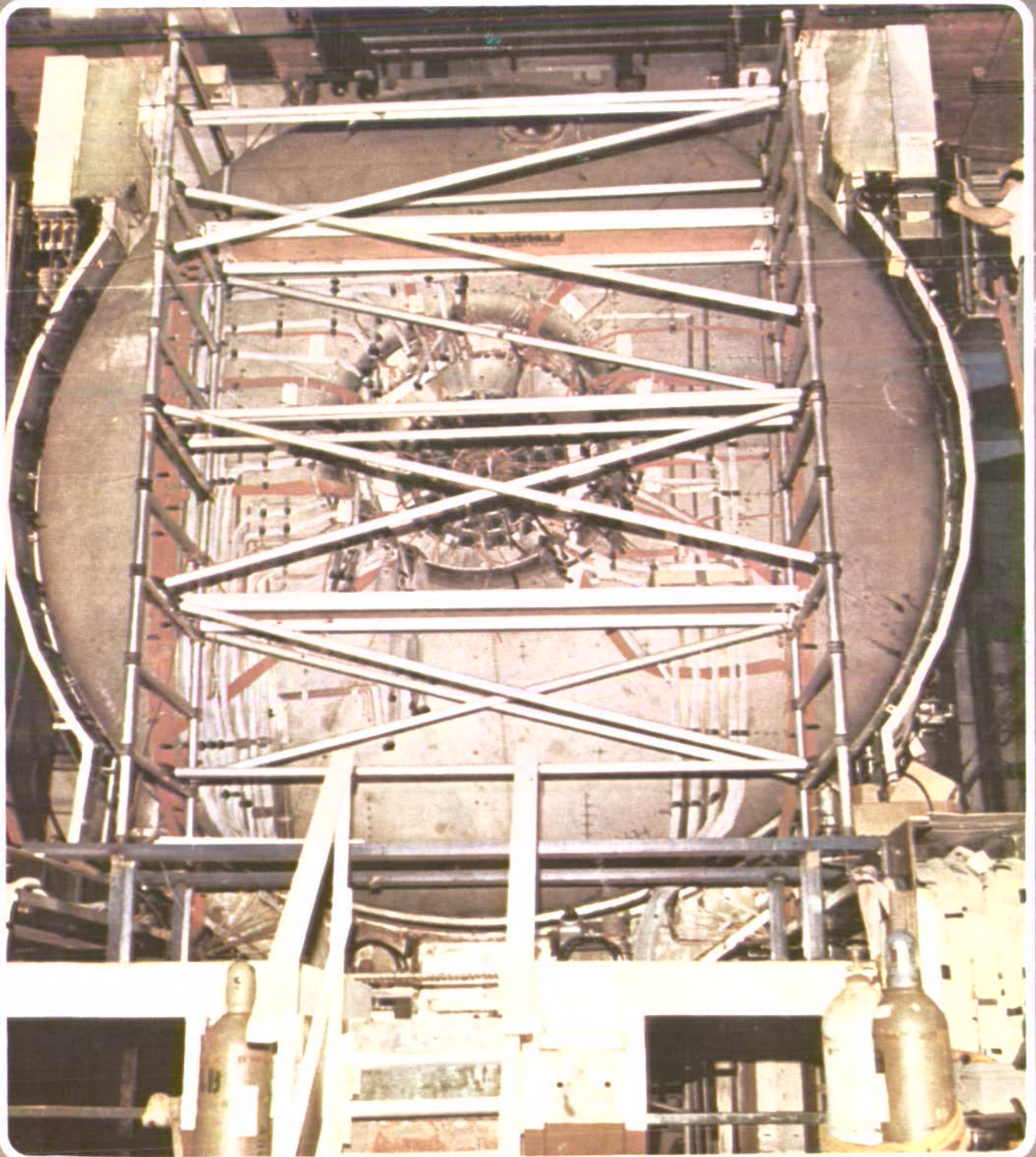


آموزش فیزیک

رشد

شماره ۲۳۰

سال پنجم - تابستان ۱۳۷۰ - شماره مسلسل ۱۵



رشد آموزش فیزیک

سال هفتم - تابستان ۱۳۷۰ - شماره مسلسل ۲۵

نشریه گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب
درسی، تلفن ۴ - ۸۳۹۲۶۱ داخلی (۴۳)

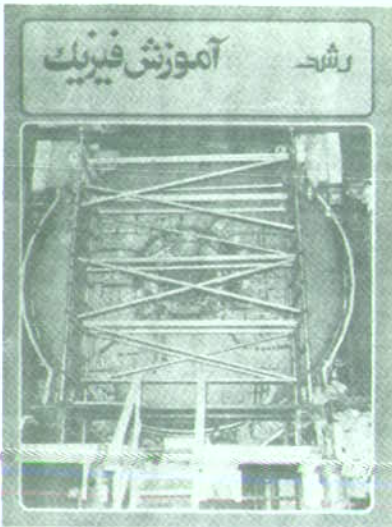
مجله رشد آموزش فیزیک هر سه ماه یکبار به منظور اعتلای دانش دبیران
و دانشجویان دانشگاهها و مراکز تربیت معلم و سایر دانش‌پژوهان در این
رشته منتشر می‌شود. جهت ارتقاء کیفی آن نظرات ارزنده خود را به
صندوق پستی تهران ۳۶۳ - ۱۵۸۵۵ ارسال فرمائید.

سر دبیر: اصغر لطفی

مدیر داخلی: سید مرتضی میرخانی

مسئول هماهنگی و تولید: فتح‌الله فروغی

صفحه‌آرا و رسام: خالد قهرمانی دهکری



روی جلد: نوعی آشکار ساز

۳		پیشگفتار
۴	دکتر ابوالقاسم فلسفیه	سرگذشت فیزیک
۸	دکتر منیره رهبر	ماتی فیزیک هسته‌ای
۱۶	دکتر نورالدین بهین آیین	فیزیک، نقش آن در رشد تفکر منطقی و چگونگی آموزش آن
۱۸		پرستشها و باسختیهای تشریحی چهارمین المپیاد فیزیک ایران ۱۳۷۰
۲۵	دکتر شاهین روحانی	فضا و زمان
۳۰	حسعی وحید	آزمایش میدان مغناطیسی و نور - اثر فارادی
۳۲	دکتر عزت‌الله ارضی	یادبود جان باردین
۳۴	دکتر صمد فرخی	نشأدهنده سیکلوترون
۳۷	دکتر منیره رهبر	مسائل ششمین المپیاد بین‌المللی فیزیک
۴۰	سیامک جعفری	ریاضیات نوترون جادویک
۴۲	امیر آقامحمدی	قیود و نیروهای قیدی
۴۵		اخبار علمی
۴۶		سوالات امتحانات نهایی خرداد ۱۳۷۰
۵۰	دکتر علی توفیقی نیایکی	ذرات بنیادی
۶۴	دکتر عزت‌الله ارضی	کلاوس فون کلیتسینگ

کنفرانس علمی دبیران ریاضی و فیزیک استان مازندران

در پیشگفتار شماره ۲۰ - ۱۹ بهار ۱۳۶۹ رشد آموزش فیزیک با عنوان «ششمین کنفرانس فیزیک ایران» یادآور شدیم که: «... با سیر سریع علوم، معلم علوم به خصوص علم فیزیک باید در حال آماده باش باشد.» بسیاری از دبیران شرکت کننده در این کنفرانس با علاقه مندی زیاد پیشنهاد کرده اند که ترتیبی مقرر شود تا دبیران هم بتوانند همانند انجمن تخصصی دانشگاهی و به موازات آنها در امر آموزش پیشداشته گاهی به تبادل نظر بپردازند... جامعه ما از لحاظ علمی نوپا و تازه به راه افتاده است. تشکیل چنین مجامعی می تواند یکی از عوامل مهم رشد و توسعه علوم در کشور باشد. گفتگو و تبادل نظر درباره مسائل مشترک، مباحثه و مبادله آگاهیهای علمی و دیدارهای دوستانه، کمترین نمر این گونه گردهمایی هاست...»

خوشبختانه اداره کل آموزش و پرورش استان مازندران با تشکیل «کنفرانس علمی دبیران ریاضی و فیزیک استان مازندران» در بهار سال ۱۳۷۰ گام مؤثری در این راه برداشت و به این تقاضا جامه عمل پوشاند. بیش از همه باید به مدیریت کل آموزش و پرورش این استان و همه عوامل اجرایی کنفرانس، که پیشاهنگ یک امر علمی و اجتماعی مهم بوده است، تبریک گفت و امیدوار بود که سایر استانهای کشور نیز مقدمات تشکیل چنین کنفرانسهایی را فراهم سازند.

این کنفرانس با شرکت دبیران ریاضی و فیزیک مازندران و با حضور گروهی از استادان ریاضی و فیزیک دانشگاهها (از جمله تهران، صنعتی شریف، شیراز و تربیت معلم) در شهرستان محمودآباد در تاریخ ۱۷ و ۱۸ و ۱۹ اردیبهشت ماه برگزار شد.

* در این کنفرانس سه روزه، سخنرانیهایی درباره فیزیک هسته ای، فضا - زمان، ذرات بنیادی، نیروهای قیدی و آموزش علوم،... و یک سخنرانی همراه با آزمایش ایراد شد که مشروح آنها در مجله رشد آموزش فیزیک انتشار می یابد. این گونه سخنرانیهایی علمی

وقتی برنمر خواهد بود که سخنران کمترین وقت لازم را برای بیان مطلب داشته باشد و به خصوص در پایان هر سخنرانی فرصت هر چند کوتاه برای پرسش و پاسخ باشد. اگر چه توانایی گوینده و علاقه مندی شنوندگان به موضوع سخنرانی می تواند بر مشکل کمبود وقت فائق آید، اما در تنظیم سخنرانی، لزوماً باید این نکته دقیق، مورد توجه قرار گیرد. علاوه بر آن هر قدر این گونه سخنرانیهایی با مطالب و آزمایشهای فیزیک متوسطه ارتباط بیشتری داشته باشد، مفیدتر خواهد بود.

* مهمترین و پربارترین جلسه های کنفرانس مربوط به جلسه های گفت و شنود علمی بود. سوالات مطرح شده و پاسخ بعضی از آنها در رشد آموزش فیزیک، در فرصت مناسب، انتشار خواهد یافت.

شوق و علاقه معلمان در این جلسه ها معرف نیاز شدید معلمان علوم کشور به «آموزش مستمر» است. مجموعه این پرسش و پاسخها می تواند اساس تألیف «کتاب معلم» باشد که جای خالی آن در آموزش فیزیک متوسطه به شدت احساس می شود.

در دو دهه اخیر شیوه «آموزش علوم» در کشورهای پیشرفته به سرعت تغییر و تکامل یافته است. تشکیل چنین کنفرانسهایی، جلسه تبادل نظر دبیران، انتشار مجلات، تألیف کتابهای کمک درسی، اعزام معلمان به تحصیل، ایجاد فرصت مطالعاتی برای ارتقاء سطح دانش معلمان، جزو امور ضروری اولیه است که باید مورد عنایت وزارت آموزش و پرورش قرار گیرد.

* قدرشناسی و ادای احترام فرهنگیان استان مازندران نسبت به استادان و دبیران پیش کسوت، مهمان نوازی شایان و شادمانه میزبان، به سنت دیرین اسلامی و ایرانی، همزمان با فصل جسان نواز بهار مازندران، به کنفرانس معنویت خاصی بخشید که یاد خوش آن برای شرکت کنندگان همواره باقی خواهد ماند.

سرگذشت فیزیک

۱- فیزیکدانان (از فاراده تا ماکسول)

۲- تاریخ (مختصر)

۳- اوستیک

۴- نور (انرژی، سرعت، نور)

۵- ترمودینامیک

۶- طیف نور (تجزیه)

دکتر ابوالقاسم قلمسیاه

دنباله

از فاراده تا ماکسول (از ۱۸۳۵ تا ۱۸۸۰ م.)

تحقیق درباره خطوط طیف در این زمینه آسان شد. به موازات این تحقیقات، کارهایی نیز روی پرتوهای فرابنفش انجام گرفت و سبب شد که این پرتوها نیز بعنوان نور نامرئی شناخته شوند.

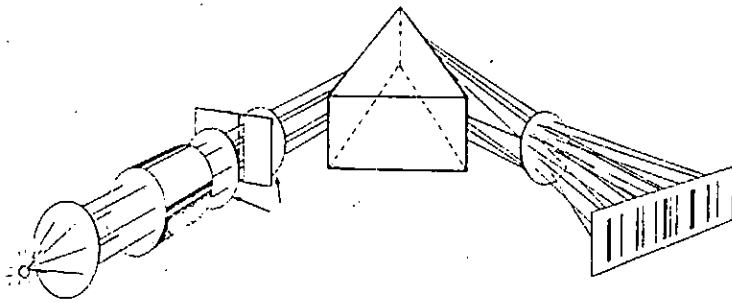
در ۱۸۶۹ م. شارل کرو^۸ دانشمند و شاعر فرانسوی (۱۸۴۲ - ۱۸۸۸) و دوکو^۹ - دو - هورون^۱، عکاسی رنگی به طریقه سه رنگ (trichrome) را اختراع کردند.

آغاز تجزیه و تحلیل طیفی - در میان ابهاماتی که بر نخستین اکتشافات قرن سایه افکنده بودند یکی از آنها مدت طولانی بدون پاسخ ماند، و آن وجود خطوط تاریک در طیف خورشید بود. وضع این خطوط با دقت تعیین شده بود، حتی متوجه شده بودند که بعضی از آنها دقیقاً بر خطوط روشن حاصل از عناصر شناخته شده منطبق می شوند، لیکن به نظم دادن و همپایه ساختن آنها نرسیده بودند. حل مسئله بصورت مطلوب توسط دو دانشمند آلمانی: گوستاو روبرت کیرشهوف^{۱۱} (۱۸۲۴ - ۱۸۸۷) و روبرت ویلهلم بسونزن^{۱۲} (۱۸۱۱ - ۱۸۹۹) صورت گرفت که همکاری طولانی و تنگاتنگ داشتند. آنان برای این منظور از طیفنما (اسپکتروسکوپ) که توسط

این، روش فوکو مزیت قابل توجه دیگری داشت و آن امکان اندازه گیری در فواصل بسیار کوتاه بود و تعیین سرعت نور در محیط های دیگر را ممکن می ساخت. فوکو که خود آزمایشگر قابلی بود بلافاصله سرعت نور را در آب اندازه گرفت و مقدار ۲۲۱۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه بدست آورد. این مقدار بطور وضوح کمتر از سرعت نور در هوا بود. نتیجه ای که، پس از گذشت دو قرن، به فرما علیه دکارت حق داد.

از ۱۸۳۰ م، ماسیدونیو میلونی^۵، به کمک پیل گرما - برقی (ترمواکترونیک) که خود مخترع آن بود، به تحقیقات طولانی روی پرتوهای فروسرخ (زیرقرمز) پرداخت؛ او نشان داد که باز تابش و شکست این پرتوها درست مانند نور معمولی است و نتیجه گرفت که آنها پرتوهای نامرئی طیف نور هستند. در اینجا لازم است متذکر شویم که با اختراع تابشسنج (بولومتر)^۶ در ۱۸۸۱ م. (اسبایی بغایت حساس که انرژی تابش برق - مغناطیسی را، در ناحیه بعضی از طول موجها، بر اساس تغییر مقاومت یک رشته سیم بسیار باریک در اثر گرمای تابش تا میلیونیم درجه اندازه می گیرد) توسط سمیوئل پیرسانت لنگلی^۷ دانشمند آمریکایی (۱۸۳۴ - ۱۹۰۶)،

پیشرفتهای نورشناسی (اوستیک) - اندازه گیری سرعت نور به روش کاملاً فیزیکی از موفقیت های این دوره بود. تا آن زمان روشی غیر از روش نجومی رومر نمی شناختند. دو فیزیکدان فرانسوی، یکی ژان برنارلئون فوکو^۱ (۱۸۱۹ - ۱۸۶۸ م.) و دیگری آرمان ایبولیت لوسی فیزو^۲ (۱۸۱۹ - ۱۸۹۶) به این اندازه گیری پرداختند. ابتدا با هم کار می کردند، ولی بعدها بینشان کدورت ایجاد شد و هر یک جداگانه بکار پرداخت. این تفرقه اندکی موفقیت آنان را به تاخیر انداخت. فیزو قبل از فوکو در این اندازه گیری موفق شد. او با روش چرخ دندانه دارش زمان رفت و برگشت نور را در یک فاصله هشت کیلومتری (بین سورن^۳ و مونمارتر^۴)، که کمتر از ده میلیونیم ثانیه بود، اندازه گرفت و سرعت انتشار نور را ۳۱۵۳۰۰ کیلومتر در ثانیه بدست آورد. یکسال بعد، فوکو روش آینه چرخان را، که بسیار دقیقتر بود، ابداع کرد. این روش امکان می داد که زمان رفت و برگشت نور را در فاصله چند متری اندازه بگیرند. فوکو با این روش سرعت نور را ۲۹۸۱۸۷ کیلومتر بر ثانیه بدست آورد که نسبتاً دقیق تر بود (امروزه سرعت نور مورد قبول $c = 299792458$ کیلومتر بر ثانیه برآورد شده است). علاوه بر



منشور دستگاه طیف‌نگار، طیف حاصل از منبع نور را روی فیلم یا صفحه عکاسی تشکیل می‌دهد:

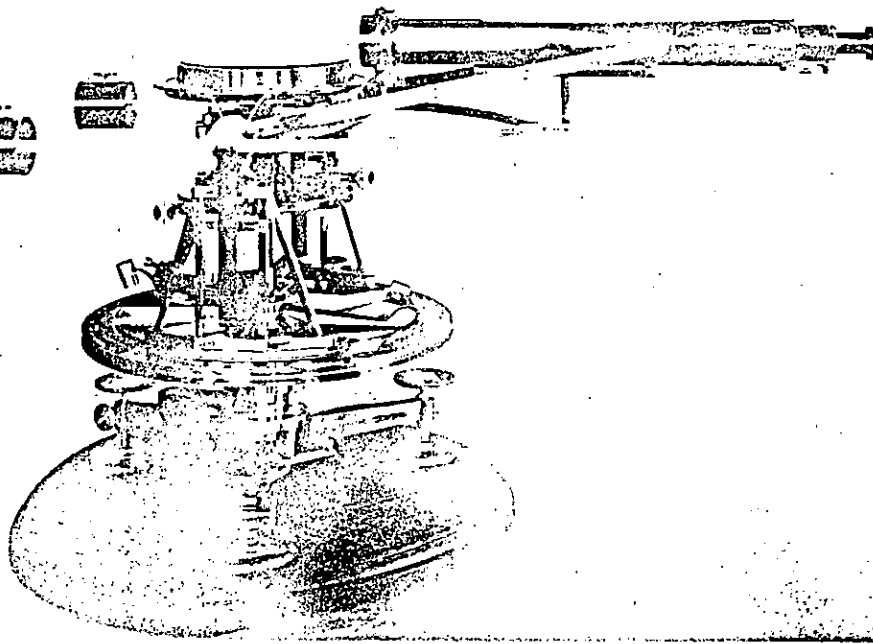
اگر لوله‌ی محتمری یک گاز یا بخار یا مایع رنگینی در مسیر باریکه نور قرار داده شود طیف جذبی آن بدست می‌آید «خطوط طیف» (که تصویر شکاف باریک مستطیل شکل هستند) روی صفحه عکاسی دیده می‌شوند.



گوستاو روبرت کیرشهوف ۱۸۲۴ - ۱۸۸۷

کیرشهوف اختراع شد، و از یک مشعل خاص که سازنده آن بونزن بود (مشعل بونزن) استفاده کردند. آنان صریحاً اعلام نمودند که هر جسم ساده (عنصر) دارای خطوط طیفی مشخص مخصوص بخود می‌باشد که بستگی به طریقه بررسی آن جسم ندارد. بدین وسیله طریقه آسانی برای تجزیه و تحلیل یک جسم از راه مطالعه خطوط طیفی آن پیدا شد. علاوه بر این آنان با مطالعه دقیق خطوط تاریکی که در طیف جذبی اجسام تشکیل می‌شد در ۱۸۶۰ کشف کردند که یک عنصر دقیقاً همان پرتوهایی را جذب می‌کند که می‌تواند آنها را گسیل دارد. این پدیده مهم وجود خطوط تاریک در طیف خورشید را توضیح می‌داد و ثابت می‌کرد که جو خورشید از همان عناصری تشکیل شده است که در زمین وجود دارند.

۴ بدین ترتیب آنالیز طیفی بظهور رسید؛ فیزیک کاربرد جدیدی در شیمی پیدا کرد و آن کشف عناصر جدید از راه مطالعه دقیق خطوط طیفی آنها بود: در ۱۸۶۰، بونزن و کیرشهوف نمک طعام ناحیه استاسفورت^{۱۱} را مورد آزمایش قرار دادند و خطوط ناشناخته‌ای را در طیف حاصل از آن کشف کردند؛ در نتیجه به وجود اجسام ناشناخته‌ای در این نمک پی بردند، و پس از عمل جداسازی طولانی، دو



یکی از طیف‌سنج‌هایی که توسط فرونهوفر بکار رفته است. هنگام استفاده از آن، منشور روی صفحه مسطح (بالای تصویر) قرار داده می‌شود.

۱۹۱۹ م.) عنصر تالیوم را در ۱۸۶۲ کشف کرد؛ عنصر ایندیوم در ۱۸۶۴ توسط رایش^{۱۴} و ریشر^{۱۵} آلمانی، و عنصر گالیوم در ۱۸۷۶ توسط لوکوک - دو - بوآبودران^{۱۶} فرانسوی

عنصر روییدیوم و سزیوم را از آن استخراج کردند؛ شیمیدانان دیگر، روش مؤثر آنان را تعقیب نمودند؛ از جمله سر ویلیام کروکس^{۱۳} فیزیکیان و شیمیدان انگلیسی (۱۸۳۲ -



قسمتی از طیف خورشید که بوسیله طیف نگارهای نوین تهیه شده است.

کشف شد.

ستاره‌شناسان نیز از این روش استقبال کردند؛ با استفاده از طیفنما در وسایل کار خود، توانستند طیفهای ستارگان مختلف را مورد بررسی قرار دهند و ترکیب شیمیایی آنها را، که نیم قرن پیش حتی تصور آنرا نمی‌کردند و افسانه بود، پیدا کنند.

در ۱۸۶۸ سِر جوزف نورمن لاکیر^{۱۷} منجم انگلیسی (۱۸۳۶ - ۱۹۲۰) (که از پیشروان تحقیق طیفی در ستارگان است) و ژول ژانسن^{۱۸} منجم و فیزیکدان فرانسوی (۱۸۲۴ - ۱۹۰۷) (که مأموریت‌های علمی متعددی از جمله تعیین استوای مغناطیسی در کشور پرو و مطالعه در مغناطیس زمین در جزایر آسور انجام داد و رصدخانه‌ای در مونمارتر تاسیس کرد) همزمان خطوط طیفی غیرمنتظره‌ای در طیف خورشید مشاهده کردند و به وجود عنصر ناشناسی در اطراف خورشید پی بردند که هلیوم نامیده شد؛ این نتیجه در ۱۸۹۵ توسط سِر ویلیام رمزی^{۱۹} شیمیدان اسکاتلندی (۱۸۵۲ - ۱۹۱۶) که هلیوم را کشف کرد مورد تأیید قرار گرفت.

علاوه بر اینها، به کمک طیفنمایی سرعت حرکت ستارگان نسبت به زمین معین شد: کریستیان یوهان دوپلر، فیزیکدان و ریاضیدان اتریشی (۱۸۰۳ - ۱۸۵۳) در ۱۸۴۲ اصلی را بیان کرد که بموجب آن ارتفاع صوتی که بگوش یک شنونده می‌رسد در نتیجه حرکت نسبی شنونده و منبع تولید صوت تغییر

می‌کند. (اثر دوپلر) در ۱۸۴۸ نیز در این اصل را در مورد امواج نور تعمیم داد. بهمین جهت اصل تعمیم یافته دوپلر را اصل دوپلر - فیزو نیز می‌نامند. تغییر بسامد نوری که از ستارگان به زمین می‌رسد به جابجایی جزئی خطوط طیفی آنها و در نتیجه تغییر طول موج مربوط به این خطوط تعبیر می‌شود که منجر به اندازه‌گیری سرعت حرکت ستاره در امتداد شعاع رؤیت آن می‌گردد. براین اساس، در ۱۸۶۸ برای نخستین بار سرعت حرکت یک ستاره اندازه گرفته شد.

تولد گرما - پویائی (ترمودینامیک) -

در نیمه اول قرن نوزدهم اصطلاحی که رواج فراوان داشت «کالوریک» بود که به ماده فرضی برای حرارت و به بعضی از نظریه‌ها درباره حرارت اطلاق می‌شد. از نظر لاووازیه، شیمیدان معروف فرانسوی، «کالوریک» سیال مادی فناپذیری بود که وی آنرا در فهرست عناصر آورده بود. ولی عده دیگری از دانشمندان، برعکس، ایجاد شدن و از بین رفتن گرما را ممکن می‌دانستند. کنارنو نظریه دوم را در سالهای پایان عمرش پذیرفته بود و بطوری که قبلاً متذکر شدیم او اندیشه اساسی نسبت بین کار و گرمای مبادله شده را در آخرین یادداشت‌های خود ارائه داد که مدتها بدون انتشار ماندند. اندکی بعد، مارک سیگن^{۲۰} مهندس فرانسوی (۱۷۸۶ - ۱۸۷۵) مخترع «دیک بخار لوله‌ای شکل» و پلهای معلق،



کریستیان یوهان دوپلر ۱۸۰۳ - ۱۸۵۳

نیز جداگانه به نتایج مشابهی رسیده بود و تصور «دمای مطلق» را به آن افزوده بود.

خلاصه آنکه با جای گرفتن دو اصل نامبرده در عرصه علم، پایه‌های محکم ترمودینامیک گذاشته شد و این دانش نوپا راهی جز پیشرفت نداشت.

