شد که حاصل ضرب $h\nu$ ، در واقع کوچک ترین مقدار گرمایی است که می تواند بسامد ارتعاشی ν تابش شود. پلانک شخصاً در مقابل نظریه انتشار نور در خلأ به صورت ذاتی که بعدها فوتون نامیده شدند، مقاومت کرد.

همان طور که بعداً خواهیم گفت، کمیته نوبل فیزیک، نه هنگامی که جایزه نوبل سال ۱۹۲۱ (که در سال ۱۹۲۲ تحویل شد) را

گلوله های کوچک تشکیل شده اند. سخنرانی آرتور اچ کامپتون^{۱۵} در سال ۱۹۲۷ با عنوان «پرتوهای X به عنوان شاخه ای از اپتیک»، این گونه آغاز می شود: «یکی از جذاب ترین جنبه های فعلی پژوهش های اخیر در علم فیزیک، گسترش تدریجی قوانین آشنای اپتیک به پرتوهای X با بسامدهای بسیار بالاست. در نتیجه، تا کنون به ندرت پدیده ای در قلمروی نور پیدا شده است که هم سنگ آن در قلمروی پرتوهای X وجود نداشته باشد. بازتابش، شکست، پراکندگی بخشیده، قطبیدگی، پراش، طیف های جذبی و گسیلی، اثر فوتوالکتریک و همه مشخصه های بنیادی نور، ویژگی های پرتوهای X نیز هستند. در عین حال، دانشمندان دریافته اند که اغلب این پدیده ها در بسامدهای بسیار بالای پرتوهای X، تغییراتی تدریجی داشته اند و بر اثر همین تغییرات در قوانین اپتیک است که اطلاعات تازه ای در مورد سرشت نور به دست آورده ایم.»

مدارکی دال بر سرشت ذره ای نور
در کتاب های درسی فیزیک معمولاً از دو پدیده برای نشان دادن سرشت ذره ای نور نام برده می شود

۱. اثر فوتو الکتریک و ۲. پراکندگی کامپتون پرتوهای X.
در بعضی کتاب های نه چندان دقیق، آزمایش سومی را با نام «کشف کوانتوم های انرژی توسط پلانک^{۱۶}» که او در تحلیل تابش گرمایی به آن رسید، اشتهاها در این مقوله می گذارند. کمیته نوبل از این کشف تاریخی و شگفت آور با اعطای جایزه نوبل ۱۹۱۸ قدردانی کرده است، اما مرتکب این اشتباه نمی شود که به پلانک امتیازی در مورد کشف سرشت ذره ای نور بدهد.

جایزه نوبل فیزیک برای ماکس پلانک
کشف آنچه که ثابت پلانک (h) نامیده

استثنایی - در مورد پرتوهای X - وجود دارد. تا کنون بیش تر کشف های مربوط به سرشت ذره ای نور در قرن بیستم رخ داده اند و در نتیجه ممکن است انتظار داشته باشیم که اغلب جایزه های نوبل، به این دستاوردها تعلق گیرند. این تقریباً صحیح است، اما اسناد نوبل، حاکی از داستان پیچیده تری است که در زیر شرح داده می شود.

جایزه های نوبل برای پرتوهای X
از کشف پرتوهای X توسط ویلهلم کتراد رونتگن^۹ در سال ۱۸۹۵، با اولین جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۰۱ قدردانی شد. رونتگن نشان داد که پرتوهای X مانند نور در خط راست منتشر می شود، ولی برخلاف نور به داخل ماده نفوذ می کند، رونتگن اهمیت کشف خود را در علم پزشکی پیش بینی کرد.

این کشف پیامدهای مهم متعددی داشت که شرایط وصیتنامه آلفرد نوبل را مبنی بر این که «بیش ترین فایده را برای نوع بشر داشته باشد» تأمین می کرد. پس از ۱۹۱۲، یعنی هنگامی که ماکس فون لاره^{۱۱} برنده جایزه نوبل فیزیک در سال ۱۹۱۴ شد و پراش پرتوهای X را پیشنهاد و مشاهده کرد، تصویر امواج پذیرش عام یافت. فاصله های میان اتمی در بلور، با طول موج پرتوهای X جور درمی آیند. فون لاره نظریه پراش را با توری سه بعدی آزمایش کرد و پیش بینی هایی را نیز انجام داد که آزمایش های فردریش نیپینگ^{۱۲} آن ها را تأیید کردند.

سرشت تابش جدید که رونتگن در سال ۱۸۹۵ کشف کرده بود، حتی در ۱۹۰۱، هنگامی که وی برنده جایزه نوبل شد، اصلاً معلوم نبود. ابتدا تنها وجه تشابه این تابش با نور، انتشار آن در خط راست بود. در ۱۹۰۱، بحث داغی بین بارکلا^{۱۳} و براگ^{۱۴} در گرفت؛ یکی از این ایده که پرتوهای X مانند نور موجند دفاع می کرد و دیگری می گفت که آن ها از جویباری از



آلبرت اینشتین

برای کشف «قانون اثر فوتو الکتریک» به اینشتین^{۱۱} داد و نه در ۱۹۲۷ که به آرتور اچ کامپتون برای «کشف اثری که بعدها به نام او معروف شد»، سرشت ذره‌ای نور را به رسمیت شناخت.

اعطای جایزه نوبل ۱۹۲۱ به آلبرت اینشتین در سال ۱۹۲۲

آلبرت اینشتین در ۱۹۰۵، با تحلیل آماری هوشمندانه‌ای از فرمول وین در مورد توزیع طول موج تابش گرمایی، به این نتیجه رسید که نور گاهی به صورت ذره عمل می‌کند. اینشتین متوجه شد که نظریه جدید او توضیحی طبیعی است، برای اثر فوتوالکتریک؛ یعنی گسیل الکترون‌ها از سطوح فلزی که نور به آن‌ها تابیده است. نظریه موجی نور اصلاً نمی‌توانست این اثر را توجیه کند. دلیل اصلی اعطای جایزه نوبل ۱۹۲۲ به اینشتین، کشف قانون اثر فوتوالکتریک بود.

آلبرت اینشتین

اینشتین محاسبه‌های آماری درباره رابطه پلانک را به عنوان معنایی کلی‌تر از فرمول وین، تکرار کرد و نتیجه گرفت، هر دو مفهوم امواج و مفهوم ذرات در حمام نور و گرمای داخل کاواک نیز ضروری هستند.

در سال ۱۹۰۹، در مباحثه سمیناری «فرهنگستان پروسی» در برلین، اینشتین از این محاسبات جدید خود برای متقاعد کردن پلانک و دیگران نسبت به لزوم در نظر گرفتن نور به عنوان ترکیبی از ذرات مستقل، استفاده کرد.

همین اینشتین معروف، به دلیل مخالفت‌های شدید بعضی از اعضای مؤثر فرهنگستان سلطنتی علوم سوئد با نظریه‌هایش، جایزه نوبل را برای نظریه نسبیت خود دریافت نکرد. برنده جایزه نوبل فیزیولوژی و پزشکی، آوار گومستراند^{۱۲} فکر می‌کرد، صحت نظریه نسبیت خاص اینشتین فقط بر باورها و نه حقایق تأیید شده استوار است و از نظر او نظریه نسبیت عام نیز نمی‌توانست از تجزیه و تحلیل جدی سربلند بیرون بیاید. با این توضیحات، آیا دادن جایزه نوبل به اینشتین ایجاب نمی‌کند که فرهنگستان سرشت ذره‌ای نور را به رسمیت شناخته باشد؟ کمیته نوبل می‌گوید، اینشتین دریافته بود که مبادله انرژی بین ماده و اتر توسط اتم‌هایی صورت می‌گیرد که کوانتوم‌های انرژی $h\nu$ را جذب یا گسیل می‌کنند.

به عنوان پیامد مفهوم جدید کوانتوم‌های نور (در اصطلاح شناسی جدید فوتون‌ها)، اینشتین قانونی را پیشنهاد کرد که با توجه به آن، الکترون گسیلیده از ماده با نور تکفام دارای بسامد ν ، باید بیشینه انرژی $E = h\nu - p$ را داشته باشد. در این رابطه، p انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از آن ماده است. رابرت آندروز میلیکان^{۱۳}، در طول ده سال سلسله اندازه‌گیری‌هایی را انجام داد و سرانجام در ۱۹۱۶، اعتبار این قانون را با دقت بیار زیادی تأیید کرد؛ گرچه میلیکان ایده کوانتوم‌های نور را ناشناخته و عجیب می‌دانست.

کمیته نوبل از مداخله در مفهوم ذره احتراز می‌کند. کوانتوم‌های نور یا به اصطلاح جدید فوتون‌ها، در گزارش‌هایی که اعطای جایزه بر مبنای

آن‌هاست انجام می‌گیرد، صرفاً بر مبنای فرایندهای تابش و جذب هستند. کمیته می‌گوید، مهم‌ترین کاربرد قانون فوتوالکتریک اینشتین و نیز متقاعدکننده‌ترین تأیید این ایده، ناشی از استفاده بور^{۱۴} از آن در نظریه اش در مورد اتم‌هاست که در آن، بور گستره وسیعی از داده‌های طیف نمایی را توجیه می‌کند.

بور در نظریه اتمی خود از قانون اینشتین به عنوان شرط اصلی بسامد نور تابش یا جذب شده، هنگامی که اتمی بین دو تراز انرژی کوانتیده E_1 و E_2 به صورت
$$\left(\frac{E_2 - E_1}{h}\right)$$
 جابه‌جا می‌شود، استفاده

کرد. این مطلب در کتاب‌های درسی جدید، چیزی جز اصل پایستگی انرژی نیست که با توجه به آن فوتونی گسیل یا جذب می‌شود. بور تا سال ۱۹۲۵ در برابر پذیرفتن مفهوم فوتون‌ها مقاومت کرد. او در سخنرانی نوبل سال ۱۹۲۲، مخالفت خود را چنین بیان کرد: «به رغم ارزش تجربی آن، فرضیه کوانتوم‌های نور با پدیده‌های تداخل کاملاً ناسازگار است، نمی‌تواند سرشت تابش را روشن کند.»

اینشتین نیز برای دریافت جایزه‌اش به همین جلسه دعوت شده بود، اما به خاطر سفرش به ژاپن نتوانست در آن شرکت کند و دنیا فرصت تماشای مباحثه زود هنگام دو غول علم فیزیک در مورد سرشت نور را از دست داد.

ارتباط میان اینشتین و بور آن‌طور که کمیته نوبل فیزیک مشاهده کرد، توسط اعطای دو جایزه نوبل در ۱۹۲۲ نمایان شده بود: یک جایزه رزرو شده از سال پیش برای اینشتین و جایزه همان سال برای بور.

اعطای جایزه نوبل به آرتور اچ کامپتون در سال ۱۹۲۷

در اوایل سال ۱۹۲۳، آرنولد زومرفلد^{۱۵} در دیدار از ایالات متحده آمریکا به بور نوشت: «جالب‌ترین چیز در





کارل ویلهلم اوسین



آرتورهای کامپتون

کامپتون را این دانشمندان شاهدهی قاطع برای تأیید صحت نظریه ذره‌ای نور در نظر گرفتند. اگر انتظارات آن‌ها برآورده شود، بی شک کشف کامپتون نقطه عطفی در بسط کل نظریه تابش خواهد بود.

«اوسین» قصد داشت که نشان دهد، چنین نیست. با وجود این، به نظر او اثر جدیدی که کامپتون کشف کرده بود، بسیار اساسی و ارزشمند بود.

اوسین تعریف می‌کند که چگونه نظریه بوردر ۱۹۲۵ از اعتبار افتاده است و چه طور اثر کامپتون هیچ ربطی به آن ندارد. او متذکر می‌شود، چگونه مکانیک ماتریسی و

شد. ویلسون با اتاقک ابری خویش، الکترون‌های پس زده از باریکه پرتوهای X را مشاهده و تلاش‌های کامپتون را تأیید کرده بود.

آیا سرانجام فرهنگستان جایزه‌ای برای سرشت ذره‌ای نور داد؟ پاسخ منفی است.

در گزارش ارزیابی می‌توان این جمله را یافت که می‌گوید، نظریه کامپتون را باید با توجه به نظریه‌های جدید مهجور در نظر گرفت. بنابراین، تصویر ذره‌ای پذیرفته نیست.

موضع کمیته نوبل قابل درک است، زیرا در زمان دریافت جایزه نوبل توسط کامپتون، نظریه خوبی برای سطح مقطع جزئی بر مبنای، مفهوم فوتون ارائه نشده بود و این نظریه‌ها هنوز مربوط به آینده بودند. اما نظریه‌های دیگری بر مبنای تصویر موجی وجود داشتند که الکترون‌ها و پرتابش X را موج در نظر می‌گرفتند و تغییر طول موج درستی را به دست می‌دادند.

اثر کامپتون قبلاً در سال‌های ۱۹۲۵ و ۱۹۲۶ در کمیته نوبل بررسی و نظریه آن غیرقابل قبول ارزیابی شده بود. اما در ۱۹۲۷، همه چیز تغییر کرد. ارزیابی جدیدی توسط کارل ویلهلم اوسین^{۱۳}، استاد مکانیک و ریاضی فیزیک دانشگاه «اوسالا» انجام شد. او برای کمیته بررسی کاملی را انجام داد. اوسین کار خود را با یادآوری اقبال زیادی شروع کرد که کشف کامپتون، به دلیل ارائه این نظریه از طرف شخص کامپتون در ۱۹۲۲ با آن مواجه شده بود.

او می‌نویسد (ترجمه نویسنده از سوئدی):

«تعجب آور نیست که سازگاری این نظریه با مشاهده‌هایی که ذهنیتی کمتر انتقادی را در نمایندگان فیزیک نظری تقویت کرده‌اند، این فکر را به وجود آورد که مجادله طولانی بین نظریه موجی و ذره‌ای نور در شرف پایان است. کشف

این‌جا، کار کامپتون در سنت لوئیس است ... بعد از او، نظریه موجی پرتوهای X اعتباری نخواهد داشت.»

کامپتون روی بعضی بخش‌های پرتوهای X که از مسیر باریکه به اطراف پراکنده شده بودند و طول موجی بلندتر از تابش ورودی اولیه داشتند مشاهده‌هایی را دنبال کرده بود. او جابه‌جایی طول موج را به دقت اندازه گرفت. این جابه‌جایی طول موج با در نظر گرفتن نظریه موج کلاسیک قابل درک نبود. توجیه خود کامپتون در مورد فرایند پراکندگی پرتوها بر پایه برخورد بین دو ذره، یعنی الکترون آزاد و فوتون بود.

بر مبنای نظریه کوانتومی سینماتیک نسبیتی، کامپتون میزان جابه‌جایی طول موج را در این نظریه، با استفاده از قوانین پایستگی انرژی و تکانه محاسبه کرد. اندازه‌گیری‌های او کاملاً با پیش‌بینی‌ها سازگار بودند. کامپتون برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری طول موج تابش‌های پراکنده که از یک مؤلفه جابه‌جا شده و مؤلفه‌ای بدون جابه‌جایی تشکیل شده بودند از طیف سنسج پرتوی X بهره گرفت. مؤلفه جابه‌جا شده مربوط به پراکندگی از الکترون‌های آزاد یا نسبتاً آزاد است که می‌توانند پس زده شوند و در نتیجه تکانه و انرژی مشخصی را اختیار می‌کند. در حالی که مؤلفه ثابت، به خاطر پراکندگی از الکترون‌های مقید است که در این حالت، کل اتم یا حتی کل بلور تکانه را جذب می‌کند، ولی مقدار بسیار کمی انرژی دریافت می‌کند.

فهم طرز کار طیف‌سنجی که کامپتون استفاده کرد، بر پایه نظریه موجی پرتوهای X استوار است. کامپتون با این روش دریافت که پرتوهای X مثل ذرات پراکنده می‌شوند. این واقعیت به روشنی سرشت دوگانه نور را نشان می‌دهد.

کامپتون در ۱۹۲۷ در جایزه نوبل فیزیک، سی. تی. آر. ویلسون^{۱۴} شریک

کمیته تأکید کرد که بی شک اثر کامپتون مهم است. چون یک بار دیگر به طور روشن و متقاعدکننده‌ای نمایش می‌دهد که نظریه‌های کلاسیک در قلمروی فیزیک اتمی کاربردی ندارند و همگان را به آزمایش نظریه‌های جدید ترغیب و تشویق می‌کند.

جایزه‌های مربوط به سرشت دوگانه نور

سرشت دوگانه نور، درست مانند سرشت دوگانه ماده است. ابتدا الکترون‌ها و اتم‌ها را ذره در نظر می‌گرفتند.

در سال ۱۹۲۹، پرنس لوئی ویکتور دو بروی^{۱۸}، جایزه نوبل فیزیک را برای «کشف سرشت موجی الکترون» دریافت کرد. کلینتون جوزف دیوسیون^{۱۹} از نیویورک و جورج پاگت تامسون^{۲۰} از لندن نیز دلایل تجربی ارائه دادند و مشترکاً جایزه نوبل فیزیک ۱۹۳۷ را به خود اختصاص دادند. از وقتی که اروین شرودینگر^{۲۱} در ۱۹۲۵ معادله موج غیرنسبیتی الکترون را کشف کرد، مکانیک موجی ابزار ارزشمندی برای علوم طبیعی شد. شرودینگر در سال ۱۹۳۳، جایزه نوبل فیزیک را از آن خود کرد.

کمیته نوبل که قبلاً از اظهار نظر صریح در مورد سرشت ذره‌ای نور اجتناب کرده بود، بی هیچ تردیدی گفت که ماده گاهی به صورت امواج رفتار می‌کند. در سخنرانی جشن اعطای جایزه نوبل ۱۹۲۹ به راحتی می‌شد بازتاب ایده بور درباره مکمل بودن را که دو سال پیش از آن ارائه شده بود، در جمله‌های زیر یافت: «بنابراین، به نظر می‌رسد نور در آن واحد دارای حرکتی موجی و جویباری از ذرات است. بعضی ویژگی‌های آن با فرض قبلی و بعضی دیگر توسط فرض دوم بیان می‌شوند که هر دو باید صحیح باشند.»

جایزه نوبل برای نظریه‌هایی که مسأله دوگانگی نور را حل کردند با ابداع مکانیک کوانتومی در سال‌های

مکانیک موجود بدون الهام گرفتن از اثر کامپتون وارد صحنه شده‌اند. قدیمی‌ترین نظریه‌ها در مورد اثر کامپتون را او و دیبی^{۲۲} و وز^{۲۳} ارائه کرده‌اند. براساس نظریه کوانتوم‌های نور^{۲۴} این نظریه‌ها از ارزش تحقیقاتی تجربی برخوردار بودند، اما حالا باید در پرتوی نظریه‌های اخیر، قدیمی در نظر گرفته شوند.

اوسین چند نمونه از فعالیت‌های جدید را ذکر می‌کند؛ به ویژه کار گوردون^{۲۵} و جدیدترین آن‌ها کار کلاین^{۲۶} که بر اساس نظریه موجی انجام شده‌اند و الکترون و نور را به عنوان موج در نظر می‌گیرند. آن‌ها همگی معادله‌های یکسانی برای پایستگی انرژی و تکانه بین امواج پراکنده و الکترون‌های پس‌زن رسیدند که ابتدا از فرض کامپتون با در نظر گرفتن برخورد دو ذره به دست آمده بود.