زیر نویسها:

- ۱ - Foucault
- ۲ - Fizeau
- ۳ - Suresnes
- ۴ - Montmartre
- ۵ - Macedonio Melloni
- ۶ - bolometre
- ۷ - Langley
- ۸ - Cros
- ۹ - Ducos - Du - Hauron
- ۱۰ - Kirchhoff
- ۱۱ - Bunsen
- ۱۲ - Stassfurt
- ۱۳ - Krooks
- ۱۴ - Reich
- ۱۵ - Richter
- ۱۶ - Lecoq de Boisbaudran
- ۱۷ - Lockyer
- ۱۸ - Jansen
- ۱۹ - Ramsy
- ۲۰ - Seguin
- ۲۱ - Julius Robeot von Mayer
- ۲۲ - Grave
- ۲۳ - Helmholtz
- ۲۴ - Clapeyron
- ۲۵ - Clausius

همین اندیشه را اظهار کرد ولی آن را پیگیری نمود.

در ۱۸۴۲ یولیوس روبرت فون مایر^{۲۱} دانشمند آلمانی (۱۸۱۴ - ۱۸۷۵) در مقاله‌ای تحت عنوان «در باره نیروهای طبیعت بی‌جان» نخستین بیان دقیق اصل هم‌ارزی کار و گرما را اعلام کرد. این مقاله بسیار بی‌سروا و جسورانه تلقی شد ولی بواسطه وضوح و صراحتش مورد تحسین قرار گرفت. دانشمندان ذی‌علاقه از همه جوانب به این نظریه جدید، که جول (ژول) دانشمند انگلیسی نیز از آن دفاع می‌کرد، سر و صورت دادند. ژول که آزمایشگر قابل‌ی بود مقدار عددی هم‌ارز کار و گرما را بطور رضایت‌بخش بدست آورده بود. بدین ترتیب، پذیرفتن تفکر جدید خاتمه یافته تلقی شد.

طولی نکشید که این نظر بسط و توسعه یافت: سیر ویلیام رابرت گراو^{۲۲} دانشمند انگلیسی در ۱۸۴۳ از تبدیلات متقابل گرما، حرکت، نور، برق (الکتریسته) سخن به میان آورد. هرمان فون هلمهولتز^{۲۳} فیزیکدان آلمانی (۱۸۲۱ - ۱۸۹۴)، یکی از آخرین دانشمندان جامع‌العلوم، اظهار داشت که این تبدیلات همه صورتهای مختلفی از یک وجود حقیقی، یعنی «انرژی» هستند. که مقدار کل آن همواره بدون تغییر می‌ماند. بدین ترتیب او در ۱۸۴۷ اصل هم‌ارزی را تعمیم داد. کارنو، چنانکه قبلاً متذکر شدیم، با بیان اصل دوم موضوع مورد بحث را کامل کرد، ولی به نتایج کار وی توجهی نشد. کلا پیرون^{۲۴} فیزیکدان فرانسوی (۱۷۹۹ - ۱۸۶۴) که یکی از دوستان او بود تلاش کرد این اصل را از نوزنده کند ولی توفیقی نیافت. اما رودولف کلاوزیوس^{۲۵} فیزیکدان آلمانی (۱۸۲۲ - ۱۸۸۸) به نوبه خود آنرا مکتشف ساخت و به صورت کلی‌تر و ریاضی‌تر بیان نمود. او مخصوصاً اهمیت مفهوم نظری «انترپوی» را متصور شد. اصل کارنو نشان می‌داد که انترپوی یک سیستم مجرد همواره روبه‌افزایش می‌رود. لورد کلوین



یولیوس روبرت فون مایر ۱۸۱۴ - ۱۸۷۸



هرمان فون هلمهولتز ۱۸۲۱ - ۱۸۹۴



رودولف کلاوزیوس ۱۸۲۲ - ۱۸۸۸



مبانی فیزیک هسته‌ای

دکتر منیژه رهبر - گروه فیزیک دانشگاه تهران

۱- فیزیک هسته‌ای

۲- رادیواکتیویته (واپاشی)

۳- فیزیکدان (رادرفورد)

۴- اتم (مدل اتمی ساختار)

۵- ~~ساختار~~ (ساختار)

۶- تاریخچه فیزیک هسته‌ای

وسیله این ماده در اثر تعداد زیادی برخورد باشد که هر یک سبب انحرافی اندک می‌گردند.

طبق این مکانیسم زاویه انحراف ذرات باردار در هنگام عبور از یک ورقه نازک باید با جذر ضخامت ورقه یعنی \sqrt{x} افزایش یابد. (شکل ۱ - الف) تجربیات انجام شده در مورد پراکندگی ذرات بتا (B) این فرض را تأیید می‌کرد. البته ذرات B می‌توانستند در زوایای بزرگ منحرف شوند (بازتاب پخشیده)، ولی این مطلب با توجه به جرم اندک ذرات B شگفت‌انگیز نبود. در این زمان گایگر که پراکندگی ذرات α به وسیله ورقه طلا را با استفاده از روش سنتیلاسیون (سوسوزنی) بررسی می‌کرد، متوجه شد که ذرات α به تعداد زیاد در زوایای کوچک منحرف می‌شوند که با پیش‌بینی نظریه اتمی تامسون از نظر کیفی سازگار بود. رادرفورد به مارشمن که در آن زمان دانشجوی گایگر بود پیشنهاد کرد که به جستجوی پراکندگی در زوایای بزرگ بپردازد. انتظار می‌رفت که با توجه به جرم زیاد ذرات α در صورتی که برخورد با الکترونیایی که در محیط با بار مثبت بخش شده اند صورت گیرد، تعداد پراکندگی در زوایای بزرگ اندک باشد. نتیجه بدست آمده شگفت‌انگیز بود، زیرا نشان می‌داد که حتی برای ورقه‌های بسیار

طبق یک قضیه ریاضی هیچ دستگاه مشکلی از بارهای الکتریکی در حال سکون، در صورتی که نیروی بین بارها از نوع «معمولی» - یعنی تابع قانون عکس مجذور فاصله - باشد، نمی‌تواند پایدار بماند. شق دیگر ساختار هسته‌ای که در آن نیروهای شگفت بین ذرات هسته‌ای برقرار باشد، با توجه به نتیجه آزمایش «پراکندگی ذرات آلفا» (α) به وسیله ورقه‌های نازک فلزی» پیشنهاد شد. پراکندگی غیرمنتظره این ذرات سنگین در زوایای بزرگ با فرض «ساختار اتمی یکنواخت که در آن بار مثبت در سراسر اتم به طور یکنواخت پخش شده است و الکترون‌ها در این بار مثبت شناورند» ناسازگار است. آزمایش رادرفورد منجر به پیشنهاد یک هسته مرکزی برای اتم شد که قسمت عمده جرم اتم در آن متمرکز است.

اتم رادرفورد - بور

در هنگام اولین آزمایش پراکندگی ذرات α از ورقه‌های فلزی طبق نظریه جی. جی. تامسون فرض شده بود که اتم خنثی از تعدادی الکترون با بار منفی همراه با مقدار مساوی از بار مثبت تشکیل شده است که این بار به طور یکنواخت در حجم کره توزیع شده است. تصور می‌شد که پراکندگی ذرات باردار به

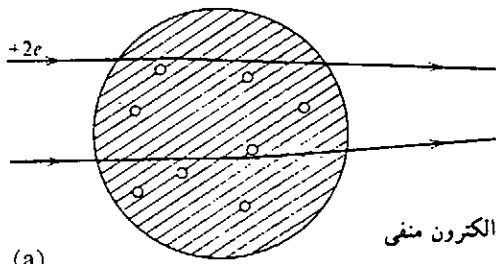
۱ فیزیک هسته‌ای در سال ۱۸۹۶ میلادی / ۱۲۷۵ هجری شمسی با کشف رادیواکتیویته طبیعی به وسیله بکرل بدون سروصدا متولد شد. کشف پرتو X توسط رونتگن در سال قبل از آن و نمایش وجود الکترون به وسیله تامسون در سال بعد این کشف را تحت الشعاع قرار دادند. در آن زمان پیش‌بینی نمی‌شد که تابش‌های عجیبی که از اورانیوم گسیل می‌شوند نمایانگر وجود هسته اتمی هستند که وجود آن در دو دهه بعد پدیده‌های مختلف مانند پرتوهای X و ساختار الکترونی اتم را هماهنگ می‌سازد و نیم قرن بعد، غنی‌ترین چشمه انرژی رادرفورد را در اختیار بشر می‌گذارد. موضوع گسترده فیزیک هسته‌ای که طی سالیان اخیر گسترش یافته است بر مبنای ساختارهای تجربی و نظری قرار دارد که همزمان پیشرفته‌اند. ساختار نظری هسته به طور عمده بر نظریه کوانتومی پلانک استوار است که در سال ۱۹۰۰ میلادی / ۱۲۷۹ هجری شمسی متولد شد و سپس به وسیله بور، شرودینگر، هایزنبرگ، دیراک، بورن و جوردن به بلوغ رسید. این نظریه خصوصیات قابل مشاهده ذرات مادی را با مفهوم طول موج دو بروی و اصل مکملیت بور که گاهی اصل دوگانگی موج - ذره نامیده می‌شود، مرتبط می‌سازد.

نازک طلا تعدادی از ذرات در زوایای بزرگتر از 90° پراکنده می‌شوند. این باور نکرده‌ترین واقعه زندگی رادرفورد بود. طبق گفته وی «درست مانند آن بود که شما یک گلوله توپ به قطر ۴۰ سانتی‌متر را به یک ورقه کاغذ شلیک کنید و گلوله برگشته به شما بخورد.»

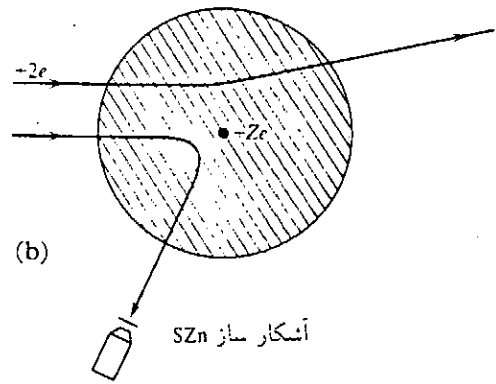
این واقعه باور نکرده‌ی در طی زمستان سال ۱۹۱۰ - ۱۹۱۱ میلادی / ۱۲۸۹ هجری شمسی فکر رادرفورد را به خود مشغول داشت. بعدها گایگر نوشت که یک روز رادرفورد با روحیه بسیار خوب وارد دفتر کار او شد و معمای انحراف در زوایای بزرگ را حل کرد. تصویر رادرفورد از اتم به این صورت بود که الکترون‌ها کره‌ای به شعاع $r = 10^{-11} \text{ m}$ را پر کرده‌اند ولی بار آنها به وسیله بار مثبت که در هسته‌ای با ابعاد $r = 10^{-12} \text{ m}$ متمرکز است، خنثی می‌شود. اگر اتم دارای Z الکترون باشد، بار هسته باید برابر $+Ze$ گردد. از آنجا که جرم الکترون در مقایسه با جرم اتم ناچیز است. علاوه بر بار مثبت قسمت اعظم جرم اتم نیز باید در هسته متمرکز باشد. رادرفورد با محاسبه‌ای ساده نشان داد که دافعه کولنی بین هسته یک اتم سنگین و ذره α سبب می‌شود که این ذره یک مسیر سهمی را طی کند (شکل ۱ - ب) به علاوه، افزایش سریع نیروی دافعه با فاصله سبب ایجاد میدان قوی لازم برای انحراف در زوایای بزرگ می‌گردد.

پیشنهاد وجود هسته اتم به وسیله رادرفورد، نظریه اتمی را به کلی دگرگون ساخت و تأثیری عمیق در فیزیک و شیمی به جای گذاشت؛ در مرحله نخست، مفاهیم خصوصیات اتمی و هسته‌ای کاملاً از یکدیگر جدا شدند. خصوصیات اتمی مربوط به الکترون‌های اتم بود که حرکت و برهم کنش آنها مسئول پیوند شیمیایی، طیف پرتو α ، نورانی و خصوصیات کلی ماده بود.

از طرف دیگر، هسته نسبتاً دور از دسترس می‌نمود و وجود آن به جز در بمباران به وسیله



(الف) کره با بار مثبت $(+Ze)$ حاوی Z الکترون منفی



(ب) کره با بار منفی $(-Ze)$

شکل ۱ - پراکنده‌ی ذرات آلفا (الف) به وسیله اتم تامسون و (ب) توسط هسته اتم.

ذرات سریع محسوس نبود. خصوصیات هسته‌ای در تغییرات عادی فیزیکی و شیمیایی ثابت می‌مانند. تغییر انرژی در واکنش‌های هسته‌ای بسیار بیشتر از تغییرات اتمی است. انرژی آزاد شده در فرایند رادیواکتیو که برابر انرژی جنبشی ذره گسیل شده به اضافه هسته پس زن ($\approx 5 \text{ Mev}$) در مقایسه با انرژی واکنش شیمیایی بین مولکولها ($\approx \text{lev}$) بسیار زیاد است. حتی قبل از فرض وجود هسته، این جنبه رادیواکتیو رادرفورد را متقاعد ساخته بود که مکانیسم جدیدی وجود دارد که در نظریه اولیه اتمی نادیده گرفته شده است.

آزمایش رادرفورد نشان داد که قانون کولن تا فواصل 10^{-11} m معتبر است. هیچ نیروی غیر عادی در قسمت اعظم حجم اتم حکمفرما نبود و پایداری اتم یا حرکت الکترون‌ها در حول هسته در مدارهای پایدار تأمین می‌شد. این مدل ساده و قوانین کوانتومی پلانک در سال ۱۹۱۳

میلادی / ۱۲۹۲ هجری شمسی توسط بور برای توجیه رابطه بین فرکانس خطوط در سری‌های بالمر اتم هیدروژن به طور موفقیت آمیزی به کار گرفته شد. در سالهای بعد اتم رادرفورد - بور با هسته‌ای به عدد جرمی A و بار $+Ze$ برای توجیه طیف نورانی به کار رفت. در طیف نمایی پرتوی α کار مولزلی نقش عدد بار Z را به عنوان عدد اتمی منحصر مربوطه تأیید کرد و مشخص شد که این عدد برای توجیه خصوصیات شیمیایی از وزن اتمی که بعداً ثابت شد مربوط به مخلوطی از ایزوتوپ‌های مختلف است، اساسی‌تر می‌باشد.

در فرایندهای رادیواکتیو، واکنش‌های متوالی اورانیوم (U)، توریوم (Th) و اکتینیوم (Ac) مستقیماً مربوط به هسته اتم بودند. گلیرغم موفقیت قابل ملاحظه اتم رادرفورد - بور، از ابتدا مشخص بود که این مدل طبق الکترو دینامیک کلاسیک ناپایدار است. یک الکترون با باز e که در یک مدار

بسته حرکت کند به طور پیوسته به طرف مرکز نیرو شتاب می‌گیرد و باید با آهنگ زیر تابش کند.

$$\frac{dw}{dt} = \frac{\mu_0 e^2 \dot{r}^2}{6Mc}$$

که در آن f شتاب لحظه‌ای و c سرعت نور است. بنابراین مدار آن باید به تدریج کوچک شود. فرض اساسی بور نفی این مطلب بود، یعنی حالت حرکت الکترون در اتم باید پایدار (بدون تابش) باشد. دومین فرض بور، یعنی کوانتیده بودن تکانه زاویه‌ای، (اندازه حرکت زاویه‌ای) مدارهای واقعی را در بین امکانات بسیار مشخص می‌کرد و طبق فرض سوم بور فرکانس نور گسیل شده در گذارهای اتمی بین حالات پایدار با انرژیهای E_i و E_f از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$h\nu = E_i - E_f$$

که در آن h ثابت پلانک است. اگرچه بور همواره بر تطابق نظریه‌های کوانتومی و کلاسیک در حد اعداد کوانتومی بزرگ تأکید می‌کرد، مقایسه مفاهیم کلاسیک و غیر کلاسیک در نظریه اتمی بور با پیشرفت این نظریه جذابیت خود را از دست می‌داد. مخصوصاً، علیرغم موفقیت‌های بسیار مفهوم فوتونهای با انرژی کوانتیده، به نظر می‌رسید که نور از هر جهت به صورت موج انتشار می‌یابد. رهیافت جدیدی به پدیده‌های اتمی به وسیله دوسروی پیشنهاد شد. وی در سال ۱۹۲۴ میلادی / ۱۳۰۳ هجری شمسی این ایده را مطرح کرد که الکترونها ممکن است رفتار موجی داشته باشند. تحقق تجربی فرضیه دوسروی در مورد امواج مادی با طول موج

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

برای ذره‌ای با تکانه p معروف است. روشهای تحلیل نظری بر طبق نظریات دوسروی در سال ۱۹۲۶ میلادی / ۱۳۰۵ هجری شمسی تحت عنوان مکانیک موجی به وسیله

شرودینگر گسترش یافتند.

در همین ایام رهیافت متفاوت اساسی‌تر به این مسئله به وسیله هایزنبرگ مطرح شد. او متوجه شد که خصوصیات موج گون ماده، لااقل تا جایی که به پدیده‌های اتمی مربوط است، تجدید نظری در روشهای تفکر سنتی را ایجاب می‌کند. هایزنبرگ پیشنهاد کرد که تصاویر تفصیلی و مدلهایی که با مقادیر مشاهده‌پذیر تجربی مطابقت ندارند مانند ایده مدارهای با شعاع معین برای الکترون در اتم یا پروتون در هسته نباید وارد نظریه شوند. بلکه فقط باید کمیت‌های مشاهده‌پذیر مانند انرژی و تکانه مورد بررسی قرار گیرند بنابراین فرکانسهای مداری، مفهوم خود را از دست دادند و احتمالات گذار پروتوزا جایگزین آنها شدند. بزودی مشخص شد که روش مناسب برای توصیف این گونه مشاهده‌پذیرها جبر ماتریسی است و مکانیک کوانتومی جدید به وجود آمد. بعداً نشان داده شد که مکانیک موجی شرودینگر دقیقاً معادل روش مکانیک کوانتومی است.

در هر دو سیستم محاسباتی، توزیع الکترونها باید به طور آماری بررسی شود، به طوری که دیگر تعیین محل دقیق الکترون در فضا امکان‌پذیر نیست بلکه فقط احتمال وجود آن در یک نقطه مشخص است. هر دو سیستم منجر به اصل معروف عدم قطعیت شدند که طبق آن دقت اندازه‌گیری کمیت‌هایی که به طور مکانیکی با یکدیگر مرتبطند به وسیله ثابت پلانک محدود شده است، یعنی

$$\Delta E \cdot \Delta t > h$$

$$\Delta p_x \cdot \Delta x > h$$

که در آن ΔE و Δt عدم قطعیت در انرژی و زمان مشاهده برای حالت معینی از ذره، Δp_x و Δx عدم قطعیت در تکانه خطی و مکان (در راستای x) و $h = \frac{h}{2\pi}$ است. روابط عدم قطعیت ارتباط نزدیکی با توصیف موجی ماده دارند و در حقیقت متکی به فرض دوگانگی موج - ذره می‌باشند.

در فیزیک هسته‌ای اغلب با ذراتی سروکار داریم که سرعت آنها در مقایسه با سرعت نور اندک است و برای مسائل از این نوع، روشهای غیرنسبیتی کفایت می‌کنند. رابطه معروف انرژی - جرم اینشتین در نسبت خاص

$$E = mc^2$$

در پیشنهاد موج مادی دوسروی در نظر گرفته شده بود، ولی این دیراک بود که فرم نسبیتی مکانیک کوانتومی را گسترش داد و وجود پادالکترون، یا پوزیترون، را پیشنهاد کرد. این ذره در سال ۱۹۳۲ میلادی / ۱۳۱۱ هجری شمسی در پرتوهای کیهانی کشف شد.

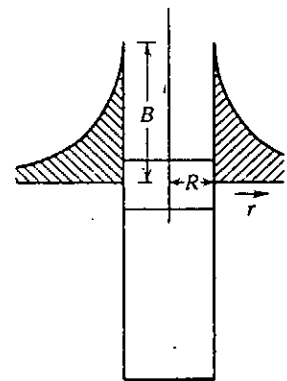
پائولی با در نظر گرفتن توزیع آماری الکترونها بین حالات ممکن حرکت نشان داده بود که باید علاوه بر مختصات فضایی، درجه آزادی جدیدی برای الکترون در نظر گرفته شود. هنگامی که گوداشمیت و اولنیک اسپین الکترون را پیشنهاد کردند، ملاحظه شد که این خصوصیت را می‌توان به طور رضایتبخشی وارد نظریه دیراک کرد. طبق اصل طرد پائولی، برای ذرات با اسپین نیم صحیح (kz و $\frac{k_x}{2}$)، فقط دو ذره (با اسپینهای مختلف جهت) در هر حالت حرکت می‌توانند وجود داشته باشند، این اصل، که توجیه جاری دستگاه تناوبی عناصر بر مبنای آن قرار دارد، همراه با اصل عدم قطعیت هایزنبرگ از اساسی‌ترین قوانین طبیعت هستند که توأمأ درک ساختار نظری پدیده‌های فیزیک هسته‌ای را امکان‌پذیر می‌سازند.

بار و شعاع هسته

مقدار بار هسته در ابتدا با آزمایش پراکندگی ذرات α توسط گایگرومارسدن تعیین شد. آزمایشهای دقیق‌تر توسط چادویک نشان داد که بار هسته برابر Ze است و آزمایشهای بعدی نیز این مطلب را تأیید کردند. خنثی بودن اتم از نظر الکتریکی و ساختار هسته‌ای متشکل از پروتون و نوترون ایجاب

می‌کنند که بار پروتون و الکترون با دقت بسیار زیاد مساوی و مختلف‌العلامت باشند. تساوی دقیق این مقادیر مورد سؤال است، مخصوصاً از نظر اختر-فیزیکدانان، ولی هرگونه تفاوت در این مقادیر در ماورای حساسیت تجربی فعلی قرار دارد و ما فرض می‌کنیم که بار هسته مضرب درستی از اندازه بار پروتون است. با توجه به پراکندگی ذرات آلفا بار هسته در حجمی به شعاع کمتر از $3 \times 10^{-14} \text{ m}$ توزیع شده است. امروزه با استفاده از ذرات بدون ساختار مانند الکترون می‌توان این توزیع را با دقتی بیشتر تعیین کرد. بهر حال، گسترش پراکندگی ذرات α به هسته‌های هدف سبک انحرافی از قانون عکس مجذور فاصله را (که با توجه به نیروی کولنی بین ذرات آلفا و هسته هدف انتظار می‌رفت) نشان داد. این مطلب وجود نیروهای غیر کولنی را در فواصل کوتاه ایجاب می‌کند. سرد محدود، یکی از خصوصیات اصلی نیروی هسته‌ای است که در بخش مربوط به این نیرو مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

از نظر یک ذره باردار فرودی مانند پروتون یا ذره آلفا، پتانسیل هسته به صورت شکل ۲ است. در این شکل یک پتانسیل متاهی از نوع جاذبه هسته‌ای و یک پتانسیل دافعه کولنی نشان داده شده است. ترکیب یک نیروی



شکل ۲ - چاه پتانسیل ایده‌آلی به شعاع R با سدی به ارتفاع B. ذرات آلفا با انرژی کمتر از ارتفاع سد توسط سد پراکنده می‌شوند. گسیل ذرات آلفا با تونل‌زنی در این سد انجام می‌شود.

الکتریکی با برد بلند و یک نیروی هسته‌ای با برد کوتاه با آزمایشهای پراکندگی ذره α سازگار است. شعاع R فاصله‌ای از مرکز است که در آن نیروی هسته‌ای که دارای تقارن کروی در نظر گرفته شده است اساساً صفر می‌شود و در آن فاصله ارتفاع سد پتانسیل از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$B = \frac{zZe^2}{4\pi\epsilon_0 R}$$

که در آن Ze بار ذره فرودی است. با استفاده از رابطه فوق برای هسته اورانیوم، R در حدود $8 \times 10^{-15} \text{ m}$ بدست می‌آید و ارتفاع سد در حدود 17 MeV به ازاء واحد پار فرودی است. بنابراین ذرات آلفای حاصل از کلیه عناصر رادیو اکتیو طبیعی طبق قانون رادرفورد از هسته پراکنده می‌شوند. بهر حال، خود اورانیوم (^{238}U) آلفاگسیل است و ذرات آلفای با انرژی $4/2 \text{ MeV}$ باید از این سد عبور کنند. این مطلب از نظر فیزیک کلاسیک غیرممکن است. ولی از نظر مکانیک موجی عبور از سد امکان‌پذیر است و می‌توان احتمال آنرا محاسبه کرد. طبق مکانیک کلاسیک، ذرات آلفای حاصل از اورانیوم در داخل سد دارای انرژی جنبشی منفی هستند ولی از نظر مکانیک کوانتومی انرژی را باید تا اندازه‌ای که از اصل عدم قطعیت بدست می‌آید در زمان عبور از سد نامعین در نظر گرفت. هنگام خروج از سد ذره آلفا دارای انرژی جنبشی صفر است ولی در اثر نیروی دافعه کولنی شتاب می‌گیرد و در فواصل دور از هسته به انرژی نهایی خود می‌رسد.

شعاع R که از رابطه اخیر بدست می‌آید به نام شعاع پتانسیل معروف است، زیرا فاصله‌ای است که در آن نیروی هسته‌ای به وسیله پروتون یا نوترون حس می‌شود. به علت برد محدود نیروهای هسته‌ای این شعاع اندکی از (الف) شعاع توزیع ماده و (ب) شعاع توزیع بار بزرگتر است. شعاع توزیع ماده را می‌توان با در نظر گرفتن فرضهایی چند از شعاع پتانسیل

بدست آورد. شعاع توزیع بار را می‌توان مستقیماً با بررسی میدان الکترومغناطیسی هسته با گاوهای چون الکترونها و میونهای پر انرژی که به نیروی هسته‌ای حساس نیستند بدست آورد.

غالباً توزیع فضایی بار هسته‌ای یعنی چگالی پروتونها در هسته را مهم‌ترین معیار اندازه هسته در نظر می‌گیرند. این مطلب نه تنها به خاطر آنست که این توزیع را با دقت بسیار می‌توان اندازه گرفت، بلکه به واسطه نیروی جاذبه قوی بین نوترونها و پروتونها مقدار آن با توزیع کلی نوکلئونها رابطه نزدیک دارد.

با در نظر گرفتن هسته به صورت یک قطره مایع متشکل از پروتون و نوترون حجم آن با A یعنی مجموع تعداد پروتونها و نوترونهای هسته متناسب خواهد بود و در نتیجه شعاع هسته با $A^{1/3}$ متناسب می‌شود.

$$R = R_0 A^{1/3}$$

جرم هسته

ترازهای انرژی اتم هیدروژن بر حسب ثابت ریذبرگ R_H برای اتم هیدروژن داده شده‌اند. این مقدار با ثابت ریذبرگ R_∞ برای یک هسته بینهایت سنگین طبق رابطه زیر مرتبط است

$$R_H = R_\infty \frac{M}{m + M}$$

در رابطه فوق m جرم الکترون و M جرم یک هسته هیدروژن مانند است. بنابراین، بدیهی است که انرژیها در نتیجه فرکانسهای خطوط طیف تابع جرم هسته خواهند بود. این مطلب برای اتمهایی که از نوع هیدروژن نیستند نیز درست است و هر ایزوتوپ مجموعه خطوط طیفی خود را ایجاد می‌کند. این اثر ایزوتوپی، کاملاً تابع جرم هسته است و اغلب برای ایزوتوپهای عناصر سبک قابل مشاهده است. برای ایزوتوپهای سنگین این اثر ناچیز می‌شود. ولی جرم هسته باعث تغییر انرژی دورانی و نوسانی مولکولهای دو اتمی نیز می‌شود. ایزوتوپهای ^{12}C ، ^{13}C ، ^{14}N ، ^{15}N و ^{16}O با تحلیل نوارهای الکترونی کربن، اکسیژن و نیتروژن

کشف شده‌اند. طیف دورانی دارای فرکانسی پایین‌تر از طیف معمولی است ولی می‌توان آن را با استفاده از روشهای میکروویوم مطالعه کرد. دو مقیاس برای اندازه‌گیری جرم وجود دارد. (الف) مقیاس استاندارد، در رابطه با کیلوگرم (ب) مقیاس جرم اتمی که با در نظر گرفتن جرم اتم نوکلئید ^{12}C برابر با $12/00000$ واحد جرم اتمی (a.m.u. با علامت m_u یا u) تعریف شده است.

واحد جرم اتمی با توجه به این که برای یک مول از ^{12}C (12.0000 kg)

$$1.012 \text{ kg} = N_A \times 12 m_u$$

که در آن N_A عدد آووگادرو است، به دست می‌آید

$$1 m_u = 1/661 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

انرژی معادل $931/48 \text{ Mev}$

مقیاس جرم مطلق به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا استفاده از آن از نظر عددی آسان نیست و محتوی فیزیکی اندازه‌گیریهای

جرم را نشان نمی‌دهد. در فیزیک هسته‌ای کلیه

جرمها بر مبنای مقیاس اتمی است، مقادیر جرم

برای اتمهای خنثی داده شده‌اند. زیرا این

جرمها در حقیقت مستقیماً از طیف‌سنجی

جرمی به دست آمده‌اند. جرم $M(A, Z)$ یک

نوکلئید با عدد جرمی A و عدد اتمی Z با جرم

هسته با رابطه زیر مربوط می‌شود.

$$M(A, Z) = M_N + Z m_e - B(Z)$$

که در آن m_e جرم الکترون و $B(Z)$ انرژی

بستگی کل الکترونی بر حسب واحد جرم اتمی

است. در رابطه فوق $B(Z)$ فقط در حدود 10^{-4}

درصد جرم $M(A, Z)$ است و بنابراین اثر آن

قابل چشمپوشی است.

مقیاس جرم اتمی یک مقیاس نسبی است.

این مقیاس دارای این مزیت است که در آن

می‌توان جرمهای اتمی را با دقتی بسیار بیش از

مقیاس مطلق (kg) تعریف کرد. زیرا طیف

سنجی جرمی غالباً بر مبنای اندازه‌گیریهای

مقایسه‌ای است.

در حال حاضر جرم کلیه ایزوتوپهای پایدار

با روشهای دقیق طیف‌سنجی جرمی تعیین

شده است. برای ایزوتوپهای ناپایدار با تعیین انرژی آزاد شده در واکنشهای هسته‌ای و یا در فرایندهای واپاشی می‌توان اطلاعات دقیقی در مورد جرم این ایزوتوپها به دست آورد. دقت اندازه‌گیری در این مورد در حدود 3.0 a.m.u است که بهتر از یک قسمت در 10^6 می‌باشد. تغییر جرم با انرژی آزاد شده در یک واکنش هسته‌ای طبق رابطه معروف اینشتین در ارتباط است

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

اولین نتیجه‌گیری بدیهی از جدلول جرم

اتمى این است که جرم ایزوتوپها در مقیاس

جرم اتمى به اعداد صحیح نزدیک هستند ولی

اعداد کاملاً صحیح نیستند. علاوه بر آن جرم

هسته کمتر از جرم اجزاء تشکیل دهنده آن

است. این تفاوت جرم طبق رابطه فسوق در

هنگام تشکیل هسته از اجزاء تشکیل دهنده آن

به انرژی تبدیل شده است و برای شکستن

هسته به این اجزاء باید به مقدار فوق انرژی

مصرف کرد. این انرژی را انرژی بستگی

می‌نامند و از رابطه زیر به دست می‌آید

$$B(A, Z) = [Z M_H + (A - Z) M_n - M(A, Z)] c^2$$

بدیهی است که هر چه هسته سنگین‌تر شود

انرژی بستگی آن بیشتر خواهد بود. بنابراین،

مقدار فوق معیاری از چگونگی بستگی اجزاء

تشکیل دهنده هسته نخواهد بود. انرژی بستگی

متوسط یا انرژی بستگی بر نوکلئون که از

رابطه زیر به دست می‌آید

$$B_{ave}(A, Z) = \frac{B(A, Z)}{A}$$

معیاری مناسبتر برای بررسی هسته‌ها می‌باشد.

بررسی انرژیهای بستگی هسته‌ای

نتایج طیف‌سنجی جرمی هسته‌های پایدار

نه تنها در جداول جرمی بلکه بر حسب انرژی

بستگی بر نوکلئون بر حسب عدد جرمی بر

روی منحنی تیز داده شده‌اند. بارزترین جنبه‌ها

این نمودار عبارتند از:

(الف) مثبت بودن انرژی بستگی برای کلیه

هسته‌ها به این معناست که هسته از مجموعه

نوترونها و پروتونهای تشکیل دهنده آن

پایدارتر است. این مطلب در صورت وجود

نیروهای جاذبه (هسته‌ای) بین اجزاء هسته

صحیح خواهد بود. از آنجا که هسته کاملاً فرو

نمی‌ریزد این نیروها باید در فواصل بسیار

کوتاه از نوع دافعه گردند.

(ب) افزایش سریع انرژی بستگی بر

نوکلئون برای هسته‌های سبک با قله‌های بارز

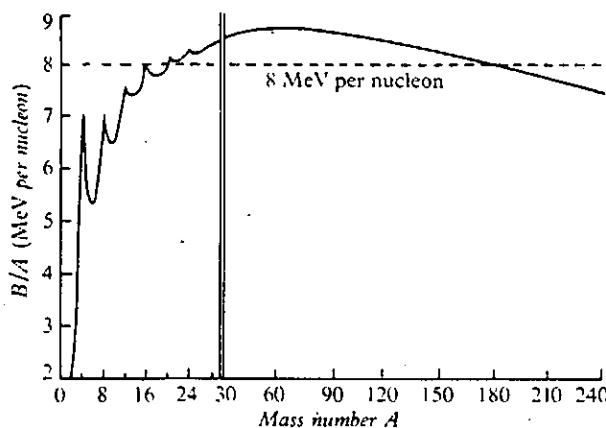
در $A = 4$ (^4He) و قله‌های بیشتر برای $A = 4n$

(^8O , ^{12}C , ^{16}O , ^{20}Ne , ^{24}Mg). این مطلب،

پایداری عجیب ساختار ذره α را نمایان

می‌سازد. این پایداری به طور طبیعی در کلیه

نظریه‌های مربوط به هسته که در آن یک حالت



شکل ۳ - انرژی بستگی متوسط به نوکلئون بر حسب عدد جرمی برای نوکلئیدهای طبیعی

مداری معین حاوی فقط دو پروتون و دو نوترون با اسپینهای مختلف جهت است، به وجود می آید.

(ج) تساوی تقریبی انرژی بستگی بر نوکلئون $(7/3 تا 8/7 \text{ Mev})$ برای کلیه هسته‌های با A بزرگتر از ۱۶، به طوری که به جز برای هسته‌های سبک می‌توان مقدار B را متناسب با A در نظر گرفت. این استقلال تقریبی انرژی بستگی بر نوکلئون از A نمایانگر کوتاه برد بودن نیروی هسته‌ای است اگر هر نوکلئون با کلیه نوکلئونهای دیگر موجود در هسته بستگی داشت با توجه به تعداد پیوندها در دستگاهی متشکل از A ذره که برابر $(A-1)A$ است. انرژی بستگی کل باید برابر

$$B(A, Z) = \frac{1}{4} A(A-1)C$$

می‌بود که C انرژی بستگی هر نوکلئون به نوکلئون دیگر است. بنابراین باید

$$B_{ave}(A, Z) = \frac{1}{4}(A-1)C$$

می‌شد و مقدار آن با افزایش A ، افزایش می‌یافت. ثابت بودن تقریبی B_{ave} نشان می‌دهد که کلیه نوکلئونهای موجود در هسته با یکدیگر پیوند ندارند، بلکه نیروی هسته‌ای فقط بین نوکلئونهای مجاور وجود دارد.

(د) یک کاهش تدریجی در B/A از مقدار ماکزیم $8/7 \text{ Mev}$ بر نوکلئون در $A=60$ به $7/3 \text{ Mev}$ بر نوکلئون در $A=238$ مشاهده می‌شود. این کاهش مربوط به اثر دافعه بار هسته‌ای است که مقدار آن برخلاف نیروی هسته‌ای با افزایش تعداد پروتونهای هسته افزایش می‌یابد و محدودیتی در مورد تعداد عناصری که می‌توان تشکیل داد به وجود می‌آورد.

نیروی هسته‌ای

یکی از مسائل اصلی در فیزیک هسته‌ای درک طبیعت نیروی مؤثر بین نوکلئونهاست. بنابراین می‌خواهیم بدانیم که چه چیزی اجزاء هسته را به یکدیگر متصل می‌کند. نیروهایی که

در فیزیک کلاسیک یا فیزیک اتمی با آنها مواجه هستیم عبارتند از نیروی گرانشی و نیروی الکترومغناطیسی. آیا این نیروها می‌توانند مسئول پیوند اجزاء هسته بیکدیگر باشند؟ این کار مسلماً از نیروی الکترومغناطیسی ساخته نیست، زیرا نوترونها بدون بارند و در نتیجه نیروی الکترومغناطیسی را حس نمی‌کنند، نیروی الکترومغناطیسی بین پروتونهای با بار مثبت از نوع دافعه بسیار شدید است که تمایل به دور کردن اجزاء هسته از یکدیگر دارد. نیروی گرانشی بین هر زوج نوکلئون از نوع نیروی جاذبه است ولی شدت آن با ضریب 10^{-38} از نیروی دافعه بین پروتونها کمتر است، بنابراین اثر این نیرو در کلیه پدیده‌های اتمی و هسته‌ای قابل چشمپوشی است.

بنابراین، دو نیروی فوق‌الذکر نمی‌توانند وجودهسته را توجیه کنند. تنها توجیه در این مورد در نظر گرفتن نیروی سومی در طبیعت است که به نام نیروی هسته‌ای معروف می‌باشد. فوراً متوجه می‌شویم که این نیرو باید بسیار قوی باشد زیرا می‌تواند علیرغم دافعه شدید کولنی بین پروتونها اجزاء هسته را بیکدیگر متصل کند. از طرف دیگر ساختار مولکولی را می‌توان به طور دقیق با در نظر گرفتن نیروی الکترومغناطیسی به تنهایی توصیف کرد، بنابراین نمی‌توان نتیجه گرفت که در فواصل در حدود فاصله هسته‌ها در یک مولکول (10^{-10} m) نیروی هسته‌ای نقشی ندارد. بنابراین نیروی هسته‌ای، نیرویی با برد کوتاه است. در سال ۱۹۳۵ میلادی / ۱۳۱۴ هجری شمسی فیزیکدان ژاپنی یوکاوا پیشنهاد کرد که این رفتار نیروی هسته‌ای را می‌توان با در نظر گرفتن مبادله کوانتایی با جرم سکون مخالف صفر بین دو نوکلئون توجیه کرد.

برای درک این مطلب، ابتدا نیروی الکترومغناطیسی را در نظر می‌گیریم. میدان الکترومغناطیسی با معادلات ماکسول به طور کلاسیک توصیف شده است. برای توجیه

رفتار کوانتومی، باید میدان را کوانتیده کرد. این مطلب موضوع الکترودینامیک کوانتومی است که در اینجا به بررسی آن نخواهیم پرداخت. از نظر کیفی می‌توان گفت که میدانهای الکترومغناطیسی به وسیله آبرای از فوتونها جایگزین می‌شود و انرژی میدان برابر مجموع انرژی فوتونهاست. در این صورت نیروی بین اجسام باردار با مبادله فوتون بین آنها توجیه می‌شود. در مطالعه نیروی الکترومغناطیسی بین الکترون و پروتون فرض می‌شود که الکترون فوتونی گسیل کرده پروتون این فوتون را جذب می‌کند. در این فرایند، اندازه حرکت از الکترون به پروتون منتقل می‌شود. در مورد الکترونی که فوتون گسیل می‌دارد، اصل بقای انرژی نقض می‌شود. این تخلف از اصل بقای انرژی در صورتی مجاز است که فوتون فقط برای زمان Δt که از اصل عدم قطعیت هایزنبرگ $\Delta E \Delta t < h$ بدست می‌آید، وجود داشته باشد. فرایندی که فقط با تخلف از اصل بقای انرژی رخ می‌دهد را فرایند مجازی و فوتون مبادله شده در این فرایند را فوتون مجازی می‌خوانند.

مشابه پراکندگی الکترون - پروتون، پراکندگی نوکلئون - نوکلئون را به علت مبادله ذره X با جرم سکون مخالف صفر در نظر می‌گیریم. می‌توان جرم این ذره مبادله شده را با اندازه‌گیری برد نیروی هسته‌ای تعیین کرد. تخلف از بقای انرژی ΔE در اثر گسیل این ذره $m_x c^2$ است. مطابق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ این ذره می‌تواند برای زمان

$$\Delta t \leq \frac{h}{\Delta E} \approx \frac{h}{m_x c^2}$$

وجود داشته باشد. در این زمان حداکثر می‌تواند مسافت $c \Delta t$ را طی کند که در آن c سرعت نور است. اگر مقدار فوق را با برد نیروی هسته‌ای برابر بگیریم، برآوردی از جرم ذره مبادله شده خواهیم داشت.

$$m_x c^2 \approx \frac{\Delta E}{1/4 \times 10^{-13} \text{ cm}} \approx 140 \text{ Mev}$$

جداسازی رادیوم از سنگ معدن اورانیوم شدند. آنها دریافتند که رادیوم چندین میلیون بار از اورانیوم فعالتر است.

تابشهای گسیل شده از اورانیوم توجه رادرفورد را به خود جلب کرد و او که در آزمایشگاه کاوندیش تحت نظر جسی. جی تامسون کار می کرد، آزمایشهایی انجام داد که منجر به نظریه کتونی هسته ای گردید.

آزمایشهای اولیه کوری و رادرفورد نشان داد که تابشهای حاصل از عناصر رادیواکتیو دارای شدت نفوذ متفاوت در ماده هستند.

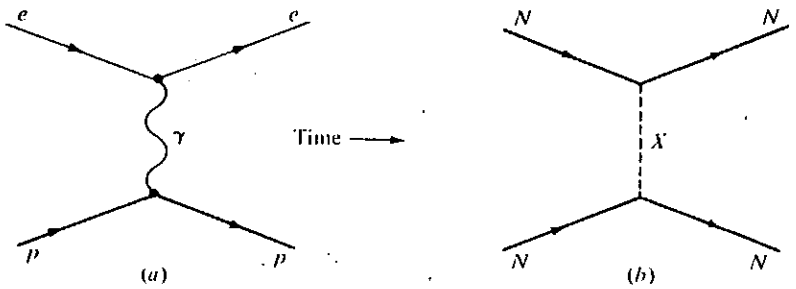
کم نفوذترین پرتوها که توسط چند سانتی متر هوا یا ورقه نازک (در حدود 0.1 mm) فلزی جذب می شد را پرتوهای α نامیدند. ذرات بانفوذتر که به وسیله حدود 1 mm سرب جذب می شد را پرتوهای β نام نهادند. ذرات α و β هر دو دارای خواص مادی بودند. در سال ۱۹۰۰ میلادی/۱۲۷۹ هجری شمسی ویلارد نوع سوم و بانفوذتری از پرتوهای یونساز را کشف کرد، که می توانستند از 10 cm سرب بگذرند. این پرتوها در میدان مغناطیسی منحرف نمی شدند و پرتوهای γ نامگذاری شدند. اکنون می دانیم که این پرتوها از نوع پرتوهای الکترومغناطیسی هستند.

روش انحراف الکتریکی و مغناطیسی که برای مطالعه الکترونها و یونها به کار می رفت برای تحلیل تابشهای رادیواکتیو نیز به کار گرفته شدند. در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با شدت B ، ذره ای به جرم m و بار e و سرعت v عمود بر B مسیری دایره ای به شعاع p را در امتداد عمود بر خطوط نیرو طی می کند که p از رابطه زیر بدست می آید.

$$p = \frac{mv}{Be}$$

در یک میدان الکتریکی یکنواخت E ذره مسیری سهمی را در صفحه موازی با خطوط نیرو خواهد پیمود و انحراف در فاصله d در میدان از رابطه زیر بدست می آید:

$$\frac{1}{r} = \frac{Ee}{m} \left(\frac{1}{v} \right)^2$$



شکل ۴ - الف) نمایش نموداری پراکندگی الکترون - پروتون محور عمودی فاصله فضایی و محور افقی زمان است. با مبادله فوتون اندازه حرکت از یک ذره به ذره دیگر منتقل می شود. ب) پراکندگی الاستیک نوکلئون - نوکلئون با مبادله ذره ای با جرم سکون مخالف صفر.

کشف بکرل آن بود که پرتوهای سایه افکن می توانستند حتی پس از قطع نور ادامه یابند. بکرل نشان داد که این تابش در کلیه ترکیبات اورانیوم متناسب با مقدار اورانیوم موجود در آنها وجود دارد و گسیل خودبخود تابش یا رادیواکتیویته یکی از مشخصات اتم اورانیوم در حالت عادی است.

اکنون می دانیم تابشهایی که بکرل مطالعه می کرد، الکترونها سزیم گسیل شده در واپاشی بتازای محصولات دختر هسته ^{238}U است. بکرل نشان داد که این تابشها در میدان مغناطیسی منحرف می شوند. او همچنین دریافت که تابشهای جدید می توانند یک جسم باردار را تخلیه کنند و این کشف به سرعت منجر به استفاده از اتاقکهای یونشی برای بررسی کمی شدت تابش یا اکتیویته شد.

پس از اعلام کار بکرل، ماری و پی-یر کوری عناصر دیگر را برای گسیل رادیواکتیو بررسی کردند و متوجه شدند که تنوریوم نیز دارای اکتیویته مشابه است. آنها همچنین دریافتند که سنگ معدن اورانیوم (پسیچلاند) دارای اکتیویته ای بیش از آنچه با توجه به مقدار اورانیوم آن انتظار می رود است و حضور عناصر رادیواکتیو دیگر را نتیجه گرفتند.

آنها سپس به جداسازی این عناصر همت گماشتند و پس از کار خستگی ناپذیر موفق به

پیش بینی یوکاوا مقداری در حدود ۲۰۰ برابر جرم الکترون یعنی 1.02 Mev بود.

اگر این ذره به طور منجازی در اطراف هسته وجود می داشت، می توانستیم با دادن انرژی کافی بعضی از آنها را از هسته جدا سازیم. اندکی پس از این پیشنهاد یوکاوا، ذره ای با جرم نزدیک به جرم پیش بینی شده در تابش کیهانی کشف شد، ولی بعداً معلوم شد که بر هم کنش ذره کشف شده با نوکلئون بسیار ضعیف تر از نیروی قوی بین نوکلئونها بود. این ذره میون $(m_e = 1.05 \text{ Mev})$ بود. بالاخره، معما با کشف π^+ و سپس π^0 با جرم سکون 140 Mev حل گردید. ذرات فوق که پیون نامیده شدند با نوکلئونها همانطور که پیش بینی شده بود، دارای برهم کنش شدید بودند.

واپاشی رادیواکتیو

رادیواکتیویته طبیعی که اساساً با شناخت امروزی آن تفاوتی ندارد ابتدا به وسیله بکرل کشف شد. او که لومینسانس نمکهای اورانیوم در اثر نور معمولی را مطالعه می کرد، متوجه شد که تابشهای گسیل شده از اجسام رادیواکتیو می توانند تصویری از اجسام نیمه شفاف را بر روی صفحه عکاسی که با کاغذ سیاه پوشانده شده بود، به وجود بیاورند. این پدیده یکی از خصوصیات بارز و ارزشمند پرتوهای α نیز بود که قبل از آن کشف شده بود. جنبه جالب توجه

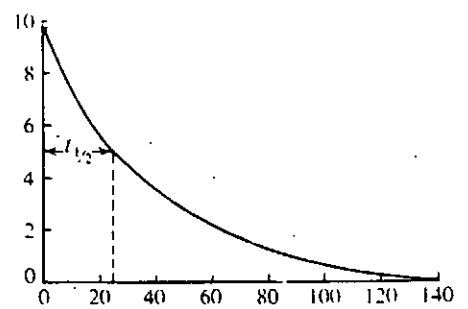
که در آن فرض شده است که ν در ابتدا بر E عمود باشد.

با استفاده از معادلات فوق می توان V و e/m را بدست آورد.

بکرل نشان داد که گسیل خودبخود پرتوهای α ، β و γ پدیده ای اتمی است و نه مولکولی، آهنگ و اباشی با محیط شیمیایی اتم اکتیو تغییر نمی کرد و دما و فشار در آن مؤثر نبود.

قانون واپاشی

احتمال واپاشی یک هسته رادیواکتیو در فاصله زمانی کوتاه dt چنانکه گفته شد مستقل از اثرات خارجی است. تمام هسته های یک نوکلئید دارای احتمال واپاشی یکسانی می باشند، به طوری که احتمال $p(dt)$ یک واپاشی رادیواکتیو در زمان dt فقط با dt متناسب است در صورتیکه $p(dt) \ll 1$ باشد. ثابت تناسب λ را ثابت واپاشی می نامند. واپاشی اکتیویته در یک حالت خاص در شکل ۵ نشان داده شده است. اگر اکتیویته در اثر فرایند اتمی در نظر گرفته شود، مقدار آن با آهنگ کاهش تعداد اتمها N_i موجود در زمان t متناسب خواهد بود، یعنی



شکل ۵ - تغییرات اکتیویته بر حسب زمان برای یک عنصر رادیواکتیو

$$\text{اکتیویته} = \frac{dN_i}{dt}$$

فروانت نمایی مشاهده شده همچنین ایجاب می کند که

$$\text{اکتیویته} = \frac{dN_i}{dt} = -\lambda N_i$$

و در نتیجه

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

باشد که در آن N_0 تعداد اتمهای اکتیو موجود در شروع آزمایش ($t=0$) است. عمر متوسط اتمها از رابطه زیر بدست می آید:

$$\tau = \frac{\int_0^{\infty} N_0 t dN_i}{\int_0^{\infty} dN_i} = \frac{\int_0^{\infty} N_0 t \frac{dN_i}{dt} dt}{\int_0^{\infty} \frac{dN_i}{dt} dt} = \frac{1}{\lambda}$$

فاصله زمانی که طی آن نیمی از اتمهای در اثر واپاشی از بین می روند $t_{1/2}$ نیمه عمر خوانده می شود و از رابطه زیر بدست می آید.

$$\frac{N}{N_0} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$$

$$t_{1/2} = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} = 0.693 \tau$$

قانون واپاشی نمایی یکی از مشخصات فرایندهای رادیواکتیو است و طی آزمایشهای بی شمار در زمانهای طولانی مورد بررسی قرار گرفت. این قانون ناپدید شدن ذرات ناپایدار کوتاه عمر و حالات برانگیخته را مشابه عناصر رادیواکتیو با عمر طولانی توصیف می کند. قانونی با چنین کلیت باید دارای مبنایی کلی باشد و به سادگی می توان نشان داد که می توان این قانون را از این فرض که برای یک اتم خاص احتمال واپاشی $p(dt)$ در زمان Δt مستقل از زندگی قبلی اتم است، بدست آورد. اگر این مسئله صحت داشته باشد، برای dt بسیار کوچک، احتمال بقای اتم در فاصله dt برابر است با

$$1 - p(dt)$$

احتمال بقای اتم در دومین فاصله زمانی

$$[1 - p(dt)]^2$$

و احتمال بقای اتم پس از ndt برابر خواهد بود با

$$[1 - p(dt)]^n$$

و از آنجا که داشتیم

$$p(dt) = \lambda dt$$

$$(1 - \lambda dt)^n = \left(1 - \frac{\lambda t}{n}\right)^n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} e^{-\lambda t}$$

$$dt \rightarrow 0$$

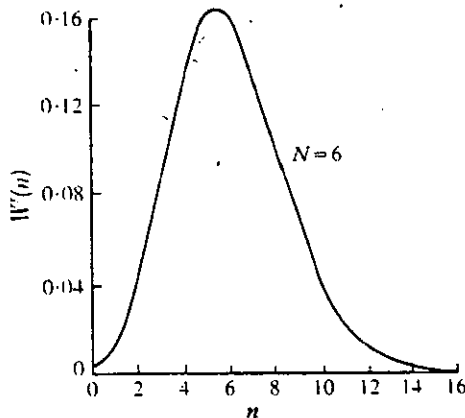
مقدار فوق احتمال بقای یک اتم است. برای

N_0 اتم رابطه بدست خواهد آمد.