اساس نظریه کامپتون - دیبی که این بار نه به عنوان فرضیه، بلکه به عنوان پیامد نظریه اتمی به دست آمد، بر نتیجه‌گیری اوسین استوار است که قضاوت قبلی او را درباره مهجور بودن این اثر تأیید می‌کند. به علاوه، این برخورد مکانیک موجی فرمولی را برای شدت برجسب زاویه پراکندگی (یعنی سطح مقطع جزیبی)، به دست می‌دهد که همخوانی آن با اندازه‌گیری‌ها بسیار بهتر از پیشگویی‌های نظریه کلاسیک موج است.

اوسین سخنرانی خود را چنین خلاصه کرد: «انقلابی که در طول ۱۸ ماه گذشته شکل گرفته، مستقل از کشف کامپتون بوده است و جهت جدید این انقلاب، مخالف جهتی است که بعد از کشف کامپتون انتظار می‌رفت. نظریه جدید، نظریه‌ای موجی است که نسبت به تمام نظریه‌های قبلی در سطح بالاتری قرار دارد. با بهره‌گیری از نظریه جدید قادر خواهیم بود، برداشت‌هایی با کیفیت و کمیت دقیق‌تری از اثر کامپتون داشته باشیم.»



جورج پاگت تامسون



کلینتون جوزف دیوسیون



پرنس لوئی ویکتور دو بروی



سین ایترو توموناگا

مقادیر متناظر مسیر با عامل های فازی خاص، به دست می آید. با این رهیافت، فاینمن نمایش نموداری دامنه های QED را به دست آورد که این نظریه را بسیار آسان تر کرد. در نمودارهای فاینمن، الکترون ها و فوتون ها به صورت تصویری با خط هایی در نمودار فضا زمان نشان داده می شوند. در برهم کنش با تبادل انرژی - تکانه و دیگر ویژگی ها در نقطه های این فضا زمان، اتفاق می افتند. امروزه نمودارهای فاینمن روشی استاندارد برای محاسبه پیش بینی های نظری هستند.

به هر حال، نظریه QED برای بیش تر کاربردهای عملی خیلی پیشرفته است و در بسیاری از موارد، فقط به عنوان درسی در دوره های بسیار تکمیلی تدریس می شود. بنابراین، هر دانشجوی فیزیک ابتدا باید با مسئله دوگانگی ماهیت نور دست و پنجه نرم کند تا وجود همزمان مفاهیم موج و ذره را به صورت لازم و ملزوم یکدیگر درک کند (به صورتی که نیاز بور در ۱۹۲۷، در اصل مکمل بودن خود فرمولبندی کرد).

در این زمینه، کتابی کوچک و مقدماتی بر مبنای سخنرانی های پرطرفدار فاینمن پیشنهاد می شود.

"QED" یا «نظریه عجیب نور و ماده» نوشته ریچارد فاینمن (چاپ دانشگاه پرینستون، ۱۹۸۵) که در آن فاینمن چکیده این روایت از QED را به زبان ساده و به شیوه ای بدیع با شرح چگونگی به دست آوردن قوانین اپتیک هندسی از نظریه QED، توضیح می دهد.

مشاهده دوگانگی موج-ذره در یک آزمایش

تاکنون آزمایش هایی با باریکه نور یا الکترون ها انجام گرفته اند که هر دو سرشت نور-موج و ذره-را نمایش می دهند. برای وقوع تداخل علاوه بر دیگر شرایط لازم است، باریکه بیش از یک مسیر را از چشمه تا آشکارساز (برای مثال پرده) طی کند.

۱۹۲۵ و ۱۹۲۶، امکان دستیابی به حل مسئله دوگانگی نور مهیا شد.

پل دیراک^{۲۲} در ۱۹۲۷، نظریه ای ریاضی را برای برهم کنش بین میدان های الکترومغناطیسی مانند نور یا پرتو x و ذرات باردار با در نظر گرفتن هر دو جنبه نور، با نام «نظریه میدان های کوانتیده» ارائه کرد. چند فیزیکدان دیگر نیز در این مورد سهیم هستند و آن را به میدان های ماده تعمیم دادند که امروز ابزاری ضروری برای بررسی برهم کنش های بنیادی (قوی، ضعیف و الکترومغناطیسی) است. دیراک، ورنر هایزنبرگ^{۲۳} و ولفگانگ پاولی^{۲۴} سه دانشمند پیشرو در این زمینه، جایزه نوبل فیزیک را برای دستاوردهایشان در زمینه های دیگر دریافت کردند.

نسخه اصلی نظریه دیراک که جنبه های موجی و ذره ای را با هم ترکیب می کرد، فقط در تقریب اول مفید است. محاسبه ها سازگاری خوبی با نتیجه آزمایش ها نشان می دهند؛ برای مثال، سطح مقطع جزئی در پراکندگی کامپتون، اگرچه در کوشش برای محاسبه دقیق تر که در بعضی موارد به خصوص مورد نیاز است، پاسخ ها نامعقول و در واقع نامتناهی می شوند. این موضوع در دهه ۱۹۴۰ با تلاش های سین ایترو توموناگا^{۲۵}، جولیان شوینگر^{۲۶} و ریچارد فاینمن^{۲۷} که مشترکاً جایزه نوبل فیزیک در ۱۹۶۵ را دریافت کردند، بهبود یافت.

به خاطر کار آن ها اکنون یکی از زیباترین و دقیق ترین نظریه های بشر را در این زمینه داریم که همان "QED" یا «الکترودینامیک کوانتومی» است. الکترودینامیک کوانتومی به زبان ریاضی بیان شده و در نوع خود کاری کامل است که فراتر از جدل های روزمره در مورد سرشت دوگانه موج و ذره به ساخت یک میدان کوانتومی می پردازد.

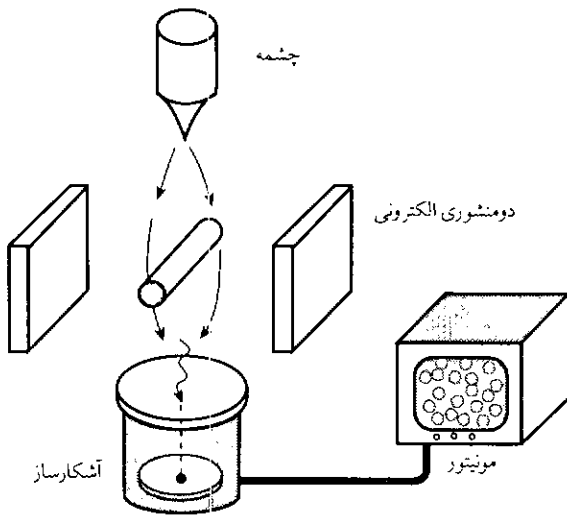
ریچارد فاینمن روایت خود از مکانیک کوانتومی را بر مفهوم «انتگرال مسیر» پی ریزی کرد. طبق پیشنهاد او، دامنه احتمال گذار بین ترازها، از جمع تک تک



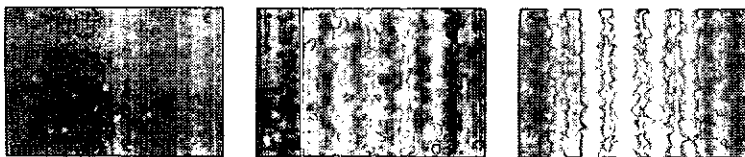
جولیان شوینگر



ریچارد فاینمن



شکل ۲



شکل ۳

14. Bragg
15. Arthur H. Compton
16. Max plank
17. Einstein
18. Allvar Gullstrand
19. Robert Andrews Milikan
20. Niels Henrik David Bohr
21. Arnold sommerfeld
22. C.T.R. wilson
23. Carl Wilhelm Oseen
24. Debye
25. Woos
26. Gordon
27. Klein
28. Louis Victor De Broglie
29. Clinton Joseph Davisson
30. George Paget Thomson
31. Erwin Schrodinger
32. Paul Dirac
33. Werner Heisen Berg
34. Wolfgang pauli
35. Sin - Hiro Tomonaga
36. Julian Schwinger
37. Richard Feynman
38. Sheldon Glashow
39. Abdus Salam
40. Steven Wienberg
41. Carlo Rubbia
42. Simon Van Der Meer

جریان‌های ضعیف خنثی را نیز دربر می‌گیرد. در سال ۱۹۸۴، جایزه نوبل دیگری به کارلو روبیا^{۲۱} و سیمون وان در میر^{۲۲} برای نقش تعیین‌کننده آن‌ها در پروژه بزرگی که به کشف ذرات میدان مبادله‌ای W و Z برهم‌کنش‌های ضعیف منجر شد.

منبع
مجله فیزیک آمریکا شماره ۵۷ (سال ۱۹۸۹) صفحه ۱۱۷.

- زیرنویس
1. Gosta Ekspong
 2. Thomas Young
 3. Christian Huygens
 4. Isaac Newton
 5. Augustin Gean Fresnel
 6. James clark Maxwell
 7. Heinrich Hertz
 8. Alfred Nobel
 9. Wilhelm conrad Rountgen
 10. Max von lanue
 11. Friedrich
 12. Knipping
 13. Barkla

تداخل با تصویر موجی توضیح داده می‌شود. هنگامی که شدت باریکه به اندازه کافی کم باشد و از آشکارساز مناسبی استفاده شود، تأثیر تک‌تک ذرات قابل مشاهده خواهد بود. بسته‌های انرژی درست مانند ذرات در فضا و زمان جایگزیده هستند.

ترتیب تجربی آزمایش دو شکاف الکترون‌ها. دو مسیر برای باریکه الکترون‌ها موجود است. A. Tonomvraetal/

خروجی آشکارساز که یک مجموعه فریم است، در صحنه نمایشگر مشاهده می‌شود. اولین فریم، ابتدایی‌ترین تصویر است. آخرین فریم، مدتی طولانی بعد از جمع‌آوری اثر تداخلی گرفته شده است. مدل تداخلی از جمع‌آوری تأثیر تک‌تک ذرات ساخته شده است.

فناوری پیشرفته نوین، انجام آزمایش‌های پیچیده در مورد نور و الکترون یا اتم‌ها را ممکن می‌سازد که وقتی با شکل موجی یا ذره‌ای تعریف می‌شود، می‌تواند باعث حیرت شوند.