طبیعت کاتوره ای گسیل رادیواکتیو با مشاهده نوسانات تعداد ذرات α گسیل شده توسط یک چشمه در فاصله زمانی معین مطالعه شد. اگر N تعداد ذرات متوسط انتظاری در این فاصله زمانی باشد، احتمال مشاهده n ذره در این فاصله زمانی از توزیع بواسون پیشامدهای کاتوره ای بدست می آید.

$$W(n) = \frac{N^n e^{-N}}{n!}$$

این توزیع برای $N=6$ در شکل نشان داده شده است.



شکل ۶ - توزیع بواسون برای $N=6$

این توزیع توسط رادرفورد و گایگر مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش و آزمایشهای مشابه این مطلب را که گسیل ذرات و پرتوها از مواد رادیواکتیو به طور کاتوره ای صورت می گیرد، تأیید کرده اند.

- W. E. Burcham: Nuclear Physics, an Introduction, Second Edition, Long Man, London, 1978
- Walter E. Meyerhof: Elements of Nuclear Physics, Mc Graw Hill, New York, 1967.
- Bernard L. Cohen; Concepts of Nuclear Physics, Mc Graw Hill, New York, 1971.
- Michael. J. Longo: Fundamentals of Elementary Particles, Mc Graw Hill, New York 1973.
- Kenneth S. Krane: Introductory Nuclear Physics, Jhon Wiley and Sons, New York, 1987.

فیزیک، نقش آن در رشد تفکر منطقی و

۱- آموزش فیزیک (روش) ۴ ۲- سرفیس (فیزیک) چگونه آموزش آن

سخنران: دکتر بهین آیین

علاقه مندی و دربرنگرفتن و شمار آن بود که «به هدف دست یاب، موفقی». هدفی که همیشه توسط دیگران تعیین شده بود و لزوماً در برگیرنده هدف دانش آموز و شرایط و تواناییها و رغبتها و علائق خاص وی نبود و یا اگر مجالی به پرداختن به این خصوصیات دست می داد بسیار ناچیز بود. در روش کلاسیک توجه به هدف تعیین شده بعدی قوی است که هرگونه ابتکار، خلاقیت و خود-جوشی (بخصوص اگر به سمت هدف نباشد) دانش آموز را نه تنها مورد استقبال قرار نمی دهد بلکه سرکوب می نماید. در سالهای اخیر «روشهای فعال» جایگزین روشهای فوق گردید. در این روشها نقش اساسی و اصلی را در آموزش و یادگیری خود دانش آموز بر عهده دارد. عبارتی بهتر، محیط آموزشی محیطی است «دانش آموز محوری» که در آن نقش معلم مهیا کردن فضا و شرایط مناسبی است که هر مفهوم و حقیقت قابل کسی توسط معلم و بدست خود وی در ذهن ساخته می شود و نه بصورت لفظی به وی انتقال می یابد. در این روشها، آموزش بر پایه تجربیات فردی معلم و هدایت و ارشاد معلم استوار است. دانش آموز به ابداع و اختراع مفاهیم و اصولی برای خود می پردازد که در توان وی است و خویشتن را ملزم به حفظ کردن لغات و کلامی که در بیشتر مواقع مفاهیم آنها برایش روشن نیست نمی داند.

در روشهای فعال بجای تکیه بر نتایج و محصولات آزمایشها و تجربهها، بر روش دستیابی به نتایج و تجربهها یعنی روش علمی شامل مشاهده، آزمایش، اندازه گیری، تعبیر و تفسیر، پیش بینی و مدل سازی تأکید میگردد. یعنی علم یک روش است نه یک محصول. به گفته رولر: «علم عبارتست از جستجو و کاوش برای دانایی، نه خود دانایی»

آنچه که حائز اهمیت است راههای دستیابی به مفاهیم است نه خود مفاهیم. تکیه بر نتایج و مفاهیم بجای چگونگی دست یافتن به مفاهیم و تلاش در تدریس آنها بار روشهای «گنج و صحبت»، بدون تردید منجر به اعتماد بنفس و مجهز شدن به یک روش علمی برای کشف، یافتن، نتیجه گرفتن و تعبیر و تفسیر پدیدهها نخواهد شد و روحیه ای کاوشگر و خلاق نخواهند ساخت. روشهای آموزشی فعال سهم ارزنده ای بر کاوش و اکتشاف

اجازه می خوریم که بحث نمودن را با فسررب العقلی آغاز کنیم که در بردارنده هدف غائی این بحث است.

«به من ماهی نده، یاد بده که چگونه ماهی بگیرم»

روشهای آموزشی

در نظامهای آموزشی کهن، تدریس بعنوان یک هنر و معلم بعنوان یک هنرمند، زیر بنای نظریه آموزشی را تشکیل می داد. اصول این روش آموزشی مشتمل بر آمادگی معلم، ارائه درس و انجام آزمون است. معلم با استفاده از روش «گنج و صحبت» محور اصلی آموزش است. معلم مفاهیم را می داند، حقیقت را در اختیار دارد، روشهای اثبات را می داند، نتایج هر آزمایش را پیش بینی می کند و این همه را از طریق انتقال لفظی و در مواقعی توأم با تقریر بیان می کند. نقش دانش آموز فراهم نمودن محیط مناسب یا میدانی است برای اثبات تواناییهای معلم، نقشی کاملاً انفعالی که در آن دانش آموز جز ساکت نشستن و گوش دادن و پذیرفتن وظیفه ای دیگر ندارد. در یادگیری نیز نقشی جز حفظ کردن، آنهم با لغات و زبانی از پیش ساخته (توسط معلم) در خود نمی بیند.

این روش آموزشی سالیان دراز حاکم بر نظام آموزشی جوامع مختلف بود تا آنکه در دوسه دهه گذشته کلاً با الهام از مکتب رفتارگرایی بر اساس نظریات اسکینر فرضیه «هر موضوعی، هر دانش آموزی، هر زمانی» را عنوان نمود. بدان معنا که هر موضوعی می تواند به هر دانش آموزی در هر زمانی تدریس شود بخصوص اگر موضوع به اجزاء کوچک تقسیم شود و هر جزء در زمان کافی متناسب با سرعت طبیعی دانش آموز تدریس گردد. بر اساس فرضیه کلاسیک نمایش یک تجربه یا آزمایش توسط معلم بعنوان وسیله ای برای ایجاد انگیزه (و در این روش نه بمنظور یادگیری و انتقال اطلاعات) بمنظور دستیابی به «هدف» بر «گنج و صحبت» افزوده گردید. «هدف» بعنوان چراغی روشن در انتهای تونلی تاریک توجه دانش آموز، اولیاء وی و مربیان و مسئولان آموزشی را بخود معطوف داشت. در عبور از این تونل به سمت هدف، نگاهی به اطراف و توققی هر چند کوتاه برای تفکر و بررسی جوانب، ارضای حس کنجکاوی و پرداختن به



انجام شده عبارتند از تواناییهای یادآوری، مقایسه، گروه بندی، استقرار، استنتاج، ترکیب، تجزیه و تحلیل، تفسیر و تعبیر، پیش بینی و ارزشیابی. برای دستیابی به تفکر منطقی لازم است که تواناییهای تشکیل دهنده آن رشد یابند. این تواناییها تنها در روند عملی و ملموس توسط خود فرد در بکارگیری مکرر آنان بر پایه تجربیات عینی شکل می گیرند و تکامل می یابند و سرانجام تفکر را بر خوردار از بعدی منطقی در رویارویی با پدیده های مختلف می نمایند.

فیزیک چیست؟

محتوای علم فیزیک را مانند هر علم تجربی دیگری مجموعه اصول، قوانین و مفاهیمی تشکیل می دهند که در این علم بدست آمده است. با این تفاوت که محتوای علم فیزیک بیش از هر علم دیگری امکان ارتباط تفویض متقابل با محیط را بر آورده می سازد. علم فیزیک، مشاهده، انجام آزمایشهای دقیق، کاربرد زیاد و ظریف وسائل، تعبیر و تفسیر منطقی نتایج و پیش بینی های شجاعانه ای را بر پایه داده ها و یافته های تجربی در بر دارد. بنابراین بیش از هر علم دیگری دز ارتباط نزدیک با محیط طبیعی و پدیده های جهان اطراف بخصوص در حیطه عینی و ملموس است. بدیهی است که علاوه بر مفاهیم عینی فیزیک، این علم دارای مفاهیم انتزاعی محض نیز می باشد. مفاهیم عینی، مفاهیمی هستند که درک و جذب آنها از طریق آزمایشها و دست ورزیها و کاربرد حواس امکان پذیر است. مفاهیم انتزاعی بر عکس مفاهیمی هستند که لزوماً دارای آزمایش و فعالیت ملموس نبوده و بیشتر ناشی از نتایج عملکردهای ذهنی بر پایه منطقی و استدلال بدست می آید. برای درک چنین مفاهیمی (انتزاعی) فرد بایستی از رشد لازم و مرحله تفکر انتزاعی برخوردار باشد. زیر بنای چنین سطح تفکری را پرورش تفکر در دوران قبل در قالب دستیابی به مفاهیم عینی از طریق تجربیات عینی ملموس توسط خود فرد تشکیل می دهد.

علم فیزیک به معنای یک روش نه یک محصول و بعنوان یک فعل و «انجام دادنی» است نه یک نام و حفظ کردنی - علم فیزیک در روند تکامل خود مراحل «روش علمی» را در حین یک فعالیت (آزمایش عینی و عملی) توسط خود متعلم برای حصول به نتایج و مفاهیم این علم مورد استفاده قرار می دهد و بر اساس کاربرد همین روش در محتوای خاص علم فیزیک است که آموزنده لزوماً از زیربنای منطقی برای دستیابی به مفاهیم و ریزه کاریهای انجام کار، آگاه میگردد و ملزم به کاربرد تواناییهای فکری در ابعاد گسترده میگردد و از این طریق است که به بهترین وجه این تواناییها را پرورش می دهد و یاد میگیرد «چگونه یاد گرفتن را» و «چگونه فکر کردن را».

در جریان آزمایشهای عینی و ملموس به دست خود دانش آموز قائلند. چگونه یافتن مهم است نه یافته ها. فاصله کانونی چیست؟ اهمیت ندارد، چگونه فاصله کانونی را اندازه میگیرید مهم است. عبارت بهتر، کاربرد هوش و درک در مشاهده و جمع آوری اطلاعات و هماهنگ کردن این اطلاعات و تعبیر و تفسیر آنها اهمیت دارد. این بدان معنی نیست که نتایج و دست آوردهای علم بشری بی ارزش است بلکه بدان معنی است که ارزش آنها در آنست که توسط متعلم از نو ابداع و اختراع گردند و یا پایه ای باشند برای ابداع و اختراع جدید. انجام تجربه و آزمایش هم توسط معلم و یا دانش آموز حتی با روش یا «دستورکاری» از قبل تعیین شده نمی توانند دانش آموز را به یک نظام فکری منطقی برای جستجو و کاوش و یافتن (روش علمی) مجهز کنند و عبارتی بهتر نقشی را در «خود نظم جوئی» متعلم برعهده ندارند زیرا مجال و آزادی لازم برای انجام تجربه و ابتکار و خلاقیت و کشف قواعد انجام آزمایش را نمی دهند.

شاید تصور شود که در روشهای فعال نقش معلم نادیده گرفته شده است، برعکس معلم وظیفه بزرگ و ارزنده درک و شناخت تواناییها و مرحله رشد فکری دانش آموزان و تهیه و تدارک وسائل و ابزار لازم برای انجام آزمایش و ارشاد و هدایت مدبرانه آنها را بر پایه تواناییهای فکری آنها بدون القاء روش و ارائه پاسخ قبل از انجام آزمایش برعهده دارد. به بیانی دیگر نقش مهم و اساسی معلم فراهم کردن محیطی مناسب برای برانگیختن تمامی تواناییها و ابتکارات و خلاقیتهای دانش آموز و تشخیص و هدایت فکری وی است نه وادار ساختن وی به پذیرش انفعالی نتایج و دست آوردها.

تفکر منطقی چیست؟

بحث مفصل این مقوله در این مجال نمی گنجد، بطور خلاصه تفکر منطقی، تفکری است که بتواند بر اساس فرضیات یا داده های عینی نتایج، تجزیه و تحلیلها و جمع بندی های صحیح و منطقی بنماید.

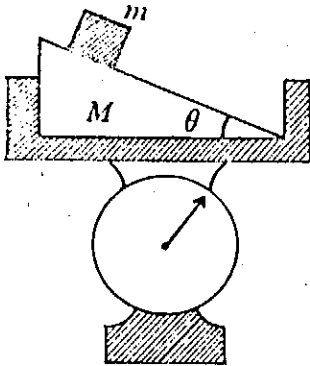
ابزارها و عوامل تشکیل دهنده این نوع تفکر بر اساس تحقیقات

تاریخ برگزاری: ۲۰۲۰/۰۲/۲۰

مدت: ۳۵ ساعت

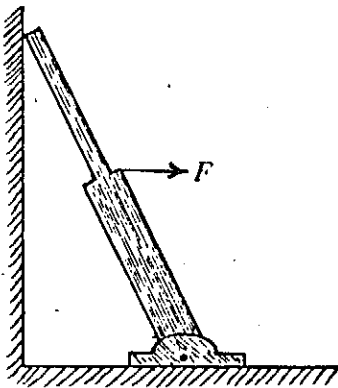
پرسش‌ها:

۱- جسمی به جرم m روی سطح شیب‌داری به جرم M قرار دارد. سیستم را مطابق شکل روی کفه ترازوی فیزی قرار داده‌ایم. به فرض آنکه اصطکاک بین جسم و سطح شیب‌دار ناچیز باشد، ترازو چه عددی را بر حسب m و M و θ نشان می‌دهد؟ (θ زاویه سطح شیب‌دار با سطح افق است)



شکل (۱)

۲- میله‌ای مطابق شکل یک سرش به زمین لولا شده و سر دیگرش به دیوار متکی است. قطر قسمت پهن‌تر میله دو برابر قطر قسمت باریک آن و جنس و طول دو قسمت یکسان است. حداقل نیروی افقی که به وسط میله وارد می‌شود چقدر باشد تا نیروی عکس‌العمل دیوار که بر میله وارد می‌شود صفر باشد. وزن میله ۵۰ نیوتن، طول میله یک متر و زاویه امتداد میله با دیوار ۳۰ درجه است.

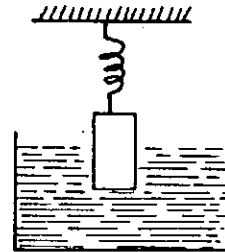


شکل (۲)

چهارمین المیاد
فیزیک ایران

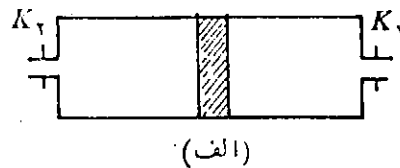
۳- استوانه‌ای فلزی به جرم M و به شعاع r و ارتفاع h توسط فنری با ثابت K که از بالا به نقطه ثابتی متصل است بدون مایعی با چگالی (جرم حجمی) ρ شناور است بطوریکه نصف ارتفاع آن داخل مایع است. چه وزنه‌ای باید روی استوانه قرار داد تا $\frac{2}{3}$ ارتفاع آن داخل مایع قرار گیرد.

$$K = 2N/m, \rho = 1/8 g/cm^3, r = 5 cm, M = 1 kg, h = 30 cm$$

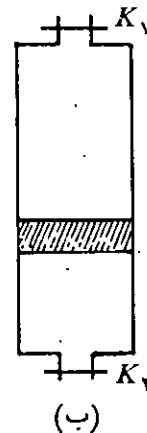


شکل (۳)

۴- شکل (الف) محفظه استوانه شکلی را نشان می‌دهد که افقی قرار دارد، در حالیکه شیرهای K_1 و K_2 باز هستند پیستونی به وزن W استوانه را به دو قسمت مساوی (هر یک به طول l) تقسیم کرده است، پیستون می‌تواند بدون اصطکاک در طول استوانه جابجا شود. شیرها را بسته و استوانه را در امتداد قائم نگه می‌داریم (شکل ب)



(الف)



(ب)

اولاً: پیستون چقدر جابجا می‌شود؟

ثانیاً: در همین حال شیر پایینی K_2 را باز می‌کنیم پیستون مجدداً

نسبت به وضع اولیه‌اش چقدر جابجا می‌شود؟

ثالثاً: برای آنکه پس از بازکردن شیر پایینی پیستون به ته ظرف سقوط نکند درباره وزن آن بحث کنید.
(فشار هوا در محل آزمایش P_0 و سطح مقطع پیستون A و دما ثابت فرض می‌شود)

۵- $1/5$ لیتر آب $20^\circ C$ را با یک اجاق الکتریکی شامل دو مقاومت مشابه که بطور موازی بسته شده و به برق شهر متصل است گرما می‌دهیم، پس از 15 دقیقه آب به جوش آمده و 100 گرم آن به بخار تبدیل می‌شود.

اولاً: اگر مقاومت‌ها را بطور متوالی بهم بسته و اجاق را به برق شهر متصل کنیم و همان $1/5$ لیتر آب $20^\circ C$ را به مدت 60 دقیقه گرما بدهیم چه می‌شود؟

ثانیاً: اگر اجاق تنها شامل یکی از آن مقاومتها باشد چه مدت طول می‌کشد تا همان آب به وسیله اجاق به جوش آید؟

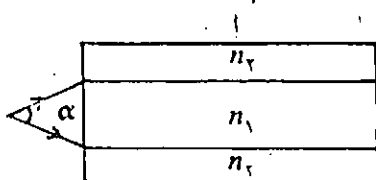
(جرم حجمی آب $20^\circ C$ برابر $1 g/cm^3$ ، دمای نقطه جوش آب $100^\circ C$ ، ظرفیت گرمایی ویژه آب $1 cal/g^\circ C$ ، گرمای نهان تبخیر آب $\frac{539 cal}{g}$ و اتلاف گرمایی اجاق ناچیز فرض می‌شود).

۶- پرتوهای موازی با محور اصلی عدسی محدب به آن می‌تابند، در فاصله 32 سانتیمتری طرف دیگر عدسی آینه مقعر عمود بر محور اصلی عدسی قرار دارد. فاصله کانونی عدسی چقدر باشد تا شعاعهای بازتابیده از آینه در 6 سانتیمتری عدسی یکدیگر را قطع کنند؟ شعاع آینه مقعر $18 cm$ است.

(مسئله را برای دو حالت حل کرده و مسیر پرتوها را در دو حالت رسم کنید)

۷- یک رشته نوری Fiber optics از یک استوانه شیشه‌ای به ضریب شکست n_1 و یک غلاف شیشه‌ای به ضریب شکست n_2 روی آن تشکیل شده است و داریم $n_1 > n_2$. یک منبع نور نقطه‌ای روی محور استوانه مرکزی قرار دارد بطوریکه زاویه میان دو پرتو که به کناره‌های استوانه مرکزی (دو نقطه روی قطر استوانه) می‌تابد α است. ثابت کنید برای آنکه نوری که وارد استوانه مرکزی می‌شود از آن خارج نشده و در طول آن پیش

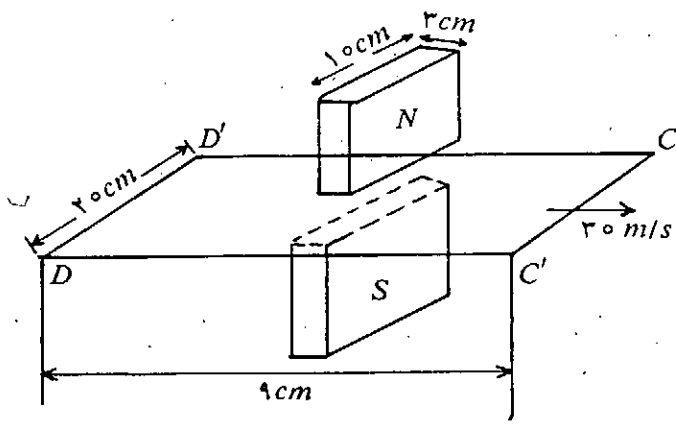
برود باید $\sin \frac{\alpha}{2} \leq \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ باشد.



شکل (۴)

۸- صفحات یک خازن مسطح به مساحت A متر مربع و به فاصله d متر دارای بار Q می‌باشند، در حالیکه صفحات خازن به منبعی

مبدأ زمان را لحظه ورود قاب به داخل میدان فرض کنید.



شکل (۶)

پاسخ‌های تشریحی

حل مسئله ۹- آنچه ترازو نشان می‌دهد از جهت اندازه برابر N' است. چون جرم M ساکن است برآیند نیروهای وارد بر آن صفر است یعنی:

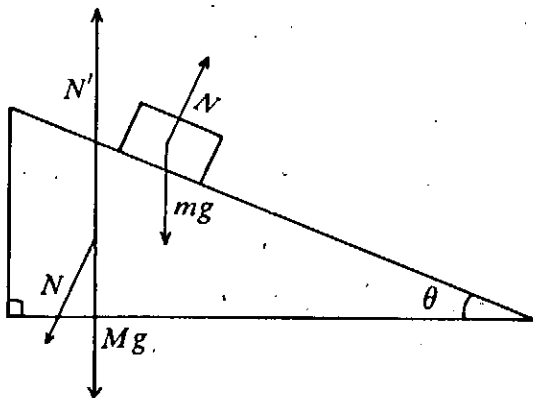
$$\begin{cases} \sum \vec{F}_x = 0 \\ \sum \vec{F}_y = 0 \Rightarrow N' - Mg - N \cos \theta = 0 \end{cases}$$

آنگاه

$$N' = Mg + N \cos \theta$$

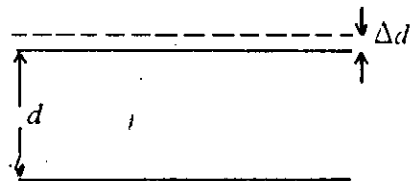
با توجه به اینکه $N = mg \cos \theta$ خواهیم داشت:

$$N' = Mg + mg \cos^2 \theta$$

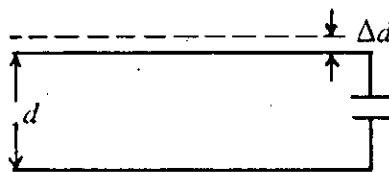


شکل (۷)

وصل نیست، فاصله صفحات را به اندازه Δd زیاد می‌کنیم. چه مقدار کار (W_1) انجام داده‌ایم؟ بار دیگر همان خازن را (با فاصله صفحات اولیه) به یک باتری وصل می‌کنیم بطوریکه بار خازن همان مقدار Q باشد. در حالیکه خازن به باتری وصل است، فاصله صفحات را به اندازه Δd زیاد می‌کنیم. تعیین کنید در حین تغییر فاصله صفحات، باتری چه کاری (W_2) انجام داده است؟ تغییر W_2/W_1 را محاسبه کنید. در هر دو حالت $\Delta d \ll d$ است.

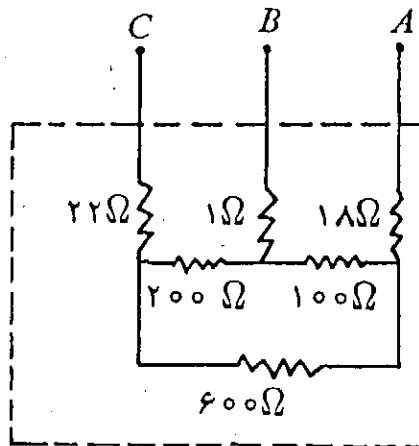


(الف)



(ب)

۹- در جعبه‌ای تعدادی مقاومت مطابق شکل بهم وصل و سه سر سیم A و B و C از آن خارج شده‌اند. اگر بین دو سر سیمهای A و C اختلاف پتانسیل $240V$ برقرار کنیم، اختلاف پتانسیل بین دو سر سیمهای A و B را بدست آورید.



شکل (۵)

۱۰- یک قاب فلزی مطابق شکل از میان دو قطب یک آهن‌ربا با سرعت $30 m/s$ می‌گذرد. اگر شدت میدان مغناطیسی ثابت و برابر $0.5 T$ فرض شود نمودار تغییرات نیروی محرکه القاء شده در قاب را با محاسبه کمیت‌های مورد لزوم به‌دقت رسم کنید.

حالت دوم (پس از قرار دادن وزنه)

$$\begin{cases} F_2 + \rho A \frac{2}{3} h g = (m+m') g & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_2 = k(l_2 - l_0) & (4) \end{cases}$$

l_2 طول ثانویه فنر پس از قرار دادن وزنه است.