ضمیمه

فوتون، کوانتوم میدان (ذره‌ای) است که به عنوان عامل مبادله نیرو بین ذرات باردار عمل می‌کند. فوتون با موفقیت در متن گسترده‌تری، با سه عامل مبادله نیروی ضعیف (w^+ ، w^0 ، Z^0) قرار گرفته است. سه عامل اخیر ذراتی بسیار سنگین هستند. در حالی که، فوتون بدون جرم است. همگی با هم عوامل مبادله نیروهای مربوط به برهم‌کنش وحدت یافته الکتروضعیف هستند.

جایزه نوبل در ۱۹۷۹، به سه فیزیکدان نظری شلدون گلاشو^{۳۸}، عبدالسلام^{۳۹} و استیون واینبرگ^{۴۰} برای سهم آن‌ها در نظریه وحدت یافته برهم‌کنش‌های ضعیف و الکترومغناطیسی بین ذرات بنیادی تعلق گرفت که به بیان دیگر، پیش‌بینی

سی و پنجمین المپیاد بین المللی فیزیک

یانگ - کره جنوبی - ۲۰۰۴ مسابقه نظری

مترجم: روح اله خلیلی بروجنی
rkhalili@physicist.net

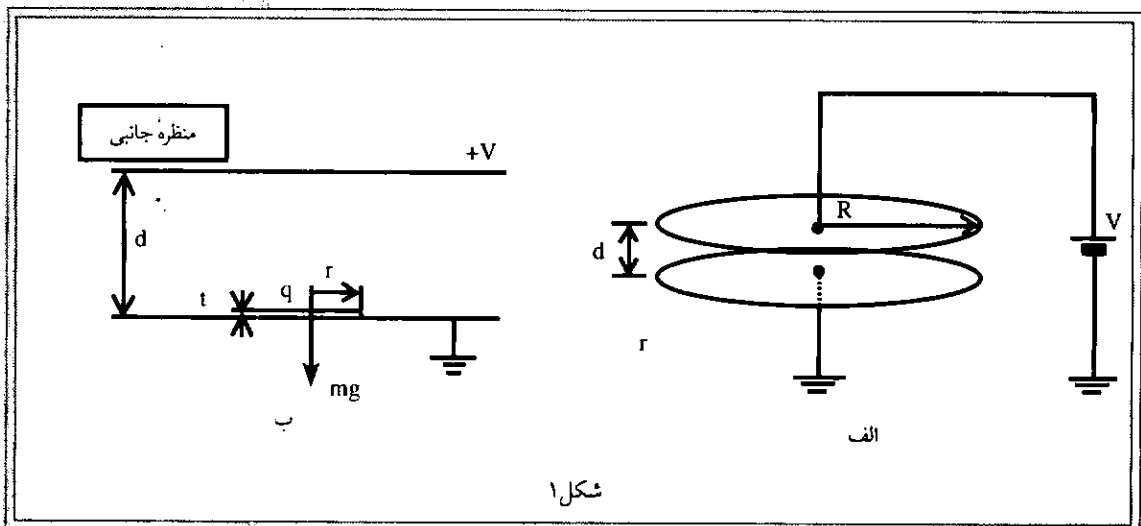
اشاره: سی و پنجمین المپیاد بین المللی فیزیک^۱، در سال ۲۰۰۴ (تیر ماه ۱۳۸۳) در کره جنوبی برگزار گردید. برای آشنایی دبیران محترم فیزیک و دانش آموزان علاقه مند، پرسش‌ها و پاسخ‌های تشریحی بخش مسابقه نظری این دوره در ادامه آمده است.

۱. مقاومت «پینگ-پونگ»^۲

ضخامت $t \ll r$ روی صفحه پایینی و هم مرکز با آن قرار دارد (شکل ۱-ب)

فضای بین صفحه‌ها را خلأ با ثابت دی الکتریک ϵ_0 در نظر بگیرید؛ صفحه‌ها و قرص از رساناهای کامل ساخته شده‌اند؛ و می‌توان همه اثرهای لبه‌ای الکتروستاتیکی را نادیده گرفت. الف) نیروی الکتروستاتیک F_e بین صفحه‌های خازن را که به فاصله d از یکدیگر قرار دارند پیش از وارد کردن قرص رسانا

خازنی از دو صفحه دایره‌ای موازی به شعاع R تشکیل شده است که مطابق شکل ۱-الف به فاصله d از یکدیگر قرار دارند ($d \ll R$). صفحه بالایی به یک منبع ولتاژ ثابت با پتانسیل V وصل شده است در حالی که صفحه پایینی به زمین متصل است. همچنین قرص نازک و کوچکی به جرم m و شعاع $r \ll R, d$ و



شکل ۱



بین آن‌ها به دست آورید (شکل ۱- الف).

ب) وقتی قرص رسانا روی صفحه پایینی قرار داده می‌شود، بار الکتریکی q روی آن به صورت $q = \chi V$ با ولتاژ V متناسب است. ضریب χ را بر حسب ϵ_0 و d به دست آورید. ج) صفحه‌های موازی خازن عمود بر میدان گرانشی یکنواخت g هستند. برای بلند شدن قرص رسانا از حالت اولیه سکون، باید ولتاژ اعمال شده از ولتاژ آستانه V_{th} بیشتر شود. ولتاژ آستانه V_{th} را بر حسب m ، g ، d و χ به دست آورید.

د) وقتی $V > V_{th}$ است، قرص بین صفحه‌ها بالا و پایین می‌رود. (فرض کنید قرص بدون هیچ لرزشی تنها به طور قائم حرکت می‌کند). برخورد بین قرص و صفحه‌ها ناکشسان و با ضریب بازگشت $\eta = \left(\frac{v_{پس}}{v_{پیش}} \right)$ است، که در آن $v_{پیش}$ و $v_{پس}$ به ترتیب سرعت قرص درست پیش و پس از برخورد است. صفحه‌ها در محل خود ثابت‌اند. سرعت قرص درست پس از برخورد به صفحه پایینی به «سرعت حالت پایا» v_s می‌رسد، که با رابطه زیر به ولتاژ V بستگی دارد:

$$v_s = \sqrt{\alpha V^2 \beta} \quad (1)$$

ضریب‌های α و β را بر حسب m ، y ، χ ، d و η به دست آورید.

فرض کنید تمام سطح قرص همزمان و یکنواخت با صفحه در تماس باشد به طوری که همه بار الکتریکی قرص همزمان در هر برخورد مبادله می‌شود.

ه) پس از رسیدن سرعت قرص به حالت پایا، جریان میانگین - زمانی I که بین صفحه‌های خازن برقرار می‌شود را می‌توان هنگامی که $qv \gg mgd$ است به صورت $I = \gamma V$ تخمین زد. ضریب γ را بر حسب m ، χ ، d و η به دست آورید. (و) وقتی ولتاژ اعمال شده V کاهش می‌یابد (بسیار آرام)، ولتاژ حدی V_c وجود دارد که به ازای کمتر از آن شارش بار قطع می‌شود. مقدار V_c و جریان متناظر به آن I_c را بر حسب m ، g ، χ ، d و η به دست آورید. از مقایسه V_c با ولتاژ آستانه V_{th} که در قسمت ج) بحث شد، نمودار تقریبی $I-V$ را برای حالتی که ولتاژ V در گستره $v = 0$ تا $2V_{th}$ افزایش و کاهش می‌یابد، رسم کنید.

۲. بالون بالارونده

یک بالون لاستیکی پر از گاز هلیوم در آسمان، که در آن دما با ارتفاع کاهش می‌یابد، بالا می‌رود. در پرسش‌های زیر، بدون توجه به بار مفید بالون فرض کنید بالون شکل کروی خود را حفظ می‌کند، و حجم بار مفید آن را نادیده بگیرید. همچنین فرض

کنید دمای گاز هلیوم درون بالون با دمای هوای محیط یکسان است، و همه گازها را گاز کامل در نظر بگیرید. ثابت عمومی گازها برابر $R = 8.314 \text{ J/mol}$ است و جرم‌های مولی هلیوم و هوا به ترتیب

$$M_H = 4.00 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

و

$$M_A = 28.97 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

است. شتاب گرانشی $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ است.

بخش اول

الف) فشار و دمای هوای محیط بالون را P و T بگیرید. به علت کشش سطح بالون، فشار داخل آن بیشتر از فشار بیرون است. بالون حاوی n مول گاز هلیوم در فشار $P + \Delta P$ است. نیروی بالا بر F_B وارد بر بالون را بر حسب P و ΔP به دست آورید.

ب) در یک روز تابستانی معین در کشور کره، دمای هوا، T ، در ارتفاع z از سطح دریا به صورت $T(z) = T_0 \left(1 - \frac{z}{z_0} \right)$ در گستره

$0 < z < 15 \text{ km}$ با $z_0 = 4.9 \text{ km}$ و $T_0 = 303 \text{ K}$ گزارش شده است. فشار و چگالی هوا در سطح دریا به ترتیب $P_0 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ و $\rho_0 = 1.16 \text{ kg/m}^3$ است. برای این گستره ارتفاع فشار به صورت زیر تغییر می‌کند.

$$P(z) = P_0 \left(1 - \frac{z}{z_0} \right)^\eta \quad (2)$$

η را بر حسب z_0 ، ρ_0 ، P_0 و g به دست آورید و مقدار عددی آن را تا دو رقم معنی دار محاسبه کنید. شتاب گرانشی ثابت و مستقل از ارتفاع در نظر بگیرید.

بخش دوم

هرگاه بالون لاستیکی کروی با شعاع ناکشیده r_0 به صورت کره‌ای به شعاع r ($r \geq r_0$) پرباد شود، سطح بالون به دلیل کشیدگی دارای انرژی کشسانی اضافی می‌شود. بر اساس ساده‌ترین نظریه، انرژی کشسانی در دمای ثابت T را می‌توان به صورت زیر بیان کرد

$$U = 4\pi r_0^2 kRT \left(2\lambda^2 + \frac{1}{\lambda^4} - 3 \right) \quad (3)$$

که در آن $\lambda = \frac{r}{r_0} (\geq 1)$ نسبت تورم اندازه k مقدار ثابتی بر حسب mol/m^2 است.

ج) ΔP را بر حسب پارامترهای که در معادله (۳) آمده است،

به دست آورید و ΔP را برحسب $\lambda = \frac{r}{r_0}$ رسم کنید.

بخش اول

الف) اگر نیروی محرک خارجی F به صورت $F = F_0 \sin \omega t$ باشد، $z(t) = A \sin(\omega t - \phi)$ در معادله (۴) صادق است، که در آن $A > 0$ و $0 \leq \phi \leq \pi$ رابطه‌ای برای A و $\tan \phi$ برحسب F_0 ، m ، ω و b پیدا کنید. همچنین A و ϕ را در بسامد تشدید $\omega = \omega_0$ تعیین کنید.

ب) تقویت کننده داخلی در شکل ۲ سیگنال ورودی را در سیگنال مرجع داخلی، $V_R = V_R \sin \omega t$ ضرب می‌کند و تنها مؤلفه dc (جریان مستقیم) از سیگنال چندین برابر شده از آن عبور می‌کند.

فرض کنید سیگنال ورودی به صورت $V_i = V_i \sin(\omega_i t - \phi_i)$ باشد که در آن V_i ، ω_i و ϕ_i همگی ثابت‌های مثبت اند.

شرط $\omega_i > 0$ برای یک سیگنال خروجی غیرصفر را پیدا کنید. عبارت مربوط به اندازه سیگنال خروجی غیرصفر سیگنال dc خروجی در این بسامد کدام است؟

ج) ولتاژ مرجع داخلی $V_R = V_R \sin \omega t$ در گذر از تغییردهنده فاز به صورت $V_R = V_R \sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$ در می‌آید.

ولتاژ V_R ، به لامپ پیزوالکتریک اعمال می‌شود و بازو را با نیروی $F = C_1 V_R$ به حرکت در می‌آورد. سپس، آشکارساز فوتونی، جابه‌جایی بازو، z ، را به ولتاژ $V_2 = C_2 z$ تبدیل می‌کند. در اینجا C_1 و C_2 ثابت‌اند. عبارتی برای اندازه سیگنال خروجی در $\omega = \omega_0$ پیدا کنید.

د) تغییر کوچک Δm در جرم بازو، بسامد تشدید را به اندازه $\Delta \omega$ تغییر می‌دهد. به این ترتیب، فاز ϕ در بسامد تشدید اصلی ω_0 به اندازه $\Delta \phi$ تغییر می‌کند. تغییر جرم Δm نظیر تغییر فاز $\Delta \phi = \frac{\pi}{180} \dots$ را پیدا کنید، که تفکیک نوعی در اندازه‌گیری‌های فازی است.

پارامترهای فیزیکی بازو عبارت‌اند از $k = 1/0.1 \text{ N/m}$ و $m = 1/0.1 \times 10^{-12} \text{ kg}$ و $(b/m) = 1/0.1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$. برای وقتی که $|x| \ll 1$ است از تقریب‌های $(1+x)^a \approx 1+ax$ و $\tan(\frac{\pi}{4} + x) \approx -\frac{1}{x}$ استفاده کنید.

بخش دوم

از این پس حالتی را در نظر می‌گیریم که بعضی نيزوهای دیگر، علاوه بر نیروی محرک که در بخش اول بحث شد، به واسطه نمونه شکل ۱-۳، به بازو وارد می‌شود. (ها) فرض کنید نیروی اضافی $f(h)$ فقط به فاصله h بین بازو و

ت) ثابت k را می‌توان از مقدار گاز برای بادکردن بالون تعیین کرد. در دمای $T_0 = 303 \text{ K}$ و فشار $P_0 = 1 \text{ atm} = 1/0.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ بالون در حالت کش نیامده ($\lambda = 1$) حاوی $n_0 = 12/5 \text{ mol}$ گاز هلیوم است. در همان دمای T_0 و فشار P_0 ، وقتی بالون به طور کامل پُر می‌شود حاوی $n = 3/6 n_0 = 45 \text{ mol}$ گاز هلیوم می‌شود. پارامتر بالون a ، که به صورت $a = k/k_0$ تعریف می‌شود، را برحسب n ، n_0 و λ ، به دست آورید که در آن $k_0 = \frac{r_0 P_0}{4RT_0}$ است. مقدار a را تا دو رقمی معنی دار محاسبه کنید.

بخش سوم

بالونی در کنار دریا به صورتی که در قسمت (د) اشاره شد، آماده شده است ($\lambda = 1/5$) و با $n = 3/6 n_0 = 45 \text{ mol}$ گاز هلیوم در دما $T_0 = 303 \text{ K}$ و فشار $P_0 = 1 \text{ atm} = 1/0.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ پر شده است. جرم کل شامل گاز، خود بالون و بارمفید آن برابر $M_T = 1/12 \text{ kg}$ است. حال بگذارید بالون از سطح دریا بالا برود.

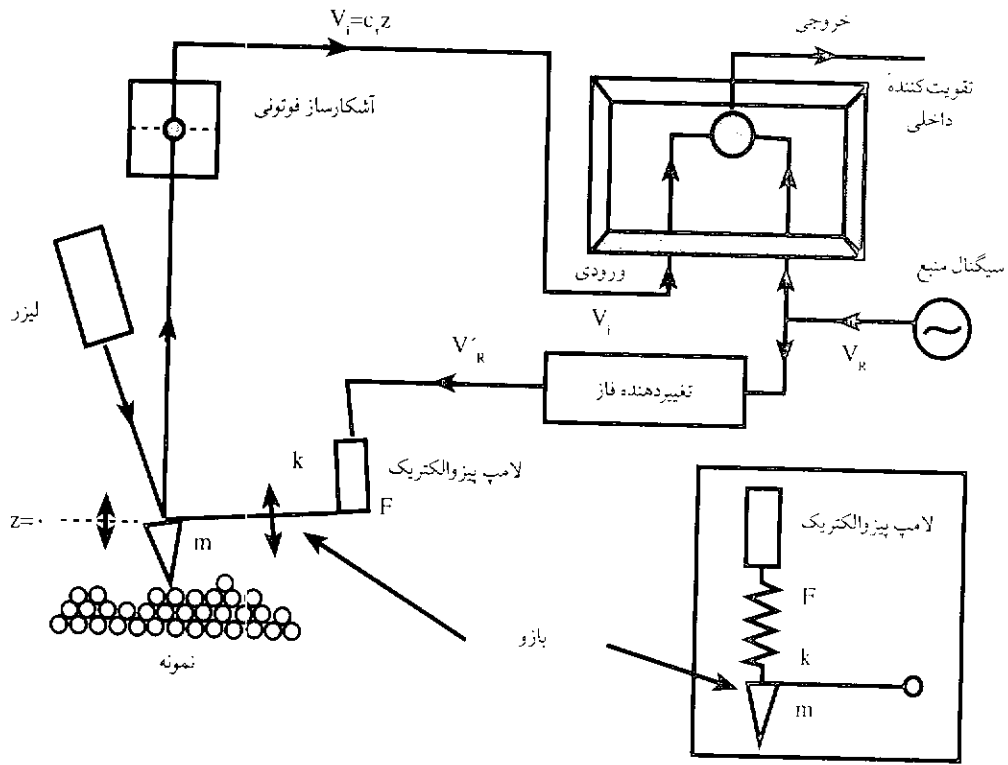
ه) فرض کنید سرانجام بالون در ارتفاع z_f که در آن نیروی بالابری با نیروی کل وزن به متوازن می‌شود، متوقف شود. z_f و نسبت بادشدگی λ_f را در این ارتفاع به دست آورید. پاسخ‌های خود را با دو رقم معنی دار به دست آورید. فرض کنید هیچ اثر رانشی و نشست گاز در حین پرواز بالون وجود ندارد.

۱-۲ میکروسکوپ کاوشگر اتمی

میکروسکوپ‌های کاوشگر اتمی (APMs)، ابزارهای قدرتمندی در زمینه نانو-علوم هستند. حرکت بازو^۱ در APM را یک آشکار سازی فوتونی کنترل می‌کند که باریکه لیزر بازتابیده را دیدبانی می‌کند (شکل ۲). این بازو تنها می‌تواند در امتداد قائم حرکت کند و جابه‌جایی z آن برحسب زمان t با معادله زیر بیان می‌شود.

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + b \frac{dz}{dt} + kz = F \quad (4)$$

که در آن m جرم بازو، $k = m\omega_0^2$ ثابت فنر آن، b ضریب میرایی کوچکی است که در شرط $(b/m) \gg \omega_0$ صدق می‌کند، و سرانجام F نیروی محرک خارجی لامپ پیزوالکتریک است.



شکل ۲- نمودار کلی یک میکروسکوپ کاوشگر روبشی (SPM)، تصویر کوچک سمت راست، مدل مکانیکی ساده‌ای برای توصیف اتصال لامپ پیزوالکتریک به بازو را نشان می‌دهد.

سطح نمونه بستگی داشته باشد، می‌توان مکان تعادل جدید h_0 را به دست آورد. در حوالی $h = h_0$ ، می‌توان $f(h)$ را به صورت زیر نوشت:

برحسب ω_0 ، m و C_r بیابید.

$$f(h) \approx f(h_0) + C_r(h - h_0)$$

که در آن C_r در h ثابت است. بسامد تشدید جدید ω' را برحسب ω_0 ، m و C_r بیابید.