از تفاضل رابطه (۱) از (۳) هم چنین (۲) از (۴) خواهیم داشت:

$$\begin{cases} F_2 + \rho A \frac{2}{3} h g - (F_1 + \rho A \frac{1}{3} h g) = (m+m') g - mg \\ F_2 - F_1 = k(l_2 - l_1) \end{cases}$$

$$\Rightarrow k(l_2 - l_1) + \rho \pi r^2 \left(\frac{2}{3} - \frac{1}{3} \right) h g = m' g$$

$$m' = \frac{k(l_2 - l_1) + \rho \pi r^2 \left(\frac{1}{3} \right) h g}{g}$$

با توجه به

$$l_2 - l_1 = \frac{2}{3} h - \frac{1}{3} h = \frac{h}{3}$$

داریم:

$$m' = \frac{2 \times \frac{0.3}{6} + 1.8 \times 10^3 \times \frac{3}{14} \times 25 \times 10^{-4} \times \frac{1}{3}}{9.8}$$

$$\frac{1}{6} \times 0.3 \times 9.8$$

$$m' = 0.717 \text{ kg} = 717 \text{ g}$$

حل مسئله ۴- اولاً اگر در حالت قائم فشار هوای قسمت بالا و پایین استوانه به ترتیب P_1 و P_2 و تغییر مکان پیستون x باشد، مطابق قانون بویل - ماریوت داریم:

برای هوای بالای پیستون

$$P_0 V_0 = P_1 V_1$$

$$P_0 l A = P_1 (l+x) A$$

برای هوای پایین پیستون

$$P_0 V_0 = P_2 V_2$$

$$P_0 l A = P_2 (l-x) A$$

در این حالت اختلاف فشار گاز بالایی و پایینی برابر فشار پیستون روی هوای قسمت پایین است

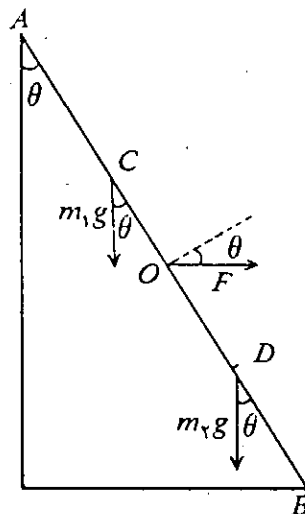
$$P_2 = P_1 + \frac{W}{A} \Rightarrow P_2 - P_1 = \frac{W}{A} \Rightarrow \frac{P_0 l}{l-x} - \frac{P_0 l}{l+x} = \frac{W}{A}$$

$$\frac{W}{A} = \frac{P_0 l (l+x - l+x)}{l^2 - x^2} \Rightarrow AP_0 l \times 2x = W(l^2 - Wx^2)$$

حل مسئله ۲- از آنجا که قطر قسمت پهن تر میله دو برابر قطر قسمت باریکتر آنست، حجم قسمت پهن تر میله چهار برابر حجم قسمت باریکتر، در نتیجه وزن این قسمت چهار برابر قسمت باریکتر خواهد بود. از طرفی گرانگه هر قسمت در وسط آنست. شرط تعادل میله در صورتیکه نیروی عکس العمل دیوار صفر باشد این است که گشتاورهای وارد بر میله نسبت به یک نقطه معین مثلاً تکیه‌گاه میله با زمین (B) صفر باشد یعنی:

$$\sum T = 0$$

$$m_1 g \sin \theta \times BC + m_2 g \sin \theta \times BD - F \cos \theta \times BO = 0$$



شکل (۸)

وزن هر قسمت میله به ترتیب عبارتند از:

$$m_1 g = \frac{1}{1+4} \times 50 = 10 \text{ N}$$

$$m_2 g = \frac{4}{1+4} \times 50 = 40 \text{ N}$$

با جایگذاری این دو رابطه در رابطه فوق داریم:

$$10 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} + 40 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} - F \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{1}{3} = 0$$

$$F = \frac{35}{\sqrt{3}} \text{ N} = \frac{35\sqrt{3}}{3} \text{ N}$$

حل مسئله ۳- با توجه به تعادل جسم داریم:

وزن استوانه = نیروی ارشمیدس + نیروی کشسانی فنر

حالت اول (پیش از قرار دادن وزنه)

$$\begin{cases} F_1 + \rho A \frac{h}{2} g = m_1 g & (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_1 = k(l_1 - l_0) & (2) \end{cases}$$

l_1 طول اولیه فنر و l_0 طول فنر پیش از قرار دادن وزنه بر روی استوانه است.

است بنا بر این مقدار بخار در حالت بعد همان ۱۰۰ گرم است.
ثانیاً

$$W = \frac{V^2}{R} t$$

$$120000 = \frac{173900}{30} t$$

$$t = 20/7 \text{ دقیقه}$$

حل مسئله ۶-

حالت اول: محل تجمع پرتوها در ۶ سانتی متری عدسی د
بین آینه و عدسی است. با توجه به شکل، F_1 کانون عدسی و F_2
کانون آینه است:
برای آینه داریم:

$$q_2 = 22 - 6 = 16 \text{ cm}$$

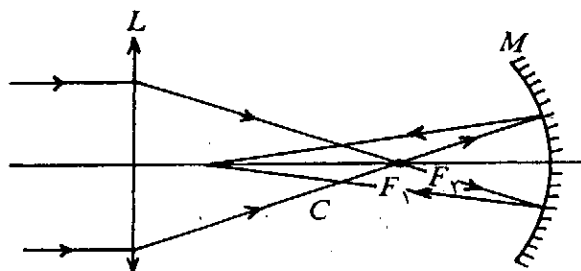
$$\frac{1}{P_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_2}$$

$$\frac{1}{P_2} = \frac{1}{f_2} - \frac{1}{q_2} = \frac{1}{24} - \frac{1}{16}$$

$$P_2 \approx 14 \text{ cm}$$

$$f_1 \approx 22 - 14 = 8 \text{ cm}$$

برای عدسی داریم:



شکل (۹)

حالت دوم: محل تجمع پرتوها در ۶ سانتی متری عدسی و
خارج از فاصله بین عدسی و آینه است در این صورت پرتوهای
بازتابش از آینه برای عدسی جسم مجازی ایجاد نموده و عدسی
از آن يك تصویر حقیقی در ۶ سانتی متری خود تشکیل می دهد.

برای عدسی داریم:

$$-\frac{1}{P_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f_1}$$

$$-\frac{1}{P_1} + \frac{1}{6} = \frac{1}{f_1}$$

$$P_1 = \frac{6f_1}{f_1 - 6}$$

$$\Rightarrow Wx^2 + 2P_0 l Ax - Wl^2 = 0$$

$$x = \frac{-P_0 l A \pm \sqrt{P_0^2 l^2 A^2 + W^2 l^2}}{W}$$

مسئله همواره جواب دارد (زیرا $\Delta > 0$)

ثانیاً: اگر پس از بازکردن شیر پایینی، تغییر مکان پستون از موضع
اولیه اش برابر y باشد

$$P_0 l A = P_1' (l + y) A$$

در این حالت فشار هوای قسمت بالای پستون به اضافه فشار پستون
روی هوای پایینی برابر فشار هوای خارج است.

$$P_1' + \frac{W}{A} = P_0 \Rightarrow P_1' = P_0 - \frac{W}{A}$$

تغییر مکان پستون

$$\left(P_0 - \frac{W}{A}\right) (l + y) = P_0 l \Rightarrow y = \frac{Wl}{P_0 A - W}$$

ثالثاً برای آنکه پستون به ته ظرف سقوط نکند باید $y < l$ باشد
یعنی

$$\frac{Wl}{P_0 A - W} < l \Rightarrow W < \frac{P_0 A}{2}$$

حل مسئله ۵- اگر مقاومت الکتریکی هرسیم R باشد،
اولاً در حالت نخست

$$W_1 = P_1 t_1 = \frac{V^2}{R} t_1 = Mc(\theta_2 - \theta_1) + m_1 L v$$

$$\frac{2V^2}{R} \times 15 = 15000 \times 1 (100 - 20) + 1000 \times 539$$

$$\frac{V^2}{R} = \frac{173900}{30} \text{ کالری دقیقه}$$

در حالت بعد

$$W_2 = P_2 t_2 = \frac{V^2}{2R} t_2 = Mc(\theta_2 - \theta_1) + m_2 L v$$

$$\frac{173900}{2 \times 30} \times 60 = 15000 \times 1 (100 - 20) + M_2 \times 539$$

$$m_2 = 100 \text{ g}$$

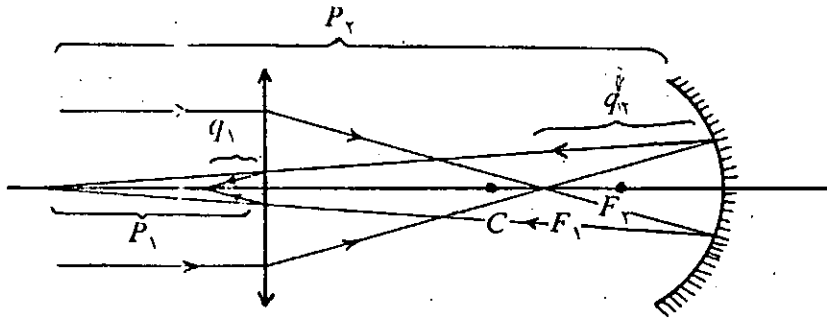
به بیان دیگر

$$W_1 = P_1 t_1 = \frac{V^2}{R_1} t_1 = \frac{V^2}{R} t_1 = 2 \frac{V^2}{R} t_1$$

$$W_2 = P_2 t_2 = \frac{V^2}{R_2} t_2 = \frac{V^2}{2R} \times 2 t_1 = 2 \frac{V^2}{R} t_1$$

$$W_1 = W_2$$

یعنی انرژی مصرفی در زمانهای داده شده در دو حالت برابر



شکل (۱۰)

از طرف دیگر برای زاویه حد داریم:

$$\sin C = \frac{n_2}{n_1}$$

برای آنکه پرتوها در استوانه مرکزی باقی بمانند با $\gamma \geq C$ یا $\sin \gamma \geq \sin C$

$$\sin \frac{\alpha}{\gamma} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \gamma} \leq n_1 \sqrt{1 - \sin^2 C}$$

$$= n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$$

$$\sin \frac{\alpha}{\gamma} \leq n_1 \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}}$$

$$\sin \frac{\alpha}{\gamma} \leq \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

حل مسئله ۸-

$$u_1 = \frac{Q^r}{\gamma C} = \frac{Q^r d}{\gamma \epsilon_0 A}$$

$$\Delta u_1 = \frac{Q^r}{\gamma \epsilon_0 A} \Delta d$$

$$W_1 = \Delta u_1 = \frac{Q^r}{\gamma \epsilon_0 A} \Delta d$$

$$Q = C V = \frac{\epsilon_0 A}{d} V$$

$$\Delta Q = - \frac{\epsilon_0 A}{d^2} V \Delta d$$

$$W_1 = V \Delta Q = - \frac{\epsilon_0 A}{d^2} V^2 \Delta d$$

$$W_1 = - \frac{(\epsilon_0 A)^2 V^2}{d^2 \epsilon_0 A} \Delta d$$

$$W_1 = - \frac{Q^r}{\epsilon_0 A} \Delta d$$

$$\frac{W_1}{W_2} = -2$$

برای آینه داریم:

$$q_2 = P_1 + 32 \Rightarrow q_2 = \frac{6f_1}{f_1 - 6} + 32$$

$$q_2 = \frac{38f_1 - 192}{f_1 - 6}$$

$$\frac{1}{P_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_2} \Rightarrow \frac{1}{P_2} + \frac{f_1 - 6}{38f_1 - 192} = \frac{1}{9}$$

$$P_2 = \frac{(38f_1 - 192) \cdot 9}{29f_1 - 138}$$

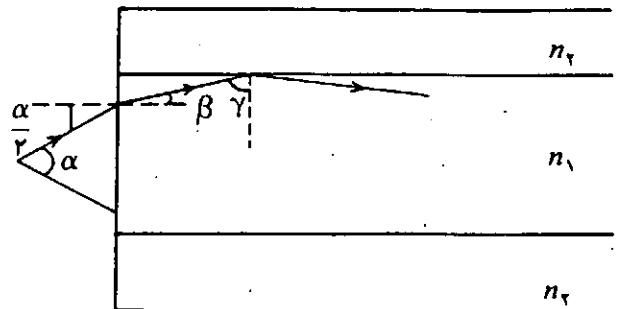
با جایگذاری رابطه فوق در $f_1 = 32 - P_2$ داریم:

$$f_1 = 32 - \frac{(38f_1 - 192) \cdot 9}{29f_1 - 138} \Rightarrow f_1 = 20.47 \text{ cm}$$

حل مسئله ۷-

روشن است $\frac{\alpha}{\gamma}$ برابر زاویه تابش به استوانه مرکزی است با

استفاده از قانون اسنل - دکارت داریم:



شکل (۱۱)

$$\sin \frac{\alpha}{\gamma} = n_1, \sin \beta = n_1, \sin \left(\frac{\pi}{\gamma} - \gamma \right) = n_1 \cos \gamma$$

$$\sin \frac{\alpha}{\gamma} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \gamma}$$

حل مسئله ۹-

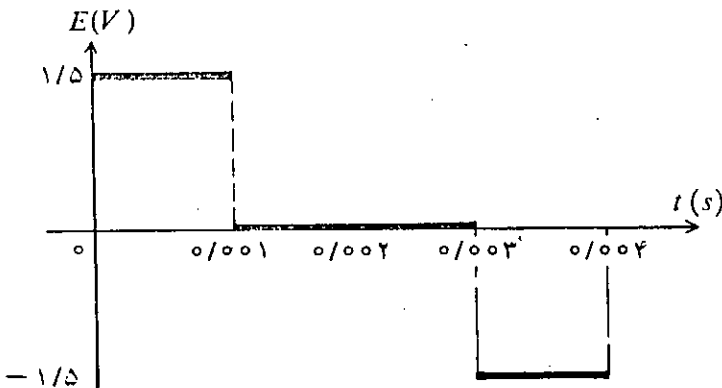
است پس زمان القای نیروی محرکه در هر یک از دو ضلع برابر است با:

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{\Delta V} = \frac{0/03}{30} = 0/001 s$$

در مدتی که ضلع CC' از میدان خارج میشود تا زمانی که DD' وارد میدان شود نیروی محرکه ای القاء نمی شود. این مدت برابر است با:

$$t = \frac{x}{V} = \frac{0/09 - 0/03}{30} = \frac{0/06}{30} = 0/002 s$$

وقتی ضلع DD' از میدان میگذرد نیروی محرکه القاء شده در قاب برابر حالت قبل اما در خلاف جهت است (یعنی $E = -1/5V$) پس نمودار تغییرات نیروی محرکه القاء شده در قاب نسبت به زمان بصورت زیر است:



شکل (۱۲)

$$R_1 + R_2 = 100 + 200 = 300 \Omega \quad R_1, R_2 \text{ معادل}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{300} + \frac{1}{600}$$

$$R = 200 \Omega \quad R_3, R_2, R_1 \text{ معادل}$$

$$R_{AC} = 18 + 200 + 22 = 240 \Omega$$

شدت جریانی که از مقاومت های 18Ω و 22Ω میگذرد

$$I = \frac{V_{AC}}{R_{AC}} = \frac{240}{240} = 1 A$$

$$\frac{I_1}{R_3} = \frac{I_2}{R_1 + R_2} = \frac{I}{R_1 + R_2 + R_3}$$

جریانی که از R_1 و R_2 میگذرد. چون از مقاومت 18Ω جریانی نمیگذرد

$$I_1 = \frac{600}{100 + 200 + 600} \times 1 = \frac{2}{3} A$$

$$V_{AB} = 18 \times 1 + 100 \times \frac{2}{3} + 0$$

$$V_{AB} = 18 + \frac{200}{3} = \frac{254}{3} V \quad \text{پتانسیل}$$

حل مسئله ۱۰-

نیروی محرکه، با عبور اضلاع CC' و DD' از داخل میدان در قاب القاء میشود و چون پهنای قطب های میدان 10 cm است پس طول CC' یا DD' که در میدان واقع میشود 10 cm میباشد

$$E = BVl$$

$$E = 0/5 \times 30 \times 0/1 = 1/5 V$$

زمان عبور ضلع CC' از داخل میدان از رابطه $\Delta x = V \Delta t$ محاسبه می شود که Δx برابر عرض قطب های آهنربا یعنی 3 cm

تصحیح و پوزش

قابل توجه دبیران محترم:

اشکال چاپی کتاب فیزیک سال چهارم رشته تجربی (کد ۲۸۸) مربوط به صفحات ۱۶۰ و ۱۶۱ به شرح ذیل اصلاح می شود،
۱- صفحه ۱۶۰، شکل (۸-۲) حرف I داخل شکل زاید است.

۲- صفحه ۱۶۱، فرمول درست:

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

با عرض پوزش از خوانندگان گرامی، در متن سرگذشت فیزیک شماره قبل (قسمت یازدهم) اشتباهاتی رخ داده است.

خواهشمند است آنها را بشرح زیر اصلاح فرمائید:

صفحه ۹، ستون وسط، سطر ۷ (از پایین به بالا)، اول سطر، درست: کتونی

صفحه ۷، ستون اول سطر آخر، (از پایین به بالا)، درست: قطب های

صفحه ۷، ستون وسط سطر پنجم درست: (مثلاً حاصل از آبشار) را

صفحه ۷، ستون سوم (زیرنویسها) شماره ۱ درست: Ohm

صفحه ۷، ستون سوم (زیرنویسها) شماره ۱۰ درست: Bourseul

صفحه ۷، ستون سوم (زیرنویسها) شماره ۱۳ درست: Bréguet



- ۱- فضا (در فیزیک)
- ۲- زمان (در فیزیک)
- ۳- مکانیک (فضا و زمان)
- ۴- نسبیت (م)

دارند، طول، زمان و جرم. نتیجه این مشاهده این است که فقط سه ثابت فیزیکی مستقل بعد دار وجود دارد که عبارتند از h ثابت پلانک، c سرعت مسير نور، G ثابت جهانی گرانشی نیوتن. البته بجای ثابت نیوتن ممکن بود که جرم یکی از ذرات بنیادی، مثل الکترون را نام ببریم. اما جرم ذرات بنیادی بعنوان ثابتهای فیزیکی تلقی نمی شود و ضمناً نمی دانیم که کدامین ذره بنیادی را برای این منظور بکار گیریم. البته اگر ذره ای با جرم

پلانک $M_{pl} = \sqrt{\frac{hc}{G}}$ وجود می داشت آنگاه می توانستیم که آنرا بعنوان ثابت سوم استفاده کنیم. زیرا علاوه بر آنکه ویژگی خاص خود را دارد در خاصیت دیگری نیز با ثابت دیگر فیزیک شریک است.

ثابتهای بعددار فیزیک، بنهوی آستانه تغییر نظریه های فیزیک به یکدیگر است. سرعت سیر نور مقیاس انتقال از تقریب مکانیک کلاسیکی به مکانیک نسبیتی است. به عبارت دیگر اگر سرعت حرکت ذره مسورد نظر V و c باشد، آنگاه در حوزه استفاده از مکانیک کلاسیک هستیم. یعنی تقریب مکانیک نیوتونی دارای دقت زیاد است. در حالیکه اگر $c \ll V$ باشد، محاسبات نسبیتی الزامی می شود. به همین ترتیب ثابت پلانک آستانه پدیده های کوانتومی را تعیین می کند. آن پدیده هائسی که اندازه حرکت (تکانه دورانی) کوچک و یا کنشی در حدود h داشته باشند، ملزم به استفاده از مکانیک کوانتومی برای توضیحشان هستیم. به این ترتیب M_{pl} نیز جرمی است که آستانه پدیده های کوانتم گرانشی را تعیین می کند. البته چنین نظریه ای تاکنون بطور همساز ارائه نشده است پس انتظار می رود در صورتیکه چنین نظریه ای پدید آید M_{pl} بعنوان پارامتر آستانه ای در آن نقش مهمی بازی کند.

مهم ترین مسئله دستگاههای اندازه گیری، انتقال اطلاعات است. ناظرها ممکن است هر یک دستگاه متفاوتی برای اندازه گیری تعریف کنند، اما هر دو به توضیح یک پدیده مشترک پردازند. این دو ناظر می توانند با یکدیگر تبادل نظر کنند و چنانچه هر دو در اندازه گیری های خود اشتباه نکرده باشند بایستی به یک نتیجه واحد برسند زیرا که هر دو یک پدیده را مورد مطالعه قرار داده اند. در اینجا مسئله ای که پیش می آید اینست که یکی از دو ناظر ممکن است دستگاه اندازه گیری غیر عادی انتخاب کرده باشد. قاعدتاً بایستی بتوان نتایج یک ناظر را به نتایج دیگری تبدیل کرد. این خاصیت بصورت یک اصل در فیزیک وارد شده است که بنام اصل هموردایی شناخته شده است. اصل هموردایی اظهار می دارد که شکل قوانین فیزیک بایستی مستقل از چهار چوب و دستگاه اندازه گیری باشد. همانطور که گفته شد این اصل بر اساس این انتظارات است که قوانین فیزیک واقعیتی مستقل از ناظر است و بایستی خصوصیات ناظر در واقعیت فیزیکی دخالت داشته باشد امکان مبادله اطلاعات و اصل هموردایی شروط سنگینی را بر ما تحمیل

فضا و زمان

سخنران: دکتر شاهین روحانی دانشگاه صنعتی شریف تهران

موضوعی که انتخاب کرده ایم مفهوم فضا و زمان در فیزیک است. همانطور که می دانید مفهوم فضا و زمان در قسمتهای مختلف فیزیک و طی دوره های مختلف عوض شده است. بطوریکه مرتباً پیش فرضهای حاصل از درک روزمره شکسته شده و پیچیدگی های زیادتری اضافه شده است. در این مقاله مفاهیم فضا و زمان را در چهار چوب تئوری های زیر بررسی خواهیم کرد:

- ۱- در مکانیک کلاسیک، یعنی همان درک روزمره
 - ۲- در مکانیک نسبیتی، یعنی در سرعت های بالا
 - ۳- در نسبت عام اینشتین یعنی تحت تأثیر گرانش
 - ۴- در چهار چوب تئوری های مدرن فیزیک نظری
- قبل از اینکه به بحث پردازیم لازم است که قدری به مفهوم اندازه گیری توجه کنیم. یک ناظر (مشاهده گر) برای خود یک دستگاه اندازه گیری تعریف می کند. وقتی که در کتاب و یا مقاله ای اشاره به ناظر می شود منظور شخص ناظر نیست بلکه دستگاه اندازه گیری است که آن شخص برای خود تعریف کرده است. هر ناظری برای خود یک چهار چوب تعیین می کند که معمولاً مشکل از سه خط عمود بر یکدیگر است که اندازه گیری فضا را به کمک آن انجام می دهد. این سه خط، معروف به محورهای مختصات هستند. علاوه بر محورهای اندازه گیری فواصل فضایی، پارامتر زمان نیز باید نسبت به مبدأ خاصی که زمان صفر باشد، به دستگاه اضافه شود. برای انجام عمل اندازه گیری احتیاج به آحاد است. بر ناظر لازم است، حداقل یک دستگاه اندازه گیری داشته باشد. البته اگر دستگاههای اندازه گیری متعدد باشند یک جدول تبدیل آحاد نیز به دستگاه اندازه گیری اضافه می شود. اندازه گیری کمیتهایی که ناظر در اطراف خود می بیند به مفهوم بُعد (دیمانسیون) و یا کمیتهای دارای بعد منجر می شود. معمولاً در اطراف خود سه کمیت می بینیم که بعدهای متفاوت از یکدیگر

می‌کند و همانطور که در پایین خواهیم گفت به درک عمیق‌تری از فضا و زمان منجر خواهد شد.

۱- مفهوم فضا و زمان در مکانیک کلاسیک

منظور از فضا چیست؟ در مکانیک، فضا دو نقش اساسی بازی می‌کند، اول ظرفی برای در بر گرفتن ماده و دوم میدانی برای توضیح حرکت اجسام است. برای این دو منظور، فضا خصوصیات خاصی باید داشته باشد که به آنها می‌پردازیم.

فضا باید متریک باشد. یعنی اگر از نقطه A به B و سپس به نقطه C برویم (که بر یک امتداد نباشند) فاصله بیشتری را باید پیمود تا اینکه از A به C برویم. این خاصیت غیر قابل اثبات است و یکی از اصول موضوع فضا می‌باشد.

فضا باید تخت باشد. البته مکانیک کلاسیک تناقضی با فضایی که دارای انحناست ندارد. اما معمولاً فضا تخت فرض می‌شود. در فضای تخت بنا بر تعریف، کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه خط راست است. لازم به تذکر است که متریک بودن فضا تناقضی با انحنای آن ندارد. بعنوان مثال سطح کره دارای انحناست ولی متریک هم می‌باشد. برای درک بهتر این موضوع در نظر بگیرید. که قصد سفر بین دو شهر روی کره زمین را دارید مسلماً کوتاه‌ترین مسیر بین دو شهر خطی است که این دو شهر را به یکدیگر وصل کرده و قسمتی از دایره عظیمه‌ای است که از این دو شهر می‌گذرد. اگر بجای سفر روی این دایره عظیمه به شهر سوم سفر کنیم بدون شک مسافت بیشتری را باید پیمود. ضمناً کوتاه‌ترین فاصله، چون دایره عظیمه است پس خط راست نیست.

فضا باید متصل باشد. یعنی بین هر دو نقطه همیشه نقطه سومی وجود داشته باشد و فضا باید لاینتهایی باشد زیرا که حد و انتها برای فضای فیزیکی نمی‌توان تصور شد.