(و هنگام رویش سطح با حرکت افقی نمونه، برخورد نوک بازوی باردار شده با $Q = \epsilon e$ ، به الکترونی با بار $q = e$ روبه‌رو می‌شود که در زیر سطح (به صورت جایگزیده در فضا) به دام افتاده است. در مدت رویش در اطراف الکترون، مشاهده می‌کنیم که بیشینه تغییر بسامد تشدید $\Delta\omega_0 (= \omega'_0 - \omega_0)$ خیلی کمتر از ω_0 است. فاصله بازو تا

الکترون به دام افتاده، d_0 ، را در بیشینه تغییر بسامد تشدید برحسب m ، q ، Q ، ω_0 ، $\Delta\omega_0$ ، و ثابت کولن k_e به دست آورید. مقدار d_0 را برحسب نانومتر ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$) به ازای

$$\Delta\omega_0 = 2\% \omega_0$$

پارامترهای فیزیکی بازو عبارتند از $m = 1/0 \times 10^{-11} \text{ kg}$ و

$$x = 1/0 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

هرگونه اثر قطبش در نوک بازو و سطح نمونه را نادیده بگیرید. توجه کنید که $\frac{m}{C^2} = 9/0 \times 10^{-9} \text{ N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{C}^2}$ و $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$e = -1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

پاسخ تشریحی سی و پنجمین المپیاد بین المللی فیزیک مسابقه نظری

پرسش ۱

توجه به نتیجه قسمت (الف) برابر است با

$$F_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{\pi r^2}{d^2} V^2 = \frac{\chi}{2d} V^2$$

برای بلند شدن قرص، لازم است $F_{\text{عاص}} > 0$ ، بنابراین

$$\frac{\chi}{2d} V^2 - mg > 0 \Rightarrow V_{th} = \sqrt{\frac{2mgd}{\chi}}$$

(د) سرعت پایای قرص کوچک درست پس از برخورد آن با صفحه پایینی را v_s بگیرید. در این صورت انرژی جنبشی حالت پایای K_s قرص درست بالای صفحه پایینی برابر است با

$$K_s = \frac{1}{2} m v_s^2$$

برای هر رفت و برگشت، قرص انرژی الکتروستاتیک زیر را به دست می آورد

$$\Delta U = 2qV$$

برای هر برخورد ناکشسان، قرص انرژی جنبشی زیر را از دست می دهد

$$\Delta K_{\text{پس از}} = K_{\text{پس از}} - K_{\text{پیش از}} = (1 - \eta^2) K_{\text{پیش از}} = \left(\frac{1}{\eta^2} - 1 \right) K_{\text{پس از}}$$

چون K_s برابر انرژی قرص پس از برخورد به صفحه پایین است و انرژی قرص پیش از برخورد به صفحه بالایی برابر $(K_s + qV - mgd)$ است، انرژی کل که در طی یک رفت و برگشت از دست می رود را می توان برحسب K_s به صورت زیر نوشت

$$\Delta K_{\text{کل}} = \left(\frac{1}{\eta^2} - 1 \right) K_s + (1 - \eta^2) (K_s + qV - mgd)$$

(الف) به کمک قانون گاوس می توان بار Q القاشده بر اثر ولتاژ خارجی V را به دست آورد.

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = Q$$

$$\epsilon_0 E (\pi R^2) = \epsilon_0 \left(\frac{V}{d} \right) (\pi R^2) = Q$$

انرژی ذخیره شده در خازن برابر است با

$$U = \int_0^V Q(V') dV' = \int_0^V \epsilon_0 \pi R^2 \left(\frac{V'}{d} \right) dV' = \frac{1}{2} \epsilon_0 \pi R^2 \frac{V^2}{d}$$

نیروی بین صفحه ها، هنگامی که ولتاژ بایاس V ثابت نگه داشته می شود برابر است با

$$F_e = + \frac{\partial U}{\partial d} = - \frac{1}{2} \epsilon_0 \pi R^2 \frac{V^2}{d^2}$$

(ب) بار q روی قرص کوچک را نیز می توان به کمک قانون گاوس به دست آورد.

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = q$$

چون تنها یک طرف قرص کوچک با صفحه در تماس است، داریم

$$q = -\epsilon_0 E (\pi r^2) = -\epsilon_0 \frac{\pi r^2}{d} V = \chi V$$

(ج) نیروی خالص، $F_{\text{عاص}}$ ، که بر قرص کوچک وارد می شود برابر مجموع نیروهای گرانشی و الکتروستاتیکی است.

$$F_{\text{عاص}} = F_g + F_e$$

نیروی گرانشی برابر $F_g = -mg$ و نیروی الکتروستاتیکی با

در حالت پایا، ΔU را باید $\Delta K_{\text{ج}}$ جبران کند.

باشد، می توان رابطه زیر را استخراج کرد.

$$v_s = \eta(v_s + a t_0)$$

و از آن می توان بازه زمانی $\Delta t = \tau t_0$ را به دست آورد

$$\Delta t = \tau t_0 = \tau \left(\frac{1-\eta}{\eta} \right) \frac{v_s}{a_0} \quad (8)$$

با توجه به معادله (۱)، در شرایط حدی $mgd \ll qV$ ، داریم

$$K_s = \frac{1}{\tau} m v_s^2 = \left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2} \right) qV \quad (9)$$

با قرار دادن نتیجه معادله های (۳) و (۵) در معادله (۴) داریم

$$\Delta t = \tau \left(\frac{1-\eta^2}{\eta} \right) \sqrt{\frac{\tau \eta^2}{1-\eta^2}} \sqrt{\frac{md^2}{qV}} = \tau \sqrt{\frac{1-\eta}{1+\eta}} \sqrt{\frac{\tau md^2}{\chi V^2}}$$

به علاوه از رابطه $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\tau q}{\Delta t}$ داریم

$$I = \frac{\tau q}{\Delta t} = \chi V \sqrt{\frac{1+\eta}{1-\eta}} \sqrt{\frac{\chi V^2}{\tau md^2}} = \left(\frac{1+\eta}{1-\eta} \right) \sqrt{\frac{\chi^2}{\tau md^2}} V^2$$

در نتیجه

$$\gamma = \sqrt{\frac{1+\eta}{1-\eta}} \sqrt{\frac{\chi^2}{\tau md^2}}$$

هـ) قرص انرژی جنبشی خود را از دست می دهد و سرانجام وقتی دیگر نتوانست به صفحه بالایی برسد متوقف می شود. به بیان دیگر، ولتاژ آستانه V_0 را می توان از این شرایط که سرعت v_{0-} قرص در صفحه بالایی صفر است، یعنی $v_{0-} = 0$ به دست آورد.

برای آن که سرعت قرص در صفحه بالایی صفر باشد، $v_{0-} = 0$ ، انرژی جنبشی \bar{K}_0 در صفحه بالایی باید در رابطه زیر صدق کند.

$$\bar{K}_0 = K_s + qV_c - mgd = 0$$

که در آن K_s انرژی جنبشی حالت پایا در صفحه پایینی پس از برخورد ماست. به علاوه، داریم

$$\left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2} \right) qV_c + \left(\frac{\eta^2}{1+\eta^2} \right) mgd + qV_c - mgd = 0$$

یا معادل آن

$$(1+\eta^2)qV_c - (1-\eta^2)mgd = 0$$

در نتیجه

$$qV_c = \frac{1-\eta^2}{1+\eta^2} mgd$$

$$\tau qV = \left(\frac{1}{\eta^2} - 1 \right) K_s + (1-\eta^2) (K_s + qV - mgd)$$

با بازنویسی معادله اخیر داریم

$$\begin{aligned} K_s &= \left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2} \right) [(1+\eta^2)qV + (1-\eta^2)mgd] \\ &= \left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2} \right) qV + \left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2} \right) mgd \\ &= \frac{1}{\tau} m v_s^2 \end{aligned} \quad (5)$$

در نتیجه

$$v_s = \sqrt{\left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2} \right) \left(\frac{\tau \chi V^2}{m} \right) + \left(\frac{\eta^2}{1+\eta^2} \right) (\tau g d)}$$

با مقایسه این معادله با معادله $v_s = \sqrt{\alpha V^2 + \beta}$ داریم

$$\alpha = \left(\frac{\eta^2}{1-\eta^2} \right) \left(\frac{\tau \chi}{m} \right) \text{ و } \beta = \left(\frac{\eta^2}{1+\eta^2} \right) (\tau g d)$$

هـ) مقدار باری که قرص در مدت رفت و برگشت بین صفحه ها حمل می کند و برابر $\Delta Q = \tau q$ است، و بازه زمانی $\Delta t = t_+ + t_-$ ، که در آن t_+ زمان لازم برای حرکت قرص به بالا (پایین) است.

در اینجا $t_+(t_-)$ را می توان به صورت زیر به دست آورد

$$v_{0+} t_+ + \frac{1}{\tau} a_+ t_+^2 = d \quad (6)$$

$$v_{0-} t_- + \frac{1}{\tau} a_- t_-^2 = d$$

که در آن v_{0+} (v_{0-}) سرعت اولیه در صفحه پایینی (بالایی) است و a_+ (a_-) به ترتیب شتاب ناحیه بالا (پایین) است. چون نیروی وارد بر قرص از رابطه زیر به دست می آید

$$F = ma_{\pm} = qE \mp mg = \frac{qV}{d} \mp mg$$

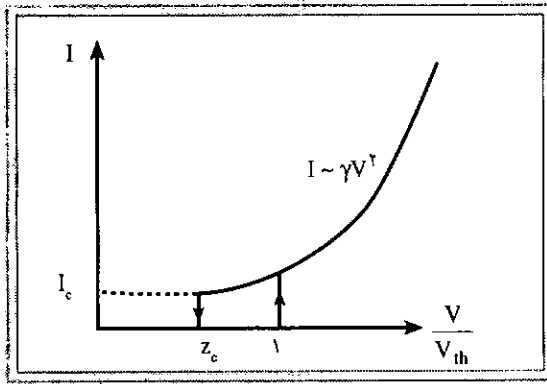
در حد $mgd \ll qV$ ، مقدار a_{\pm} را می توان به صورت زیر تخمین زد

$$a_0 = a_+ = a_- = \frac{qV}{md} \quad (7)$$

که تأکید می کند حرکت قرص به طرف بالا و پایین باید متقارن باشد. در نتیجه، معادله های (۶) را می توان به صورت تک معادله ای با $t_0 = t_+ = t_-$ ، $v_0 = v_{0+} = v_{0-}$ و $a_0 = a_+ = a_-$ نوشت. به علاوه، چون سرعت قرص درست پس از برخورد باید برای صفحه های پایینی و بالایی یکسان