اما تعداد ابعاد فضا چند تا است؟ بد نیست که اول تعریفی از بعد بدهیم سپس به شمارش آن پردازیم. تعاریف متعددی برای بعد داده شده که در اینجا سه‌تای آن را ذکر می‌کنیم. تعداد پارامترهای لازم برای توضیح اجسام درون فضا را بعد نامیده‌اند. اغلب اشکال منظم مانند مکعب، هرم، غیره حداقل به سه پارامتر نیاز دارند. اشکال پیچیده‌تر نیز سه پارامتر برایشان کافی است، هر چند در نگاه اول ممکن است بنظر برسد که بعضی از اشکال مثل شاخه‌های درخت به پیش از سه پارامتر نیاز دارند اما قدری تأمل نشان می‌دهد که چنین نیست. تعریف دیگر از بعد، تعداد جهات حرکت مستقل از یکدیگر است. تعداد جهات شناخته شده ۳ تا است، شرق و غرب، شمال و جنوب، و بالا و پایین (البته حرکت در جهت منفی را در نظر باید گرفت تا شش جهت نامبرده به سه جهت مستقل تبدیل شود) توجه داشته باشید که حرکت در جهات دیگر مثل شمال شرقی ترکیبی از

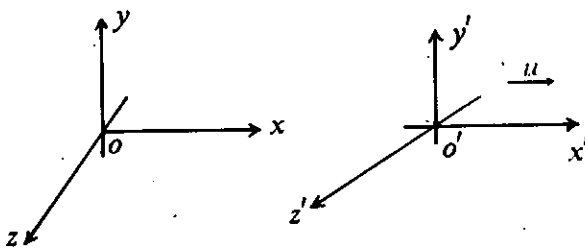
حرکت در دو جهت شمال و شرق است. آخرین تعریفی که اینجا از آن نام می‌بریم خطوط عمود بر یکدیگر است. به عبارت دیگر تعداد خطوطی که می‌توان بر یکدیگر در یک نقطه از فضا عمود ساخت ۳ تا می‌باشد. برتری این تعریف استقلال آن از موجودیات فضاست دو تعریف قبل محتاج وجود اجسامی در فضا بودند که بتوانند حرکت کنند و یا احتیاج به توضیح شکل آنها داشته باشیم. بدین ترتیب مطابق هر سه تعریف تعداد ابعاد فضا برابر سه است. قبل از اینکه پیش برویم لازم است که راجع به زمان نیز چند کلمه بگوییم.

زمان، پارامتر مطلق است که بوسیله آن پیش و پس بودن رویدادها را نسبت به یکدیگر تعیین می‌کنیم. از آنجهت آنرا مطلق می‌دانیم که یعنی در برابر پیش و پس بودن اتفاقات نداریم و همه هم‌موقوت هستیم. زمان باید متصل، لاینتهایی و تخت باشد. تغییرات مکان نسبت به پیش و پس بودن اتفاقات را سرعت می‌نامیم که مفاهیم فضا و زمان را ترکیب کرده اندازه‌گیری را ایجاب می‌کند.

هم اکنون آماده هستیم که اصل هم‌وردایی را در مکانیک کلاسیک مورد مطالعه قرار دهیم. فرض کنید که دو ناظر مشغول بررسی پدیده خاصی هستند اما یکی از این دو، دستگاه مختصاتی انتخاب کرده است که در حال حرکت نسبت به ناظر ساکن می‌باشد. قوانین حرکت نیوتن از دیدگاه ناظر متحرک بایستی همان باشد که از دیدگاه ناظر ساکن است.

فرض کنید که دستگاه دوم با سرعت u نسبت به سیستم اول در حال حرکت به سمت راست است است مختصات دستگاه متحرک را با x', y', z' نشان می‌دهیم رابطه بین دو دستگاه بسادگی بدست می‌آید:

$$\begin{cases} x' = x - ut \\ y' = y \\ z' = z \end{cases} \quad (1)$$



و چون زمان مطلق است داریم $t' = t$ اکنون بسادگی می‌توان ثابت کرد که قانون دوم نیوتن در هر دو دستگاه یکی است.

$$\vec{F} = m \frac{d^2 \vec{x}}{dt^2} \quad (2)$$

یعنی بجای \vec{x} می‌توان \vec{x}' و بجای t می‌توان t' را نوشت و معادله

تغییر نمی‌کند. روابط ۱ معروف به تبدیلات گالیلو هستند. تبدیلات گالیلو قوانین نیوتن را تغییر نمی‌دهند. اینکه قوانین نیوتن و تبدیلات گالیلو به یکدیگر مرتبط هستند، اتفاقی نیست. بعنوان مثال در قوانین مکانیک ارسطویی، که نیرو متناسب با سرعت است:

$$\vec{F} = km \frac{d\vec{x}}{dt} \quad (۳)$$

(توجه کنید که در معادله ۳ ضریب k وارد شده تا تعادل بعد حفظ شود.) این روابط تحت تبدیلات گالیلو ناوردا نیستند و سرعت حرکت چهار چوب، وارد معادله می‌شود.

$$\vec{F} = km \left(\frac{d\vec{x}'}{dt} + \vec{v} \right) \quad (۴)$$

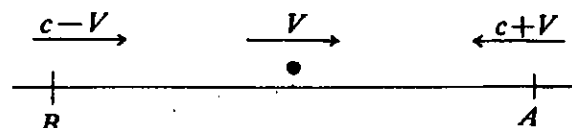
که البته با اصل هم‌وردایی در تناقض است. ورود پارامتر u (سرعت حرکت چهار چوب)، در معادلات حرکت باعث اشکال است. زیرا که واقعیت فیزیکی نمی‌تواند با خصوصیات ناظر تغییر کند و بایستی که مستقل از ناظر باشد. پس یا قانون حرکت ارسطویی و یا تبدیلات گالیلو اشتباه می‌باشند. البته با توجه به اینکه قوانین حرکت نیوتن را درست می‌دانیم پس تبدیلات گالیلو باید درست باشند. در اینجا می‌بینیم که چگونه مکانیک تعبیر مشخصی از فضا و زمان را به ما تحمیل می‌کند. به عبارت دیگر به کمک مشاهدات مکانیکی می‌توان به ماهیت فضا و زمان پی برد.

در بحث بالا فرض شد که دو ناظر متحرک و ساکن، اشکالی در برقراری ارتباط و تبادل اطلاعات با یکدیگر ندارند و هر مشاهده ناظر اول را ناظر دوم آلفی می‌داند. این به معنی انتقال اطلاعات با سرعت بینهایت زیاد است. که البته ممکن است چنین نباشد و این موضوع ما را به بحث نسبیست می‌کشاند.

۲- مفهوم فضا و زمان در مکانیک نسبیتی

علاوه بر اصل هم‌وردایی، دو اصل تازه وارد بحث می‌شوند. یکی اینکه سرعت سیر نور در تمام چهار چوبهای لخت، مستقل از سرعت چهار چوب بوده و برابر c است. دوم اینکه سرعت سیر نور حد بالای سرعت انتقال اطلاعات است. قبول کردن این اصول موجب می‌شود که تبدیلات جدیدی از فضا و زمان بدست آید و فهم ما از زمان و فضا عوض شود.

ناظری را در نظر بگیرید که بین دو ایستگاه در حال حرکت است



شکل (۱)

اطلاعات از ایستگاه A با سرعت $c+V$ به او می‌رسد در حالیکه از ایستگاه B اطلاعات با سرعت $c-V$ به او می‌رسد، که این البته غیر ممکن است زیرا که فرض کردیم که حداکثر سرعت باید c باشد.

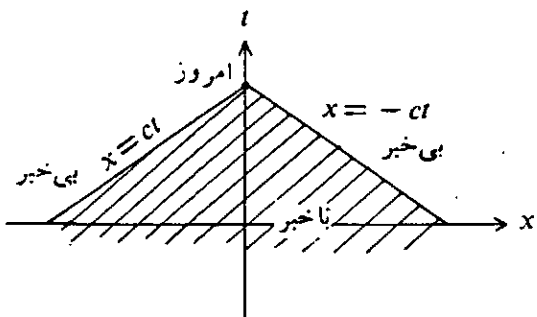
پس چگونه می‌توان این تناقض را بر طرف کرد؟ رفع تناقض محتاج استفاده از تبدیلات لورنتز برای فضا-زمان است.

این تبدیلات عبارتند از:

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma(t - xv/c^2) \end{cases}, \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (۵)$$

که برای حرکت یکنواخت در خط راست در جهت محور x است. تبدیلات (۵) دارای خصوصیت عجیبی هستند که زمان و فضا را بطور مشابه مخلوط می‌کنند. همانطور که می‌دانید این اختلاط منجر به اتساع زمان و انقباض طول می‌شود، البته این دو پدیده از دید ناظر متحرک است. اگر دیدگاه را عوض کنیم یعنی دو ایستگاه شکل ۱ را در حال حرکت به سمت چپ و ناظر را ساکن بگیریم. از دید ایستگاهها زمان برای ناظر اولیه متسع شده و طول منقبض شده‌اند. خاصیت دیگری که پیش می‌آید اینست که ناظر متحرک مشاهده می‌کند که ساعتها در دو ایستگاه A و B همزمان نیستند و عجیب‌تر آنکه او مشاهده می‌کند که همزمانی این دو ساعت تابعی از سرعت اوست به این ترتیب اندازه‌گیری مطلق زمان مورد سؤال قرار می‌گیرد. در واقع زمان در نسبیست، مطلق نیست و بستگی به ناظر و مکان دارد.

دیگر اینکه افق اطلاعاتی بوجود می‌آید. اگر نموداری از فضا-زمان بکشیم.

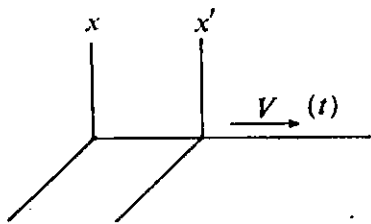


شکل (۲)

«امروز» نقطه‌ای روی محور زمان است. از این نقطه دو خط $x = \pm ct$ خارج شده مثلثی را تشکیل می‌دهد که رأس آن امروز است. هر آنچه که در داخل مثلث قرار دارد پدیده‌هایی است که از آن یا خبریم و هر آنچه که در خارج مثلث قرار

در صورتیکه چنین تبدیلاتی در نظر بگیریم پدیده جایی مشاهده می‌کنیم.

بعنوان مثال از تبدیلات عام، حرکت شتابدار در دستگاه اندازه‌گیری نسبت به یکدیگر را در نظر بگیرید.



شکل (۳)

که دستگاه x' نسبت به x با سرعت متغیر $V(t)$ حرکت می‌کند. در اینصورت قانون تبدیل مختصات بدست می‌آید:

$$x' = x - \int V(t) dt \quad (۷)$$

اکنون اگر معادلات نیوتن را مورد مطالعه قرار دهیم می‌بینیم که

$$m \frac{d^2 x'}{dt'^2} = m \frac{d^2 x}{dt^2} - m \frac{dV}{dt} \quad (۸)$$

جمله جدیدی در سمت راست معادله پیدا شده که از نوع حاصلضرب جرم و شتاب است، یعنی نیروی جدیدی است،

$$F' = F - f \quad (۹)$$

نیروی f مشخصه دستگاه مختصات است و واقعی نیست یعنی استقلال فیزیکی ندارد. نیروی گریز از مرکز از این نوع است. پس می‌بینیم که دستگاههای مختصات ما تبدیلات عمومی نیروهایی را وارد فیزیک می‌کند که مشخصه دستگاه هستند.

اینشتین تشخیص داد که نیروی گرانش از این نوع است. همانطور که می‌دانید سقوط آزاد موجب احساس بی‌وزنی می‌شود. یا به عبارت دیگر احساس وزن ناشی از دستگاه مختصاتی است که دارای شتاب است.

اگر جرم، فضای اطراف خود را تغییر دهد بطوریکه آن فضا دیگر تخت نباشد ما که ناظر هستیم بدون اطلاع از این پدیده، بخواهیم استفاده از دستگاه مختصاتی بکنیم که تخت است نتیجه چه می‌شود؟ نتیجه این می‌شود که ناچار می‌شویم نیروهایی از نوع f وارد معادلات بکنیم که می‌دانیم ناشی از مجاورت اجرام بزرگ است. البته ممکن است بگویید که دو تصویر یعنی گرانش و یا تخت نبودن فضا هر دو معادل هستند. جواب این سوال را آزمایش می‌دهد. اگر نیروی گرانش روی جرم‌ها را اصل قرار دهیم آنگاه نور که جرم صفر دارد بایستی که تحت تأثیر گرانش قرار نگیرد در حالیکه آزمایش معروف انحنای نور ستارگان در کسوف در حوالی خورشید بدون شک نشان می‌دهد که فضا در حوالی خورشید تخت نیست. علاوه بر این چون بنا بر اصل فرما، نور فاصله بین دو نقطه را در کوتاهترین مدت طی می‌کند، انحنای مسیر نور باید ناشی از انحنای فضا

دارد پدیدهایی هستند که از آنها نمی‌توانیم خبر داشته باشیم. اگر مثلث را ادامه دهیم تا ارتفاع آن مقدار زمانی را که مساوی طول عمر جهان است نشان می‌دهد، آنگاه ضلع‌های مثلث، افق اطلاعاتی ما را بدست می‌دهند. آنچه خارج از افق است بر ما مجهول می‌ماند.

اکنون می‌توانیم هم زردایی قوانین نیوتن را تحت تبدیلات گالیله مورد مطالعه قرار دهیم. می‌بینیم که قوانین نیوتن یکسان نمی‌مانند یعنی هم‌وردا نیستند. پس مکانیک نیوتن نیاز به تصحیح دارد که مکانیک نسبیتی را بدست می‌دهد. اما قوانین ماکسول تحت تبدیلات لورنتز ناورد است. پس قوانین ماکسول تبدیلات لورنتز را بما تحمیل می‌کنند. یا به عبارت دیگر صحت قوانین الکترو مغناطیسی به معنی آنست که دره ما از فضا و زمان بایستی عوض شود و مفهوم زمان مطلق را بایستی کنار بگذاریم.

دقت فرمایید که قوانین ماکسول تحت تبدیلات گالیله ناورد استند و ما بایستی بین مکانیک نیوتنی و تبدیلات گالیله از طرف دیگر و قوانین ماکسول و تبدیلات لورنتز از طرف دیگر انتخاب بکنیم، که تجربه طرف تبدیلات گالیله را می‌گیرد.

در نسبیت خاصی پارادوکس (متناقض نما) دوقلوها معروف است که در اینجا به سرعت آنرا مرور می‌کنیم. فرض کنید دو برادر دوقلو (که بناچار تقریباً هم سن هستند) را تحت آزمایش زیر قرار دهیم یکی از دو برادر سوار بر موشک شده و به سرعت زمین را ترک می‌کند و پس از چند سال به زمین باز می‌گردد کدامیک از دو برادر کمتر عمر کرده است (شاید همچنان هم سن باشند) اگر برادری که به فضا رفته جوانتر باشد دیدگاه را به ناظر سوار بر موشک تغییر دهیم او می‌بیند که زمین با سرعت دور می‌شود و زمان در زمین اتساع پیدا کرده و برادری که در زمین مانده است جوانتر باید بماند. در حالیکه برادری که در زمین مانده است جوانتر باشد استدلال بالا را دیدگاه ناظر زمین تکرار کرده نتیجه می‌گیریم که برادر سوار بر موشک باید جوانتر باشد. شاید هم دو برادر یکسان عمر می‌کنند و اتساع زمان فقط پدیده‌ای ظاهری است.

این آزمایش را می‌توان با هواپیما به جای موشک و بوسیله ساعت‌های دقیق اتمی انجام داد و نتیجه این است که ساعتی که در داخل هواپیماست و به سفر رفته کمتر بر آن زمان گذشته است. این نتیجه احتیاج به نسبیت عام جهت توضیح دارد که اکنون به آن می‌پردازیم.

۳- مفهوم فضا و زمان در نسبیت عام

منظور از نسبیت عام تبدیلاتی است که مختصات دستگاه جدید را بر حسب دستگاه قدیم بصورت تابع عمومی f بدهند:

$$x' = f(x, y, z, t) \quad (۶)$$

۴- مفاهیم مدرن از فضا و زمان.

اساس فیزیک مدرن بر مکانیک کوانتمی است و ما تاکنون در بحث خصوصیات فضا و زمان را از نقطه نظر مکانیک کوانتمی مورد مطالعه قرار نداده ایم. این مورد، البته مشکل ایجاد می‌کند زیرا که مکانیک کوانتمی به اجبار، ریاضیات پیچیده وارد می‌کند و من سعی کرده‌ام که از دخالت ریاضیات جلوگیری کنم. تلفیق مکانیک کوانتمی و نسبیت مارا وادار به قبول حد بالا برای انتقال اندازه حرکت می‌کند.

اینکه چرا چنین است احتیاج به ریاضیات پیچیده دارد. که در اینجا مایل به ارائه نیستم اما قبول کنیم که حد بالای اندازه حرکت وارد فیزیک شود مثلاً $(10) \lambda_p \leq p$ با توجه به اینکه λ_p ابعاد اندازه حرکت را دارد می‌توانیم ثابتی دیگر با ابعاد فضا بسازیم

$$\epsilon = \frac{h}{\lambda_p} \quad (11)$$

در رابطه (۱۱) h ثابت پلانک است. ثابت جدید ϵ چگونه چیزی ممکن است باشد؟ توجه کنید که λ_p حد بالای اندازه حرکت است پس باید خیلی زیاد باشد بنا بر این ϵ بسیار کوچک است. آیا ϵ می‌تواند حد پایین نزدیکی دو نقطه در فضا باشد؟ اگر فضا را بتوان منفصل گرفت و فاصله بین دو نقطه فضا ϵ باشد. آنگاه هم‌ارزی فضا و زمان از طریق تبدیلات لورنتزگر بیانگر ما می‌شود و ناچار می‌شویم که τ (ناو) کوتاه‌ترین فاصله زمانی را نیز تعریف کنیم که عبارت است از مدت زمانی که نور مسافت ϵ را طی می‌کند. این برابر است با:

$$\tau = \frac{h}{c\lambda_p} \quad (12)$$

دقت بفرمایید که دو رابطه (۱۱) و (۱۲) با اصل عدم قطعیت هایزنبرگ همساز هستند. پس باید فضا وزمانی منفصل فرض کرد. به عبارت دیگر فضا و زمان پهنه‌ای می‌شود متشکل از نقاط بسیار زیادی که کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. مثل سلولهای پوست که از دور تصویری متصل و یکدست ایجاد می‌کند ولی از نزدیک این پهنه فضا - زمان متصل دیده نمی‌شود و دارای ساختمان ریزی است.

آیا می‌توانید تصور کنید که متریک بودن فضا را از دست بدهیم؟ لازم به ذکر است که این بخش پنجم هنوز مورد تأیید تجربه قرار نگرفته است و بیشتر از جهت ارائه مطالب مدرن مورد بحث قرار گرفته است.

مراجع:

- 1- Fundamentals of Modern Physics, Iseberg.
- 2- Gravitation, Thorne, Misner, Wheeler.
- 3- نسبیت خاص، رزینک، چاپ مرکز نشر دانشگاهی.

باشد. فقط در فضاهای با انحناست که کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه خط راست نیست. اگر قبول کردیم که فضا تخت نیست، هم ارزی فضا - زمان مسئله دیگری را پیش می‌کشد.

در تبدیلات لورنتز (معادلات ۵) مشاهده کردیم که فضا و زمان بصورت مشابه تحت تبدیلات لورنتز با یکدیگر مخلوط می‌شوند. پس اگر فضا دارای انحناست زمان نیز باید تخت نباشد. چگونه چنین ممکن است؟

البته تصور انحنا برای زمان مشکل‌تر از فضاست. آنچه باید تصور کرد انحنای پهنه‌ای است که سه بعد آنرا فضا و یک بعد آنرا زمان تشکیل می‌دهد. بطور تجربی انحنا زمان را می‌توان مشاهده کرد. بنا بر نظریه نسبیت عام انحنای زمان در جوار جرم‌های بزرگ بیشتر می‌شود و یا به عبارت دیگر تپش زمان نزدیک اجرام بزرگ کم می‌شود.

در اینصورت باید این تغییر تپش را بتوان مشاهده کرد. در سطح کره زمین تغییر تپش زمان در پایین و بالای یک برج صد متری بسیار کم است ولی همچنان با استفاده از آزمایش مس باوئر (Mossbauer) قابل مشاهده است. اختلاف زمان دوساعت اتمی که یکی در هواپیما و دیگری روی سطح زمین است نیز ناشی از اختلاف تپش زمان در ارتفاعات مختلف و شتابهای هواپیما هستند. در واقع این شتاب است که تغییری در اتساع زمان ایجاد می‌کند. به این ترتیب نسبیت عام یکی دیگر از پیش‌فرضهای ما را در مورد فضا و زمان از بین برد و ما ناچار هستیم که قبول کنیم فضا تخت نیست. تخت نبودن فضا امکان این را می‌دهد که انحنای آن بقدری زیاد باشد که بتواند روی خود جمع شود. برای درک این پدیده بایستی که کره‌ای سه بعدی را تصور کرد که حرکت در هر جهتی اگر به اندازه کافی ادامه داده شود به نقطه آغاز باز می‌گردد. به این ترتیب فضا می‌تواند متناهی باشد ولی بدون حد.

در مفهوم دیگری نیز باید شک کرد. اگر فضا بتواند تخت نباشد شاید ابعاد متناهی بسیار کوچکی دارد که از چشم نیز بین فیزیکدانان مخفی مانده‌اند. البته این پدیده ممکن است بشرط آنکه مقیاس این ابعاد بسیار کوچک باشد (در حدود $10^{-15}m$).

در اینصورت مشاهدات هسته‌ای بوجود آنها بی نمی‌برد. پس فضا می‌تواند به تعداد دلخواه ابعاد بسته کوچک داشته باشد. آیا زمان هم می‌تواند بسته باشد؟

بسته بودن زمان با علیت مغایرت دارد. اگر دقت کنیم می‌بینیم که تواتر رویدادها به علیت وابستگی دارد و بنا بر این اگر زمان بعدی بسته و متناهی داشته باشد علیت دچار اشکال می‌شود. پس یک بعد زمانی متصل، لایتناهی و اجباری است. اما تعداد ابعاد فضا می‌تواند دلخواه باشد بشرط اینکه ۳ نای آنها باز و یا مقیاس بسیار بزرگ داشته باشند.

اما چه خصوصیتی از فضا و زمان تاکنون دست نخورده باقی مانده‌اند تا اینجا فضا متصل و متریک مانده است و همینطور زمان متصل مانده است آیا در این خصوصیات می‌توان شک کرد؟

۱- آزمایش (میدان مغناطیسی و نور)

۲- نور (پولاریزه)

۳- مغناطیسی (میدان مغناطیسی)

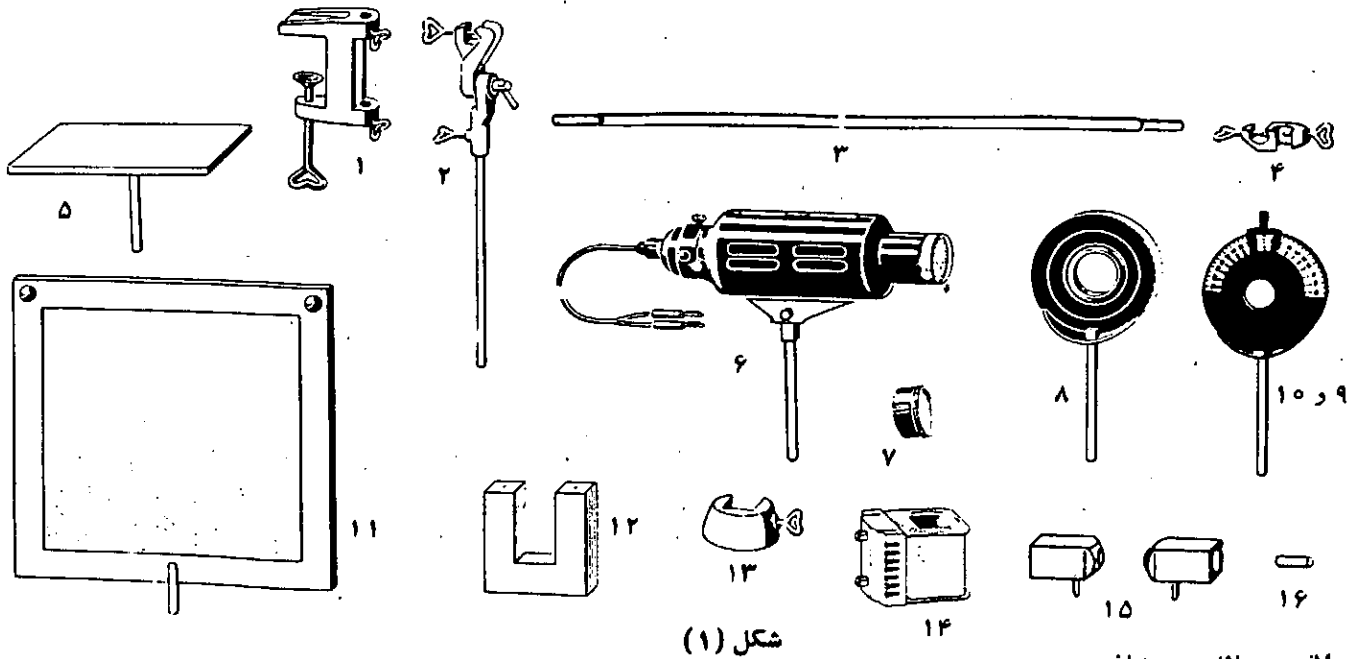
آزمایش میدان مغناطیسی و نور

اثر فارادی

ترجمه و تنظیم: حسنعلی وحید

عبور دادن آن از صفحه نازک پولاروید میباشد (در صفحه پولاروید بلورهای کوچک سوزنی شکلی به طور موازی قرار گرفته اند که عبور نور از آنها باعث قطبی شدن نور میگردد). در آزمایش زیر اثر میدان مغناطیسی بر نور پولاریزه (قطبی شده) مورد مطالعه قرار میگردد.

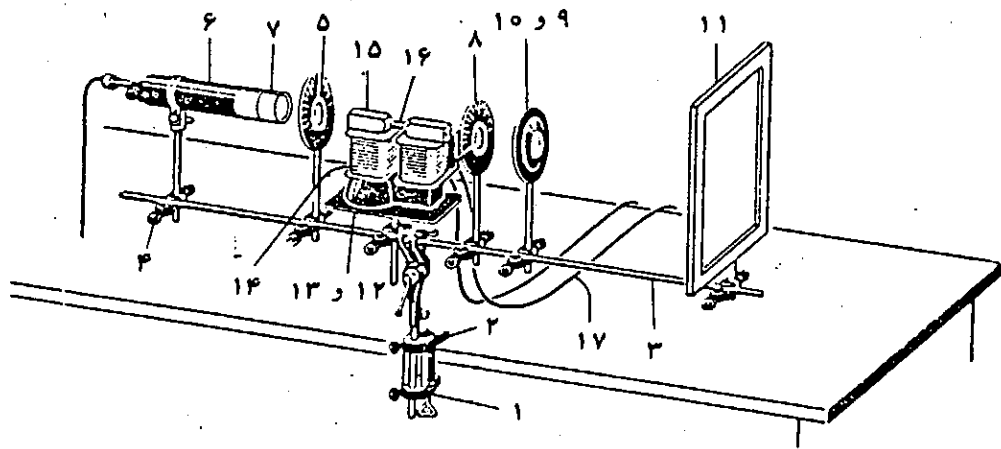
مقدمه- امواج نورانی از نوع ارتعاشات عرضی هستند، وقتی یک دسته پرتو نور کاملاً پولاریزه (قطبی) شود ارتعاش فقط در یکی از راستاهای عمود بر امتداد انتشار صورت میگیرد در این حال صفحه شامل امتداد انتشار و امتداد ارتعاش را صفحه پولاریزاسیون (قطبش) می نامند. یکی از راههای قطبی کردن نور



شکل (۱)

الف- وسائل مورد نیاز

- | | | | |
|--------------------------------|-------|---|-------|
| ۱- گیره کنار میز | عدد ۱ | ۹ و ۱۰- جای عدسی با عدسی به قطر 42mm و فاصله ۱ | عدد ۱ |
| ۲- میله مفصلدار | عدد ۱ | کانونی $+15\text{cm}$ | عدد ۱ |
| ۳- میله ۱۰۰ سانتی متری | عدد ۱ | ۱۱- پرده نیم شفاف | عدد ۱ |
| ۴- گیره دوسر | عدد ۶ | ۱۲- هسته آهنی ورقه ای [شکل] | عدد ۱ |
| ۵- صفحه میله دار | عدد ۱ | ۱۳- گیره پایه | عدد ۱ |
| ۶- چراغ رویتز | عدد ۱ | ۱۴- سیم بیج ۳۰۰ دور | عدد ۲ |
| ۷- متمرکز کننده نور (کندانسور) | عدد ۱ | ۱۵- یک جفت قطعه آهن سوراخ دار (قطبهای آهنربای الکتریکی) | عدد ۱ |
| مضاعف | | ۱۶- یک قطعه شیشه فلینت برای مطالعه اثر فارادی | عدد ۱ |
| ۸- پولاروید | عدد ۲ | | |



شکل (۲)

۱۷- سیمهای رابط

۱۸- منبع تغذیه الکتریکی

(که بتوان از آن جریان ۶ ولت برای روشن کردن لامپ رویتور و جریان مستقیم ۸ ولت برای به کار انداختن آهنربا گرفت)

ب- روش آزمایش

۱- ابتدا گیره (شماره ۱) را به کنار میز بسته و میله مفصلدار (شماره ۲) را در آن قرار داده پیچ دستگاه را سفت میکنند و میله ۱۰۰ سانتیمتری (شماره ۳) را به وسیله میله مفصلدار به طور افقی نگاه میدارند و همه وسائل دیگر را به کمک گیره دوسر (شماره ۴) روی میله یک متری می بندند.

۲- صفحه میله دار (شماره ۵) را به وسط میله ۱۰۰ سانتیمتری بسته و آهنربای الکتریکی متشکل از هسته آهنی و ۲ عدد سیم پیچ ۳۰۰ دور که به طور متوالی به هم وصل شده اند روی آن قرار میدهند.

۳- شیشه فلینت (شماره ۱۶) را بین قطعات آهنی سوراخدار (شماره ۱۵) قرار داده روی قطعات آهنربای الکتریکی میگذارند.

۴- چراغ رویتور با متمرکزکننده مضاعف ($f = 6cm$) را در یک طرف میله صد سانتیمتری بسته و صفحه نیم شفاف را طرف دیگر آن می بندند، بین آهنربای الکتریکی و صفحه نیم شفاف نیز عدسی محدب ($f = 15cm$) قرار میدهند.

۵- چراغ رویتور را با اختلاف پتانسیل ۶ ولت روشن نموده و به کمک متمرکزکننده نوری مضاعف، نور را روی تیغه شیشه‌ای فلینت متمرکز مینمایند و به وسیله عدسی محدب تصویر را روی صفحه نیم شفاف مشاهده میکنند.

۶- سپس در دو طرف آهنربای الکتریکی دو صفحه پلاروید قرار میدهند و قبل از به کار انداختن آهنربا یکی از صفحات پلاروید را

میچرخانند تا لکه نورانی روی صفحه نیم شفاف به خوبی دیده شود، حال چنانچه مجدداً آنرا به اندازه زاویه معینی بچرخانند لکه نورانی کاملاً محو میشود (زاویه چرخش اخیر را معین میکنند).

۷- آهنربای الکتریکی را با جریان مستقیم ۸ ولت به کار میاندازند و مجدداً همان پلاروید را میچرخانند تا لکه نورانی کاملاً محو شود (زاویه جدید را هم تعیین میکنند).

۸- در این حال جهت جریان برق را در آهنربای الکتریکی تغییر میدهند لکه نورانی دیده میشود، مجدداً همان پلاروید را میچرخانند تا لکه نورانی کاملاً محو گردد، چرخشی که برای محو آن لازم است دوباره حالت قبل میباشد. (در جهت مخالف) نتایج: ۱- وقتی نور در میدان مغناطیسی منتشر می شود صفحه قطبش (پولاریزاسیون) دچار چرخشی می شود.

۲- زاویه چرخش بستگی به ماده‌ای دارد که نور در آن منتشر می شود. این زاویه در شیشه فلینت سنگین بطور قابل توجهی بزرگ است.

۳- جهت چرخش صفحه پلاریزاسیون بستگی به جهت میدان مغناطیسی دارد.

منابع:

۱- فیزیک بوسیله آزمایشها، از متن فرانسوی

La physique par experiences

Dr. B. Bretschneider

۲- کتاب فیزیک درسی دبیرستانها

۱- فیزیکدان (جان باردین) (۱۹۰۸-۱۹۹۱) یادبود

۲- نوبل (۱۸۹۵-۱۹۷۲) (ترانزیستور)

۳- اختراع (ترانزیستور)

۴- ایررسانا

جان باردین

۹



میلادی

۱۹۰۸-۱۹۹۱

نوشته: جرالدریکایزن، پرفسور فیزیک دانشگاه کنت در انگلستان
ترجمه: دکتر عزت‌الله ارضی، گروه فیزیک دانشگاه تهران

اولین قدم در این راه بود، چرا که اهمیت حامل‌های اقلیت را نشان داد و تحقیقات بعدی را برانگیخت. برای باردین، این کار یک تکه تحقیقات نمونه بود، که از درک فیزیک بنیادی مسئله (در این مورد، درک حالت‌های سطحی الکترون‌ها در نیم‌رساناها) شروع شد و آنقدر گسترش پیدا کرد تا به یک قطعه عملی روی میز کار تبدیل شد. همین قطعه نسبتاً شکننده بود که از آن صنایع نیرومند امروزی الکترونیک و کامپیوتر به دنیا آمدند. هر سه مخترع، باردین، براتین و شاکلی، مشترکاً برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۵۶ شدند.

با مرگ جان باردین در ۳۵ ژانویه ۱۹۹۱ میلادی، قرن بیستم یکی از مردان بزرگ علم خود را از دست داد. دو جایزهٔ نوبلش یا آنطور که او متواضعانه می‌گوید، دو سوم یک جایزهٔ نوبلش، برای پژوهشی بود که منجر به دو انقلاب در عصر او شد. او به همراه والتر براتین^۲، ترانزیستور اتصال نقطه‌ای^۳ را اختراع کرد و برای اولین بار چگونگی عملکرد ترانزیستور را به نمایش گذاشت. گرچه این قطعهٔ الکترونیکی در عمل عمدتاً جایش را به ترانزیستور اتصالی^۴ که بعداً توسط ویلیام شاکلی^۵ اختراع شد داد، ولی



مدال نوبل

بازنشستگی عنوان دوگانه پرفسور مهندسی برق و پرفسور فیزیک را داشت، نقل مکان کرد.

جان باردین بنبر از دو جایزه نوبلش، به افتخارات بسیار دیگری نائل شد، از جمله مدال آزادی ریاست جمهوری و عضویت بسیاری از جوامع علمی خارجی از جمله جامعه علمی سلطنتی انگلیس. او از سال ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۲ میلادی در کمیته علمی مشورتی ریاست جمهوری عضویت داشت و در سالهای ۱۹۶۸ و ۱۹۶۹ میلادی، ریاست جامعه فیزیکدانهای آمریکایی را به عهده داشت.

علیرغم اینهمه معروفیت، او مردی ساکت و مهربان بود و خیلی سخاوتمندانه وقت و ایده‌هایش را در اختیار دیگران قرار می‌داد. موقعی که از او سؤال می‌شد، قبل از مبادرت به جواب، برای مدتی طولانی، گاهی اوقات مهوتانه، فکر می‌کرد و بعداً جواب می‌داد ولی جوابی جامع و گهر بار. بیرون از فیزیک، یک گلف باز مشتاق بود و فردی وقف خانواده‌اش. هر دو پسرش با دنباله‌روی از او فیزیک خواندند و دخترش نیز با یک فیزیکدان ازدواج کرده است.

زیر نویسها:

- 1- Obituary of John Bardeen. By Gerald Rickayzen. Physics World (April 1991). 4 (4), P 65.
- 2- Walter Brattain
- 3- Point - Contact transistor
- 4- Junction transistor
- 5- William Shockley
- 6- Kammerlingh. Onnes
- 7- Herbert Fröhlich
- 8- B. Serin group
- 9- E. Maxwell
- 10- Leon Cooper
- 11- Robert Schrieffer
- 12- Physics Review
- 13- Bogoliubov - Valatin
- 14- Josephson effect
- 15- Work function

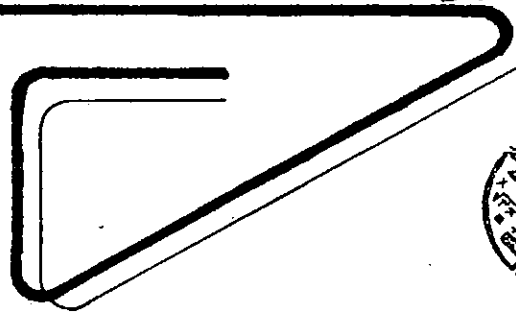
نه فقط بخاطر درون بینی و ژرف نگری بنیادیش بلکه بخاطر جامعیتش و همچنین بخاطر این حقیقت که تعداد اشتباهات آن بسیار کم بود.

گرچه تئوری ابررسانایی منجر به کاربردهایی شد و قابل توجه‌ترین آنها از طریق مغناطیس‌ها و قطعاتی بود که بر اساس اثر جوزفسون^{۱۴} استوار بود، ولی انقلابی شبیه انقلاب الکترونیک تولید نکرد. از طرف دیگر، تأثیر آن بر تفکرات فیزیکی، به عنوان سرمشقی برای استفاده از مفاهیمی نظیر جفت شدن، پارامترهای آراستگی، آراستگی دوربرد غیر قطری و شکست تقارن، هنگامت بوده است. با کشف اخیر ابررساناهای دمای بالا، کاربرد آن ممکن است گسترده‌تر از این هم بشود.

جان باردین در تمام کارهایش، در هر مسئله آنقدر مواظب می‌گردد تا به کله مطلب پی ببرد و مدلهای فیزیکی ساده‌ای، نظیر برهمکنش دائمی جاذبه‌ای الکترون‌ها در ابررساناها، طراحی می‌کرد و در عین حال قدرت این را داشت که آزمایش‌های واقعی برای امتحان ایده‌هایش طراحی کند. گرچه او یک ریاضی‌دان قابل بود، ولی هرگز مسحور ریاضیات نشد و همیشه از ساده‌ترین ابزارها استفاده می‌کرد.

او در سال ۱۹۰۸ در مادیسون ویسکانسین، جایی که پدرش رئیس مدرسه پزشکی بود، به دنیا آمد و در همانجا اولین درجه دانشگاهی خود یعنی لیسانس مهندسی برق را در دانشگاه ویسکانسین گذراند. برای مدتی روی مسائل ژئوفیزیک کار کرد و در استخدام آزمایشگاه‌های تحقیقاتی خلیج بود. بعداً تغییر رشته داد و به ریاضیات و فیزیک رو آورد و در انستیتوی مطالعات پیشرفته در پریستون پایان‌نامه دوره دکترایش را در مورد «تابع کار»^{۱۵} در فلزات نوشت. بعد از جنگ جهانی به آزمایشگاههای تلفن بل رفت و پس از اختراع ترانزیستور در آنجا، به دانشگاه ایلی‌نویز، جایی که تا زمان

در حالس که این پژوهش، به خاطر جستجو برای پیدا کردن قطعات الکترونیک جامد برانگیخته شده بود، پژوهشی که منجر به اعطای دومین جایزه نوبل به وی شد، بر اساس اشتیاق او برای درک پدیده ابررسانایی بود که در سال ۱۹۱۱ توسط کامرلینگ اونس^۶ کشف شده بود و به مدت زیادی به عنوان یک مسئله بسی جواب باقی مانده بود. در سال ۱۹۵۰، هربرت فروهلیش^۷، مکانیسمی که در آن فونونها را بکار می‌برد، برای ابررسانایی پیشنهاد کرد و بستگی دمای گذار ابررسانایی با جرم ایزوتوپی را پیش بینی کرد. در همان زمان و بطور مستقل، گروه سرین^۸ و ماکسول^۹، وجود اثر ایزوتوپی را بطور تجربی نشان دادند. پس از شنیدن خبر این اثر، باردین نیز تئوری‌ای پیشنهاد کرد که بر اساس برهمکنش الکترون-فونون بود. اما هر دو نظریه فروهلیش و باردین با شکست روبرو شدند، چراکه این مدل‌ها نتوانستند خواص بنیادی ابررساناها را نشان دهند. عبور از مانع بعدی در سال ۱۹۵۶ رخ داد که در آن لئون کوپر^{۱۰}، که در نزد باردین کار می‌کرد، نشان داد که الکترونهای فلزات عادی، برای تشکیل چیزی که امروزه «جفت‌های کوپر» خوانده می‌شود، ناپایدارند. همین فکر بود که توسط باردین، کوپر و رابرت شریفی^{۱۱} (که در آن موقع دانشجو بود) به چیزی که اکنون به نام تئوری BCS ابررساناها مشهور است، گسترش یافت و برای آن، مشترکاً به دریافت جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۷۲ نائل آمدند. این تئوری در یک مقاله مفصل ۳۰ صفحه‌ای در مجله فیزیکس ریویو^{۱۲} چاپ شد و علیرغم این حقیقت که روش آنها برای بررسی حالت‌های برانگیخته، خیلی پیچیده بود و بعداً توسط تبدیل بوگولیو بوف-والاتین^{۱۳} به مراتب ساده‌تر شد، ولی در مقام خود مقاله‌ای نخبه بود،



مقدمه

اگر یک ذره باردار به جرم m و بار q و سرعت \vec{v} در یک میدان مغناطیسی به شدت \vec{B} وارد شود از طرف میدان به ذره نیرویی وارد می‌شود که به نیروی لورنتز موسوم است.

$$\vec{F} = q \vec{v} \wedge \vec{B} \quad (1)$$

با توجه به خاصیت ضرب برداری معادله برداری فوق به سه معادله جبری زیر که هر کدام تصویر آن روی یکی از محورهای مختصات است نوشته می‌شود:

$$m \frac{dV_x}{dt} = q (V_y B_z - V_z B_y)$$

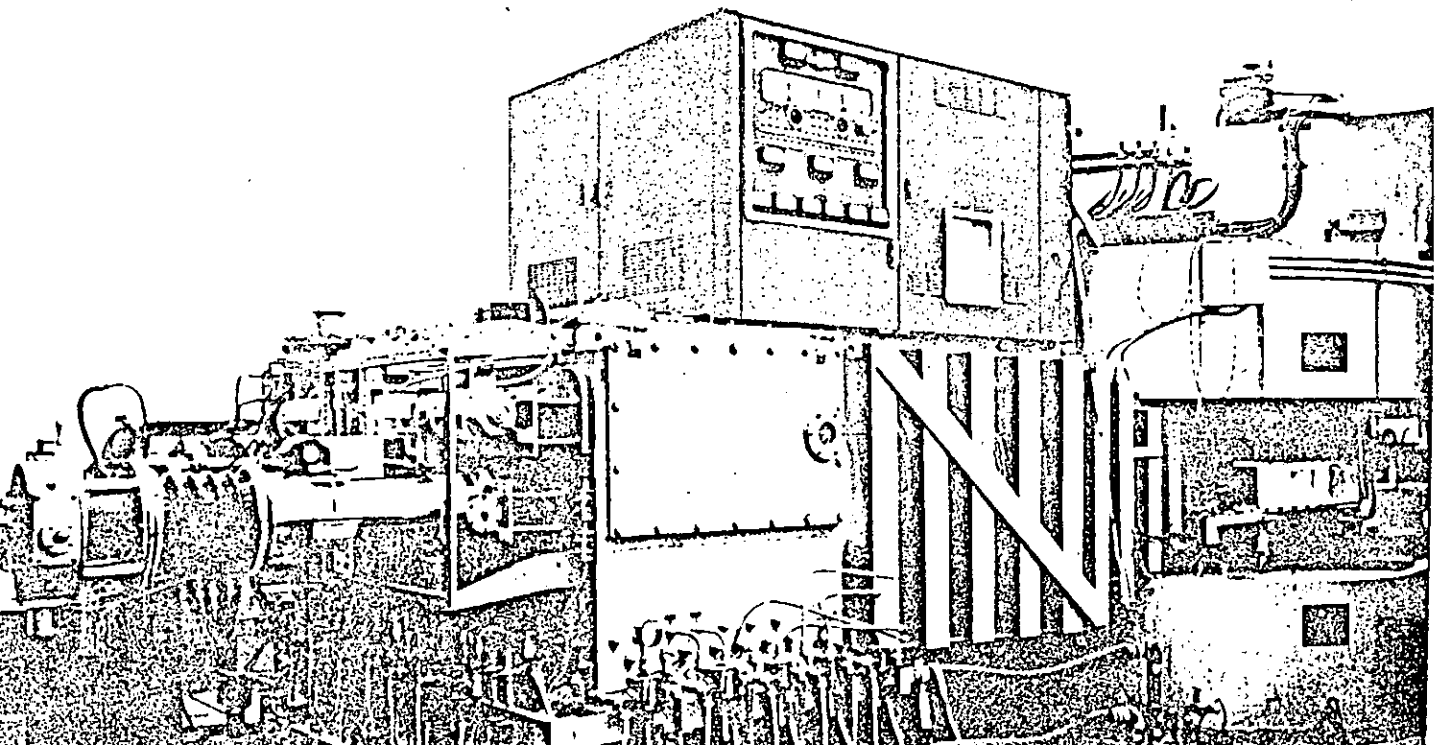
$$m \frac{dV_y}{dt} = q (V_z B_x - V_x B_z) \quad (2)$$

$$m \frac{dV_z}{dt} = q (V_x B_y - V_y B_x)$$

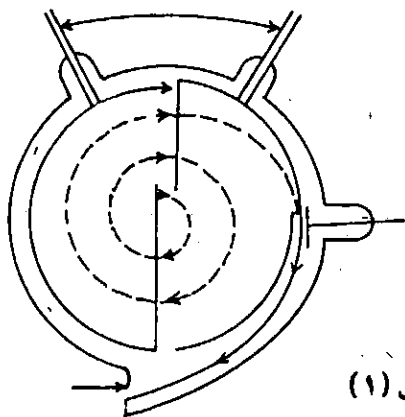
می‌توان با انتخاب راستای مناسب برای \vec{B} معادلات فوق را

شتاب دهنده سیکلوترون

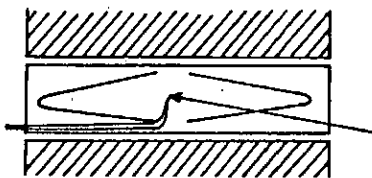
سخنران: دکتر صمد فرخی
 دانشیار گروه فیزیک دانشگاه تهران



سیکلوترون نامیدند و پروفیسور لاورنس پیاس این اختراع ارزشمند نائل به اخذ جایزه نوبل گردید.



شکل (۱)



شکل (۲)

شرط تشدید

همانگونه که در تصاویر دیدیم بشرط آنکه ذره باردار در هر دور شتاب بگیرد آنست که فرکانس دوران آن با فرکانس میدان الکتریکی متناوب یکسان باشد. در این صورت ذره شتاب می‌گیرد و به سرعت نهائی V می‌رسد و انرژی جنبشی ذره برابر می‌شود با:

$$K = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{qBR}{m} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2 B^2 R^2}{m} \quad (6)$$

این رابطه نشان می‌دهد که اگر شرایط تشدید فراهم باشد، می‌توان انرژی جنبشی را با افزودن شعاع سیکلوترون افزایش داد و به انرژیهای بالا که همواره مورد توجه و اشتیاق دانشمندان فیزیک است رسید. ولی متأسفانه یکی از قوانین طبیعت بر این آرزوی دانشمندان خط بطلان کشید این قانون در آن روزگار توسط آلبرت انشتاین دانشمند بزرگ آن زمان بیان و اثبات شده بود که در سرعت‌های زیاد جرم ذره با سرعت ذره تغییر می‌کند و رابطه تغییر به شکل زیر است:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}} \quad (7)$$

ساده تر کرد. مثلاً اگر \vec{B} در راستای محور z انتخاب شود در این صورت B_x و B_y صفر میشود و معادلات به شکل ساده زیر در می‌آیند:

$$\begin{cases} m \frac{dV_x}{dt} = qV_y B \\ m \frac{dV_y}{dt} = -qV_x B \\ m \frac{dV_z}{dt} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{qB}{m} V_y \\ \frac{dV_y}{dt} = -\frac{qB}{m} V_x \\ \frac{dV_z}{dt} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

از معادلات (۴) توابع سرعت ذره در میدان بدست می‌آید:

$$\begin{cases} V_x = V_0 \sin(\omega t + \varphi) \\ V_y = V_0 \cos(\omega t + \varphi) \\ V_z = cte \end{cases} \quad (4)$$

این معادلات بوضوح نشان می‌دهد که مسیر ذره باردار در صفحه xoy یک دایره و در راستای محور z ها یک خط راست است، یعنی ذره در صفحه xoy دارای حرکت دایره‌ای یکنواخت و در راستای محور z ها حرکت انتقالی یکنواخت است. اگر بخواهیم ذره باردار فقط در صفحه xoy حرکت دایره‌ای انجام دهد و در راستای محور z ها حرکت نداشته باشد کافی است بهنگام پرتاب آن در میدان سرعت آن عمود بر میدان باشد یعنی $V_z = 0$ باشد. در چنین شرایطی ذره در صفحه xoy دایره‌ای را با سرعت زاویه‌ای

$\omega = \frac{qB}{m}$ می‌پیماید و اگر در آن فضا خلأ خوبی ایجاد شده باشد ذره در آنجا جاودانه حرکت دایره‌ای خود را خواهد داشت. بدیهی است که اگر اندازه سرعت ذره V باشد شعاع مسیر ذره برابر خواهد شد با:

$$R = \frac{mV}{qB} \quad (5)$$

در سال ۱۹۳۲ پروفیسور لاورنس دانشمند شهیر آمریکایی در مؤسسه برکلی کالیفرنیا با طرحی نبوغ‌آمیز به ذره‌ای که روی دایره‌ای در میدان مغناطیسی حرکت می‌کرد یک میدان الکتریکی متناوبی آنچنان اثر داد که ذره در هر نیم‌دور تحت تأثیر میدان الکتریکی شتاب می‌گرفت و سرعت آن و در نتیجه شعاع مسیر آن افزایش می‌یافت و بنابراین مسیر ذره از نقطه‌ای که در میدان مغناطیسی پرتاب میشد مسیری را بشکل یک مارپیچ می‌پیمود که شعاع این مارپیچ تدریجاً افزایش می‌یافت.

هنگامیکه ذره به انرژی مطلوب می‌رسید در کرانه مسیر در نقطه‌ای با اعمال یک میدان الکتریکی مناسب ذره را از میدان اخراج و بسوی محفظه هدف گسیل میداشت. چنین مجموعه‌ای را

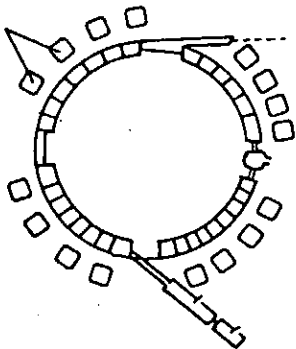
بنابراین در رابطه $\omega = \frac{qB}{m}$ جرم ذره در سرعت‌های بزرگ افزایش می‌یابد و همراه خود، ω را کاهش می‌دهد و شرط رزنانس یا تشدید را از بین می‌برد و ذره، دیگر درون سیکلوترون شتاب نمی‌گیرد بنابراین با سیکلوترون لاورنس در بهترین شرایط نمی‌توان به ذره پروتون بیش از 30 Mev انرژی داد، اما طبع روان دانشمندان و اراده فولادین آنان بر این مانع فائق شد از اینقرار:

اگر در سرعت‌های بزرگ، ω دوران ذره کم شود می‌توانیم ω پتانسیل الکتریکی آلترناتو را نیز با همان آهنگ کم کنیم به نحوی که باز در هر لحظه ω_R با ω برابر باشد. این عمل را در اصطلاح همزمان کردن یا *CYNCHRONISATION* می‌نامند و سیکلوترونی را که چنین تغییری در آن داده باشند سنکروسیکلوترون می‌نامند. بدین‌سان دانشمندان سیکلوترونها را مبدل به سنکروسیکلوترون کردند تا به انرژی‌های بالاتری دست پیدا کنند. از این طریق به آسانی با ساختن یک سنکروسیکلوترون با مشخصات $B = 1.5$ و بر بزرگتر مربع و شعاع آهنربایی برابر 2.1 متر برای ذرات پروتون به انرژی 400 Mev برسند. یعنی توانستند قلمرو انرژی‌های تسخیر شده را حدود 10 برابر گسترش بدهند. این پیروزی در عالم فیزیک بسیار شیرین و طنین‌انداز بود زیرا می‌توانست شرایط و اسباب را برای انجام انبوهی از تحقیقات در قلمرو فیزیک انرژی‌های بالا تهیه و فراهم سازد. دانشمندان فیزیک اوانل قرن بیستم می‌پنداشتند که با داشتن سنکروسیکلوترون بهر انرژی دلخواه می‌توان دست یافت زیرا دامنه اشتیاق اهورایی دانشمندان در دستیابی به انرژی‌های بالاتر همانقدر بلند و بی‌پایان است که میل اهریمنی مال‌اندوزان برای افزودن ثروت خویش. اما آن یکی معارف بشری را ارتفاع و تعالی می‌بخشد و این دیگری بشریت را بر خاک فقر و مسکنت می‌نشاند. خداوند افکار اهورایی را بر اندیشه‌های اهریمنی پیروز بگرداند!