دوره: بهمن، شماره ۲، ۱۳۸۴





پرسش ۲

بخش اول

الف) به کمک معادله حالت گاز کامل، حجم n مول گاز هلیوم در فشار $P + P\Delta P$ و دمای t برابر است با

$$V = nRT / (P + \Delta P)$$

در حالی که حجم n' مول گاز هوا در فشار P و دمای t برابر است با

$$V = n'RT / P$$

از این رو تغییر تعداد مول های هوا که با وزن $M_A n'g$ برابر است با $n' = n \frac{P}{P + \Delta P}$ این تغییر وزن هوا برابر نیروی بالا بر است، یعنی

$$F_B = M_A n g \frac{P}{P + \Delta P} \quad (11)$$

ب) با فرض ثابت بودن چگالی هوا ρ ، اختلاف فشار بین دو نقطه با اختلاف ارتفاع Z برابر $-\rho g Z$ است. در این صورت تغییرات این تابع بر حسب ارتفاع برابر است

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g = \frac{\rho T}{P} \frac{dP}{dT}$$

که در آن از قانون گازهای کامل ثابت $\frac{\rho T}{P}$ استفاده

شده است. با قراردادن معادله (۲) و $\frac{T}{T_1} = 1 - \frac{z}{z_1}$ در دو طرف معادله بالا، و مقایسه دو طرف آن داریم

$$\gamma = \frac{\rho z_1 g}{P_1} = \frac{1/6 \times 4/9 \times 10^2 \times 9/8}{10^5 \times 10^5} = 5/52$$

بخش دوم

ب) کار لازم برای افزایش شعاع بالون از r به $r+dr$ برابر اختلاف فشار ΔP برابر است با

$$dW = 4\pi r^2 \Delta P dr$$

از رابطه $q = \chi V_c$ داریم

$$V_c = \sqrt{\frac{1-\eta^2}{1+\eta^2}} \sqrt{\frac{mgd}{\chi}}$$

در مقایسه با ولتاژ آستانه V_{th} ، می توان نوشت

$$V_c = z_c V_{th}$$

که در آن z_c که در رسم I بر حسب (V/V_{th}) مورد استفاده می گیرد برابر است با

$$z_c = \sqrt{\frac{1-\eta^2}{2(1+\eta^2)}}$$

حال می توان معادله های تعیین بازه زمانی $\Delta t = t_- + t_+$ را نوشت

$$v_- t_- + \frac{1}{\gamma} a_- t_-^2 = d$$

$$v_+ t_+ + \frac{1}{\gamma} a_+ t_+^2 = d \quad (10)$$

که در آن شتاب ها از رابطه زیر به دست می آید

$$a_+ = \frac{qV_c}{md} - g = \left[\frac{1-\eta^2}{1+\eta^2} - 1 \right] g = \left(\frac{-2\eta^2}{1+\eta^2} \right) g$$

$$a_- = \frac{qV_c}{md} + g = \left[\frac{1-\eta^2}{1+\eta^2} + 1 \right] g = \left(\frac{2}{1+\eta^2} \right) g$$

$$\frac{a_+}{a_-} = -\eta^2$$

چون $v_- = 0$ است، داریم $t_-^2 = 2d/a_-$ و $v_+ = \eta(a_- t_-)$

$$t_- = \sqrt{\frac{2d}{a_-}} = \sqrt{(1+\eta^2) \left(\frac{d}{g} \right)}$$

با استفاده از $v_+^2 = \eta^2 (2da_- - 1) = -2da_+$ ، می توان معادله درجه دوم (۱۰) را حل کرد.

$$t_+ = \frac{v_+}{a_+} \left(\sqrt{1 + \frac{2da_+}{v_+^2}} - 1 \right) = -\frac{v_+}{a_+} = \sqrt{\frac{2d}{1a_+}}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1+\eta^2}{\eta^2} \right) \left(\frac{d}{g} \right)} = \frac{t_-}{\eta}$$

در نتیجه

$$\Delta t = t_- + t_+ = \left(1 + \frac{1}{\eta} \right) \sqrt{(1+\eta^2) \left(\frac{d}{g} \right)}$$

$$I_c = \frac{\Delta Q_c}{\Delta t} = \frac{2q}{\Delta t} = \frac{2\chi V_c}{\Delta t}$$

$$= \frac{2\eta \sqrt{1-\eta^2}}{(1+\eta)(1+\eta^2)} g \sqrt{m\chi}$$

در این صورت افزایش انرژی کشسانی برای همان تغییر شعاع r برابر است با

$$(P + \Delta P)\lambda^r = \frac{nRT}{V} = P_0 \frac{T}{T_0} \frac{n}{a_0} \quad (16)$$

به کمک معادله‌های (12)، (15) و (16) سه پارامتر نامعلوم P ، ΔP و λ بر حسب T و پارامترهای دیگر به دست می‌آیند. با قرار دادن معادله (16) در معادله (15)، داریم

$$\frac{P}{P_0} \frac{T}{T_0} \lambda^r = \frac{M_T}{M_A n} \quad (17)$$

همچنین با قرار دادن معادله (12) در معادله (16) داریم

$$P\lambda^r + \frac{4kRT}{r} \lambda^r (1 - \lambda^{-6}) = P_0 \frac{T}{T_0} \frac{n}{n_0}$$

یا، با مرتب کردن آن داریم

$$\frac{P}{P_0} \frac{T}{T_0} \lambda^r = \frac{n}{n_0} - a\lambda^r (1 - \lambda^{-6}) \quad (18)$$

که در آن از تعریف a دوباره استفاده شده است.

با مساوی قرار دادن طرف دوم معادله‌های (17) و (18)، معادله‌ای برای λ به صورت زیر خواهیم داشت

$$\lambda^r (1 - \lambda^{-6}) = \frac{1}{an_0} \left(n - \frac{M_T}{M_A} \right) = 4/54$$

با حل این معادله مقدار زیر برای λ به دست می‌آید

$$\lambda^r = 4/54 / (1 - 4/54^{-r}) = 4/54 \Rightarrow \lambda_r \approx 2/13$$

برای پیدا کردن ارتفاع، با قرار دادن $(P/P_0)(T/T_0)$ در طرف چپ معادله (17) بر حسب ارتفاع که در (ب) به دست آمد، داریم

$$\frac{P}{P_0} \frac{T}{T_0} \lambda^r = (1 - z_f/z_0)^{\gamma-1} \lambda_r^r = \frac{M_T}{M_A n} = 3/10 \quad (19)$$

با حل معادله (19) به ازای $\lambda_r = 2/13$ و $\gamma - 1 = 4/5$ برای

z_f داریم

$$z_f = 49 \times \left[1 - \left(\frac{3/10}{(2/13)^r} \right)^{5/4} \right] = 10.4 \text{ km}$$

۳- الف) با قرار دادن $z(t) = A \sin(\omega t - \phi)$ در معادله

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + b \frac{dz}{dt} + m\omega_0^2 z = F \sin \omega t$$

$$-m\omega^2 \sin(\omega t - \phi) + b\omega \cos(\omega t - \phi) + m\omega_0^2 \sin(\omega t - \phi)$$

$$= \frac{F_0}{A} \sin \omega t$$

یا

$$\left[m(\omega_0^2 - \omega^2) \cos \phi + b\omega \sin \phi - \frac{F_0}{A} \right] \sin \omega t +$$

$$[-m(\omega_0^2 - \omega^2) \sin \phi + b\omega \cos \phi] \cos \omega t = 0$$

با برابر صفر قرار دادن عبارت داخل هر کروشه داریم

$$\tan \phi = \frac{b\omega}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (20)$$

با مساوی قرار دادن طرف دوم دو معادله اخیر داریم

$$\Delta P = 4kRT \left(\frac{1}{r} - \frac{r_0^6}{r^7} \right) = \frac{4kRT}{r_0} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda^7} \right)$$

این جواب موردنظر است.

نمودار بر حسب $\lambda (> 1)$ در ابتدا به سرعت افزایش می‌یابد و

به ازای $\lambda = \sqrt[7]{7}$ بیشینه می‌شود، و برای λ های بزرگ به صورت

λ^{-1} کاهش می‌یابد. نمودار $\Delta P / (4\pi RT / r_0)$ در زیر آمده است.

(ت) قانون گاز کامل

$$P_0 V_0 = n_0 RT_0$$

که در آن V_0 حجم بالون در حالت کش نیامده است. در حجم

$V = \lambda^r V_0$ که بالون حاوی n مول گاز در دمای $T = T_0$ است،

فشار گاز درون آن P_{in} برابر است با

$$P_{in} = nRT_0 / V = \frac{n}{n_0 \lambda^r} P_0 \quad (13)$$

از طرف دیگر، با توجه به نتیجه قسمت (ج) در دمای $T = T_0$ داریم

$$P_{in} = P_0 + \Delta P$$

$$= P_0 + \frac{4kRT_0}{r_0} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda^7} \right)$$

$$= \left[1 + a \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda^7} \right) \right] P_0 \quad (14)$$

با برابر قرار دادن طرف دوم معادله‌های (13) و (14) مقدار a

برابر است با

$$a = \frac{n}{(n_0 \lambda^r) - 1} \frac{1}{\lambda^{-1} - \lambda^7}$$

به ازای $n = 3/6$ و $\lambda = 1/5$ ، داریم $a = 0.110$

بخش سوم

(د) نیروی بالا بر که در قسمت (الف) به دست آوردیم باید با

وزن نظیر جرم کل $M_T = 1/12 \text{ kg}$ متوازن شود، در نتیجه از معادله

(11) داریم

$$\frac{P}{P + \Delta P} = \frac{M_T}{M_A n} \quad (15)$$

به عبارت دیگر، با اعمال دوباره قانون گاز کامل برای n مول

گاز هلیوم درون حجم $V = \lambda^r V_0 = \lambda^r \frac{4}{3} \pi r_0^3 = \lambda^r \frac{4}{3} \pi r^3$ ، و مقدار

دلخواه P و T ، داریم

هـ) در حضور برهم کنش، معادله حرکت در حوالی وضعیت تعادل h_0 خواهد شد.

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + b \frac{dz}{dt} + m \omega_0^2 z - C_r z = F_0 \sin \omega t$$

به این ترتیب بسامد تشدید اصلی $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ به صورت زیر

تغییر می کند

$$\omega_0' = \sqrt{\frac{k - C_r}{m}} = \sqrt{\frac{m \omega_0^2 - C_r}{m}} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{C_r}{m \omega_0^2}}$$

در نتیجه تغییر بسامد تشدید به صورت زیر به دست می آید

$$\Delta \omega_0 = \omega_0 \left[\sqrt{1 - \frac{C_r}{m \omega_0^2}} - 1 \right] \quad (23)$$

ج) بیشینه تغییر بسامد تشدید هنگامی رخ می دهد که بازو در بالای بار قرار می گیرد، که در آن نیروی برهم کنش از رابطه زیر به دست می آید

$$f(h) = k_e \frac{qQ}{h^2}$$

داریم

$$C_r = \left. \frac{df}{dh} \right|_{h=d_0} = -2k_e \frac{qQ}{d_0^3} \quad (24)$$

وقتی $\Delta \omega_0 \ll \omega_0$ است، معادله (23) را می توان به صورت زیر تقریب زد

$$\Delta \omega_0 \approx -\frac{C_r}{2m\omega_0} \quad (25)$$

از معادله های (24) و (25) داریم

$$\Delta \omega_0 = -\frac{1}{2m\omega_0} \left(-2k_e \frac{qQ}{d_0^3} \right) = k_e \frac{qQ}{m\omega_0 d_0^3}$$

با قرار دادن $C = -1/6 \times 10^{-19}$ و $q = e = -1/6 \times 10^{-19} C$ داریم $Q = 6e = -9/6 \times 10^{-19} C$

$$d_0 = \left[k_e \frac{qQ}{m\omega_0 \Delta \omega_0} \right]^{3/4} = 4/1 \times 10^{-8} m = 21 \text{ nm}$$

به این ترتیب فاصله بازو تا الکترون به دام افتاده 21 nm است.

زیرنویس

1. 35th International Physics Olympiad, Pohang, Korea, 2004
2. Ping - Pong Resistor
3. Steady - State Speed
4. Rising Ballon
5. Size - Inflation
6. Atomic Probe Microscope
7. Nano - Science
8. Cantilever

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{m^2(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + b^2\omega^2}}$$

در $\omega = \omega_0$ داریم

$$A = \frac{F_0}{b\omega_0} \text{ و } \phi = \frac{\pi}{2}$$

ب) سیگنال چندین برابر شده

$$V_i \sin(\omega_i t - \phi_i) V_R \sin(\omega t)$$

$$\frac{1}{2} V_i V_R \cos \phi_i$$

مولفه غیر صفر dc تنها وقتی که $\omega = \omega_i$ است وجود دارد.

در این حالت، دامنه سیگنال خواهد شد

$$\frac{1}{2} V_i V_R \cos \phi_i$$

پ) از وقتی که تقویت کننده داخلی سیگنال ac با همان

بسامد سیگنال منبع را اندازه می گیرد، بسامد نوسان لامپ پیزوالکتریک، بسامد بازو، و بسامد آشکار ساز فوتو دیود باید همان باشند. اندازه سیگنال ورودی در تشدید برابر است با

$$V_i = C_r \frac{F_0}{b\omega_0} = \frac{C_1 C_2 V_R}{b\omega_0}$$

به این ترتیب، از هنگامی که فاز سیگنال ورودی در تشدید

برابر $-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2} = 0$ است، $\phi_i = 0$ و سیگنال تقویت کننده داخلی

$$\frac{1}{2} V_i V_R \cos \theta = \frac{C_1 C_2 V_R^2}{2 b\omega_0}$$

ت) بسامد تشدید اصلی $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ تغییر می کند به

$$\sqrt{\frac{k}{m + \Delta m}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \left(1 + \frac{\Delta m}{m} \right)^{-1/2} = \omega_0 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{\Delta m}{m} \right)$$

در نتیجه

$$\Delta \omega_0 = -\frac{1}{2} \omega_0 \frac{\Delta m}{m} \quad (21)$$

در حوالی تشدید، با قرار دادن $\phi \rightarrow \frac{\pi}{2} + \Delta \phi$

در معادله (20)، تغییر فاز ناشی از تغییر اندک

$\omega_0 \rightarrow \omega_0 + \Delta \omega_0$ (بدون تغییر ω) برابر است با

$$\tan\left(\frac{\pi}{2} + \Delta \phi\right) = -\frac{1}{\tan \Delta \phi} = -\frac{b}{2m\Delta \omega_0}$$

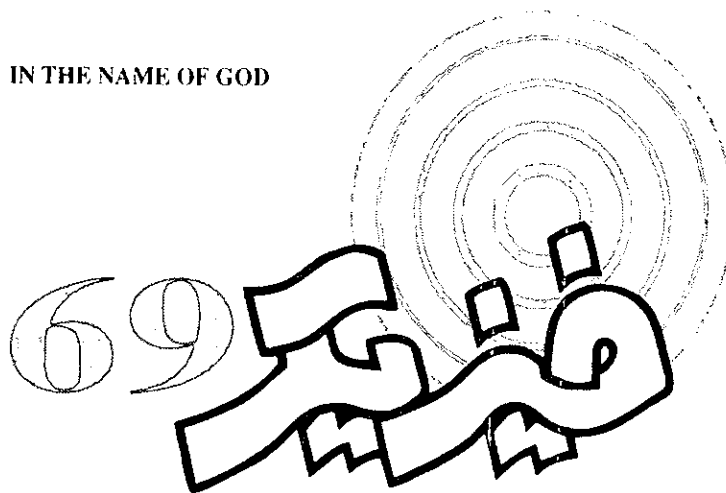
به علاوه

$$\Delta \phi \approx \tan \Delta \phi = -\frac{2m\Delta \omega_0}{b} \quad (22)$$

از معادله های (21) و (22) داریم

$$\Delta m = \frac{b}{\omega_0} \Delta \phi = \frac{10^2 \times 10^{-12}}{10^6} \frac{\pi}{1800} = \frac{\pi}{1/8} \times 10^{-18} = 1/7 \times 10^{-18} \text{ kg}$$

IN THE NAME OF GOD



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

P.O. Box: 15875/6585
Department of Physics, Tehran-Iran

Vol.20 - No.69 - 2004

ISSN : 1606 - 917X

Roshd Physics Education Journal

Managing Editor : Alireza Hajianzadeh
Editor-in-Chief : Manijeh Rahbar
Executive Director : Ahmad Ahmadi
Art Director : Mehdi Karimkhani
Graphic Designer : Parvaneh Hadipour
Editors : Ahmad Ahmadi,
Jafar Mehrdad, Rouhollah Khalili, Manijeh Rahbar.

- 2005: The International Year of Physics ♦ by Editor 2
Interactive Teaching ♦ by J. Riazi 3
Physics Literacy, Energy and the Environment ♦ by Art Hobson 5
Push ups Physics ♦ by Safar Arjmandi and... 11
The Physics of Ice Cream ♦ by Chris Clarke 14
Acceleration without Force ♦ by Robert Johns 19
Fusion with Inertial confinement ♦ by S. Khoshbin Far 20
Report of a Research ♦ by F. Kyani 26
History of Super Conductivity ♦ by Z. Sajadi 28
Physics Puzzle ♦ by M. Rahbar 34
Answer to Physics Puzzle ♦ by M. Rahbar 35
Longitudinal Magnification Drawing Mistake ♦ by Hector Rabal Etal 36
Particles Running Contest ♦ by H. Mohammadpour 39
Quantum Computing ♦ by Jacob West 42
The Dual Nature of Light as Relected in Nobel Archive ♦ by Gosta Ekspong 48
35th International Physics Olympiad ♦ by R. Khalili 55

زمین در منظومه شمسی



زمین از غرب به
شرق می‌چرخد.

نور بر مدار زمین به دور
خورشید عمود است.

باریکه‌های نور عمود بر یکدیگر
که جهت چرخش زمین را دنبال
می‌کنند نیز تغییر سرعتی را
نشان نمی‌دهند.

پاسخ به پرسش های
 رئیس جمهور محترم
 در مراسم گشایش
 مدارس (مهرماه ۱۳۸۳)

پرسش ها

- ✓ ۱- دستورالعمل های آردی، درامی و اقلای در نظام دایره یوز دایمید و آگوشه ایتد و آگوشه اولاد آلدی در سیستم به این نظام چه نقش دارند؟
- ✓ ۲- چگونه در در بیان این نه و بچه به چه مواردی در نظام دایمید به این موارد رسیدیم؟
- ✓ ۳- این بحث مورد توجه دولت و مجلس است. در این مورد به چه روشی باید رسیدیم؟
- ✓ ۴- این بحث مورد توجه دولت و مجلس است. در این مورد به چه روشی باید رسیدیم؟
- ✓ ۵- این بحث مورد توجه دولت و مجلس است. در این مورد به چه روشی باید رسیدیم؟

فرهنگیان، دانش آموزان دانشجویان
 مراکز تربیت معلم و آموزشگاه های فنی
 و حرفه ای برای شرکت در این فراخوان
 بزرگ و کسب اطلاعات بیشتر به دفاتر
 آموزشگاه های سراسر کشور مراجعه نمایند.

دفتر خانه پیرست
 وزارت آموزش و پرورش