باری، بار دیگر آبرسیاه نومی‌دی در آسمان فکر دانشمندان پدیدار شد. آنان با یک حساب ساده و آسان دریافته‌اند که اگر بخواهند سنکروسیکلوترونی بسازند که بتواند به پروتون شتاب 10 Gev بدهد شعاع چنین دستگاهی باید حدود 24 متر باشد. در این صورت آهن خالص لازم برای ساختن آهنربای سنکروسیکلوترون از چندین هزار تن تجاوز می‌کند که تهیه آن نه تنها از عهده کارخانه‌های سازنده خارج است بلکه از نظر اقتصادی نیز مستلزم سرمایه‌گذاری هنگفتی است. لذا اینبار یک مانع اقتصادی فراراه دانشمندان قرار گرفت. لیکن دانشمندان یأس بدل راه ندادند و یکبار دیگر هوش و نبوغ آنان چون آب روان مانع سرراه را دور زده به راه خود ادامه داد.

نخستین گام را در حل این مشکل، دانشمند انگلیسی پروفیسور الیفان استاد دانشگاه بیرمنگام برداشت. وی در سال 1943 ثابت کرد که می‌توان بجای آهن ربای عظیم سنکروسیکلوترون یک آهن ربای حلقه‌ای شکل بکاربرد که در آن میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی شتاب‌دهنده هر دو متغیر باشند. میدان الکتریکی روی یک مسیر دایره با شعاع ثابت انرژی ذره را زیاد می‌کند و میدان مغناطیسی ضمن تأمین حرکت دایره‌ای ذره با تغییر خود از تغییر شعاع مسیر ذره جلوگیری می‌کند و بدینسان می‌توان ذراتی با چند Mev انرژی را روی مدار تیز رفتی کرد و مجدداً به آنها شتاب داد و انرژی آنها به حدود چند Gev رسانید.

لازم به تذکر است که تحقیقات ارزنده پروفیسور الیفان هم-زمان با جنگ جهانی دوم بود و شرایط حاد جنگی بوی فرصت نداد که طرح خود را عملاً به انجام رساند. دو سال بعد پروفیسور ماک میلان از دانشگاه کالیفرنیا و پروفیسور واسکلر از اتحاد جماهیر شوروی جداگانه مکانیسم شتاب‌دهنده جدید را تشریح کردند و آنرا سنکروترون نامیدند. در سال 1947 دکتر پروبلب از دانشگاه کالیفرنیا به طراحی و ساخت یک سنکروترون با انرژی 10 Gev پرداخت و در سال 1950 آنرا به اتمام رسانید و به آن بوآترونی نام نهاد. امروز در سرتاسر جهان تعداد معدودی سنکروترون در مراکز تحقیقات هسته‌ای مورد بهره‌برداری است که می‌توان از آن شمار از سنکروترون بیرمنگام با 1 Gev از کوسموترون بروکهاون آمریکا با 3 Gev از ساتورن فرانسه با 2.5 Gev از بوآترونی برکلی 6.4 Gev و از سنکروفازوترون اتحاد جماهیر شوروی با 10 Gev و از سنکروترون استرالیا با 10.6 Gev نام برد.



شکل (۳)

مسائل ششمین المپیاد بین‌المللی فیزیک

(سال ۱۹۷۲)

بخارست - رومانی

ترجمه: دکتر منیژه رهبر

با حل دستگاه معادلات داریم:

$$a = g \sin \theta \cdot \left(\frac{1}{1 + I/mR^2} \right)$$

$$f = mg \sin \theta \cdot \left(\frac{I/mR^2}{1 + I/mR^2} \right) \quad (1)$$

حالت حدی غلتش بی لغزش هنگامی حاصل می‌شود که f برابر حداکثر مقدار ممکن $\mu mg \cos \theta$ باشد،

$$\mu mg \cos \theta_h = mg \sin \theta_h \frac{I/mR^2}{1 + I/mR^2}$$

بنابر این شرط حصول به حالت حدی به صورت زیر در می‌آید:

$$\operatorname{tg} \theta_h = \mu \left(1 + \frac{mR^2}{I} \right) \quad (2)$$

حال، غلتش بی لغزش را برای سه استوانه بررسی می‌کنیم.

الف- مان اینرسی (لختی دورانی) استوانه توپ $I = mR^2/2$ است. از معادلات (۱) و (۲) به ترتیب داریم:

$$\theta = \frac{2}{3} \times g \sin \theta \quad \text{و} \quad \operatorname{tg} \theta_h = 3\mu$$

شتاب زاویه‌ای $\alpha = \frac{a}{R}$ است

ب- چگالی دیواره را n برابر چگالی استوانه (۱) در نظر بگیریم. می‌دانیم جرم استوانه‌ها برابر است، بنابراین با استفاده از معادله زیر می‌توان شعاع حفره را محاسبه کرد:

$$\rho \pi R^2 L = n \rho \pi L (R^2 - r^2)$$

در نتیجه:

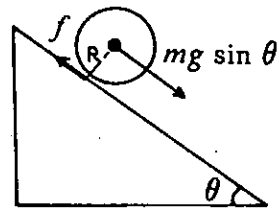
$$r^2 = R^2 \frac{n-1}{n}$$

لختی دورانی

$$I = \frac{1}{2} n \rho \pi L R^2 \cdot R^2 - \frac{1}{2} n \rho \pi L R^2$$

$$= \frac{1}{2} m R^2 \frac{2n-1}{n}$$

مسئله ۱- سه استوانه با طول، شعاع خارجی و جرم مساوی موجوداند. اولین استوانه (۱) توپ، دومی (۲) به صورت لوله توخالی با دیواره‌ای به ضخامت محدود و سومی (۳) لوله‌ای با دیواره‌ای به همان ضخامت است که با مایعی با همان چگالی پر شده است (دیوانتهای لوله توسط صفحات نازک بسته شده‌اند). شتاب خطی و زاویه‌ای استوانه‌ها را در صورتی که روی یک سطح شیبدار که با افق زاویه α می‌سازد قرار گیرند یافته و با یکدیگر مقایسه کنید. حالت‌های غلتش بی لغزش و با لغزش را بررسی کنید. ضریب اصطکاک بین استوانه‌ها و سطح شیبدار μ است. اصطکاک بین مایع و دیواره استوانه قابل چشم‌پوشی است.



شکل ۲۵

حل- نیروهای وارد بر استوانه عبارتند از همنه $mg \sin \theta$ به مرکز آن و نیروی اصطکاک f در نقطه تماس (شکل ۲۵). نیرویی که شتاب خطی a را ایجاد می‌کند؛

$$ma = mg \sin \theta - f$$

اگر غلتش بی لغزش باشد، شتاب زاویه‌ای برابر است با:

$$\alpha = \frac{a}{R}$$

معادله حرکت چرخشی بصورت زیر است:

$$Rf = I \cdot \frac{a}{R}$$

با استفاده از معادلات (۱) و (۲) بترتیب داریم:

$$a = \frac{2n}{2n-1} \cdot g \sin \theta \quad \text{و} \quad \operatorname{tg} \theta_h = \frac{2n-1}{2n-1} \mu$$

شتاب زاویه‌ای $\alpha = \frac{a}{R}$ است

ج- در مورد استوانه بر ازمایع، به واسطه نبودن نیروی اصطکاک بین مایع و استوانه، مایع نمی چرخد. m جرم کل است ولی لختی دورانی فقط باید برای دیواره محاسبه شود:

$$I = 0.5 \rho \pi L R^2 \times R^2 - 0.5 \rho \pi L R^2 = 0.5 m R^2 \times$$

$$\frac{2n-1}{n^2} \quad \text{از معادلات (۱) و (۲) بترتیب داریم:}$$

$$a = \frac{2n^2}{2n^2+2n-1} g \sin \theta \quad \text{و} \quad \operatorname{tg} \theta_h =$$

$$\frac{2n^2+2n-1}{2n-1} \mu$$

شتاب زاویه‌ای $\alpha = \frac{a}{R}$ است

حال مشخصات حرکت استوانه‌ها را مقایسه می‌کنیم، نسبت شتابهای خطی و زاویه‌ای برابر است با:

$$1: \frac{2n}{2n-1} = \frac{2n^2}{2n^2+2n-1}$$

نسبت تناوب‌های موارد حدی برابر است با:

$$1: \frac{2n-1}{3(2n-2)} = \frac{2n^2+2n-1}{3(2n-1)}$$

اگر زوایا از حد بزرگتر شوند استوانه‌ها غلتش با لغزش خواهند داشت. نیروی اصطکاک در کلیه موارد $\mu mg \cos \theta$ است بنا بر این شتابهای خطی یکسان هستند.

$$a = g (\sin \theta - \mu \cos \theta)$$

شتاب زاویه‌ای از رابطه

$$\alpha = R \cdot \mu mg \cos \theta / I$$

بدست می‌آید، ولی لختی دورانی I در هر مورد متفاوت است بنا بر این اگر استوانه‌ها غلتش با لغزش داشته باشند، برای شتابهای زاویه‌ای خواهیم داشت:

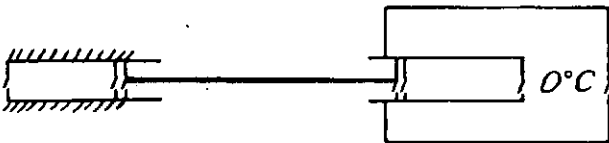
$$\alpha_1 = \frac{2\mu \cos \theta}{R}$$

$$\alpha_2 = \frac{2\mu \cos \theta}{R} \cdot \frac{n}{2n-1}$$

$$\alpha_3 = \frac{2\mu \cos \theta}{R} \cdot \frac{n^2}{2n-1}$$

مسئله ۲- دو استوانه با سطح قاعده 1 dm^2 (شکل ۲۶) موجوداند. استوانه طرف چپ حاوی ۲ گرم گاز با حجم $22/4$ لیتر و

فشار ۱ اتمسفر در دمای 0°C است استوانه طرف راست حاوی همان گاز با جرم $7/44$ گرم، حجم $22/4$ لیتر در دمای 0°C است. دیواره‌های استوانه طرف چپ نارسانای گرما هستند استوانه طرف راست توسط یک مخزن گرمایی بزرگ در دمای 0°C نگهداشته می‌شود. تمام دستگاه در خلا قرار گرفته است. پیستونها پس از رها شدن با طی مسافت 5 dm در وضعیت تعادل قرار می‌گیرند گاز موجود در استوانه طرف راست چه مقدار گرما می‌گیرد؟



شکل ۲۶

ظرفیت گرمایی ویژه گاز در حجم ثابت 0.75 cal/gK است. حل- پیش از رها کردن میله، فشار گاز در طرف راست

$$\frac{7/44}{4} = 1/86 \quad \text{آتمسفر است. در هنگام تعادل حجم گاز در}$$

طرف چپ $17/4 \text{ dm}^3 = 22/4 - 5$ و در طرف راست $27/4 \text{ dm}^3 = 22/4 + 5$ است. دمای گاز طرف چپ در اثر یک فرآیند بی‌دررو تا T و فشار تا P افزایش می‌یابد. فشار برابر فشار گاز طرف راست است که در اثر انبساط تکدما با معادله مشخصه زیر حاصل شده است.

$$1/86 \times 22/4 = P \times 27/4$$

در نتیجه:

$$P = 1/521 \text{ atm}$$

با استفاده از قانون فرایندهای بی‌دررو برای گازست چپ داریم

$$1 \times 22/4^\gamma = 1/521 \times 17/4^\gamma$$

بنابراین خارج قسمت ظرفیتهای گرمایی ویژه:

$$\left(\frac{22/4}{17/4}\right)^\gamma = 1/521$$

$$1/2874^\gamma = 1/521 \quad \text{و} \quad \gamma = 1/66$$

(به نظر می‌رسد که گاز مذکور یک گاز تک اتمی باشد: هلیوم)

دمای گاز طرف چپ را می‌توان از معادله حالت محاسبه کرد.

$$\frac{1 \times 22/4}{273} = \frac{1/521 \times 17/4}{T}$$

در نتیجه:

$$T = 322/5 \text{ K} = 49/5^\circ \text{C}$$

طی این فرایند، دمای گاز طرف راست تغییر نمی‌کند، این گاز به $0.75 \times 4 \times 49/5 = 148/5$ کالری گرما می‌گیرد که به صورت انرژی درونی گاز ظاهر می‌شود.

تصاویر k_1 و k_2 چشمه‌های همدوس هستند. نداخل باریکه‌های نورانی گسیل شده از آنها را می‌توان بر روی صفحه ملاحظه کرد. فاصله نوارها $S = \frac{\lambda h}{d}$ است و d را می‌دانیم فاصله پرده:

$$h = H - q = [H(p - f) - pf] : (p - f)$$

و در این آزمایش فاصله نوارهای نداخلی برابر است با:

$$S = \frac{\lambda}{\delta p} \cdot [H(p - f) - pf]$$

نوارهای نداخلی در محل همپوشانی باریکه‌های نورانی حاصل از k_1 و k_2 تشکیل می‌شوند. قطر قسمت همپوشان باریکه نورانی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$p = \delta \frac{H + p}{p}$$

تعداد نوارها از تقسیم D بر S بدست می‌آید:

$$N = \frac{D}{S} = \frac{\delta^2}{\lambda} \times \frac{H + p}{H(p - f) - pf}$$

اگر $H = 50 \text{ cm}$, $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$, $p = 20 \text{ cm}$, $f = 10 \text{ cm}$ باشد، خواهیم داشت $N = 46/6$.

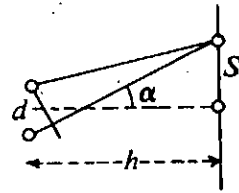
در موردی که صفحه از نقطه A نزدیکتر است باید محاسبه متفاوتی انجام شود. در این حالت، نداخلی در نقطه B صورت نمی‌گیرد. مسئله تجربی - دو استوانه با ابعاد، شکل و مواد مشابه داریم که یکی توپر و دیگری دارای یک حفره استوانه‌ای موازی با محور استوانه است. دو انتهای سوراخ استوانه اخیر با صفحات نازک بسته شده‌اند. چگالی ماده و فاصله محور حفره با محور استوانه را بدست آورید.

حاصل چگالی استوانه توپر را می‌توان با استفاده از جرم و حجم آن تعیین کرد. سپس جرم استوانه حفره‌دار را اندازه می‌گیریم و از تفاوت جرمها، حجم حفره و قطر آنرا تعیین می‌کنیم. روشهای چندی برای بدست آوردن فاصله محورها وجود دارد. به عنوان مثال استوانه برابر روی یک صفحه افقی قرار می‌دهیم و محلی را که گشتاور بازگرداننده به حالت ترازمندی حداکثر است، تعیین می‌کنیم. در اینحال محورها در صفحه افقی هستند و با معلوم بودن ابعاد حفره، می‌توانیم فاصله محورها را تعیین کنیم. در روش دیگر همان اینرسی (لختی دورانی) را برای نزدیکترین یا دورترین مولد از حفره اندازه می‌گیریم.

مسئله ۳- یک عدسی با فاصله کانونی f به دو قسمت عمود بر سطح آن بریده شده است. نیم عدسیها با فاصله کوچک δ از یکدیگر قرار می‌گیرند. چه تعداد نوار نداخلی روی پرده‌ای با فاصله H از عدسیها ظاهر می‌شود در صورتی که یک چشمه نور نقطه‌ای تکرنگ در طرف دیگر و در فاصله $p > f$ قرار گرفته باشد؟

حل- تصاویر تولید شده توسط دو عدسی، چشمه‌های نور همدوس را تشکیل می‌دهند در نتیجه نداخل می‌تواند صورت گیرد اگر فاصله دو چشمه نقطه‌ای d و اختلاف راه، برابر طول موج λ باشد (شکل ۲۷) اولین نوار روشن بر روی پرده در فاصله h ایجاد می‌شود

$$d \sin \alpha = \lambda$$



شکل ۲۷

از آنجا که α کوچک است با یک تقریب خوب $\sin \alpha = \frac{S}{h}$ فاصله بین نوارهای روشن برابر است با:

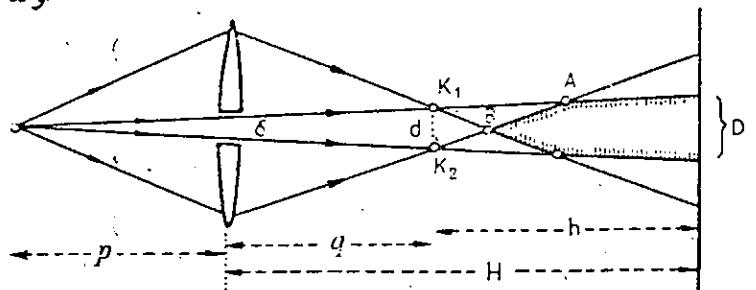
$$\frac{dS}{h} = \lambda, \quad S = \frac{\lambda h}{d}$$

حال محل دو نقطه تصویر را محاسبه می‌کنیم. یک تصویر حقیقی از چشمه نقطه‌ای در فاصله p از عدسی با فاصله کانونی f در $q = \frac{pf}{p-f}$ تشکیل می‌شود (شکل ۲۸) اگر پهنای شکاف δ باشد، فاصله بین تصاویر حقیقی از تناسب زیر بدست می‌آید:

$$\frac{d}{\delta} = (p + q) / p$$

بنابراین:

$$d = \delta \frac{p + q}{p} = \frac{\delta p}{p - f}$$



شکل ۲۸

نوشته: استاقوند، رانر، راش
ترجمه: سیامک جعفری

۱- نوטרئون
۲- ریاضیات (در فیزیک)
۳- فیزیکدان (عادلک)

۴- جرم

سرجان چادویک نوטרئون را کشف کرد. این کشف حدود سال ۱۹۳۲ انجام گرفت.

ایرن ژولیو کوری و شوهرش جان ژولیو ذراتی را که از اتمهای برلیوم آزاد می‌شد بطرف پارافین هدایت کردند. آنها ملاحظه کردند که پروتون‌هایی از پارافین خارج می‌شوند. چادویک آزمایش ژولیو را تجدید کرد سپس سؤال مهمی را مطرح کرد چه چیزی از اتمهای برلیوم جازی می‌شود؟ چه ذرات ناشناخته‌ای باعث می‌شدند که پروتون‌ها از پارافین آزاد شوند چادویک فرض کرد که این ذرات ناشناخته قبل از اینکه به پروتون‌ها در پارافین برخورد کنند دارای جرم M_x و سرعت V_x هستند؛ در نتیجه ذرات دارای اندازه حرکت $M_x V_x$ بودند. حالا، بعد از برخورد، سرعت ذرات V_{xp} بود همچنین، سرعت V_p را به پروتون‌ها می‌دادند که دارای جرم M_p بودند بنابراین از قانون بقای اندازه حرکت داریم:

$$M_x V_x = M_p V_p + M_x V_{xp} \quad (1)$$

چون اندازه حرکت یک کمیت برداری است، جمع سمت راست معادله (۱)، جمع برداری است، قبل از اینکه بحث تفسیر چادویک را درباره آزمایش برلیوم ادامه دهیم ببینیم وقتی دو جسم الاستیک به اجرام M_1 و M_2 برخورد کنند چه رخ می‌دهد؟ توجه کنید M_1 با سرعت V_1 در حال حرکت است و M_2 در حال سکون است ($V_2 = 0$) از قانون بقای انرژی می‌دانیم که تغییرات کل انرژی جنبشی (KE) صفر است بنابراین:

$$\Delta (KE)_1 + \Delta (KE)_2 = 0 \quad (2)$$

یا

$$-\Delta (KE)_1 = \Delta (KE)_2 \quad (3)$$

$$\Delta (KE)_1 = \frac{M_1 V_1'^2}{2} - \frac{M_1 V_1^2}{2} \quad (4)$$

سرعت جسم اول بعد از برخورد V_1'

$$\Delta (KE)_2 = \frac{M_2 V_2'^2}{2} - 0 \quad (5)$$

سرعت جسم دوم بعد از برخورد V_2'

با قرار دادن مقادیر $(KE)_1$ و $(KE)_2$ در (۳) داریم:

$$-\left(\frac{M_1 V_1'^2}{2} - \frac{M_1 V_1^2}{2}\right) = \frac{M_2 V_2'^2}{2} - 0 \quad (6)$$

ریاضیات

نو ترون

چادویک

با تغییر ترتیب معادله (۶) خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} & - (M_1 V_1' - M_1 V_1) \left(\frac{V_1' + V_1}{\gamma} \right) \\ & = (M_2 V_2' - 0) \left(\frac{V_2' + 0}{\gamma} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

در معادله (۷) جمله $(M_1 V_1' - M_1 V_1)$ تغییر اندازه حرکت جسم اول در نتیجه برخورد الاستیک با جسم دوم است این تغییر اندازه حرکت جسم اول باید (با توجه به قانون بقای اندازه حرکت) برابر و در خلاف جهت تغییر اندازه حرکت جسم دوم باشد $M_2 V_2' = 0$ بنا بر این:

$$\begin{aligned} & - (M_1 V_1' - M_1 V_1) = M_2 V_2' - 0 \\ & \text{که با حذف آن از رابطه (۷) داریم:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & V_1' + V_1 = V_2' \quad (8) \\ & \text{حال معادله‌ای که قانون بقای اندازه حرکت برای این دو جسم نشان می‌دهد در زیر است:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & M_1 V_1 - M_1 V_1' = M_2 V_2' \quad (9) \\ & \text{اگر اکنون } V_2' \text{ را از معادله (۸) در معادله (۹) قرار دهیم، داریم:} \\ & M_1 V_1 - M_1 V_1' = M_2 (V_1' + V_1) \end{aligned}$$

یا

$$V_1' = \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} V_1 \quad (10)$$

معادله (۱۰) چادویک را یک قدم به تشخیص ذره ناشناخته نزدیکتر کرد اما هنوز دو مجهول V_1' و M_2 را داشت بنا بر این به یک معادله دوم که شامل این دو مجهول باشد احتیاج داشت این معادله با قرار دادن V_1' از معادله (۱۰) در معادله (۸) $(V_1' + V_1 = V_2')$ می‌توانست بدست آید:

$$\begin{aligned} & \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} V_1 + V_1 = V_2' \\ & \frac{2M_1 V_1}{M_1 + M_2} = V_2' \quad (11) \end{aligned}$$

اکنون برمی‌گردیم به مثال فرضی چادویک در معادله (۱۱)؛ شاخص ۲ مربوط به پروتون‌هایی است که از پارافین خارج می‌شوند و شاخص ۱ ذره X را نشان می‌دهد بنا بر این معادله (۱۱) را می‌توان بصورت زیر نشان داد:

$$V_p = \frac{2M_x V_x}{M_x + M_p} \quad (12)$$

چادویک سرعت پروتون‌هایی را که از پارافین خارج می‌شدند، V_p و نیز جرم پروتون M_p را می‌دانست، قبل از اینکه بتواند مقدار M_x را پیدا کند باید V_x را پیدا می‌کرد یا داده‌هایی را از

آزمایش دیگر که پروتون و ذره X شرکت داشته بدست آورد، تصمیم گرفت آزمایش دیگری را انجام دهد بنا بر این اجازه داد تا باریکه X که از برخورد ذرات آلفا با بریلیم نتیجه می‌شد، به اتمهای نیتروژن برخورد کند. اکنون هیچ اندازه حرکتی از ذره X به نیتروژن داده نمی‌شد و هیچکدام نگه داشته نمی‌شدند معادله (۱۱) اکنون می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$V_N = \frac{2M_x V_x}{M_x + M_N} \quad (13)$$

که در آن V_N سرعت اتم نیتروژن است که بآن برخورد می‌شود و M_N جرم اتم نیتروژن است. چادویک با تقسیم معادله (۱۳) بر (۱۲) نتیجه گرفت:

$$\frac{V_N}{V_p} = \frac{\frac{2M_x}{M_x + M_N} \times V_x}{\frac{2M_x}{M_x + M_p} \times V_x}$$

یا

$$\frac{V_N}{V_p} = \frac{M_x + M_p}{M_x + M_N} \quad (14)$$

چادویک V_p (سرعت پروتون‌هایی که از پارافین خارج می‌شدند) را از آزمایش ژولیوگوری و همچنین سرعت اتم نیتروژن را بعد از برخورد (V_N) دانست. این مقدار برابر است با:

$$\frac{V_N}{V_p} = \frac{1}{7.5}$$

همچنین جرم پروتون را می‌دانست. برای تمام مقاصد عملی، جرم اتم نیتروژن را چهارده برابر جرم پروتون گرفت یا:

$$M_N = 14p$$

بنابراین معادله (۱۴) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{1}{7.5} = \frac{M_x + M_p}{M_x + 14M_p}$$

$$M_x = M_p$$

چادویک به هدف خود رسیده بود. او ثابت کرد که جرم ذره X تقریباً برابر جرم پروتون است.

مرجع:

Physical Science By: Staffond, Runner, Rush



قیود و نیروهای قیدی

سخنران: امیر آقامحمدی

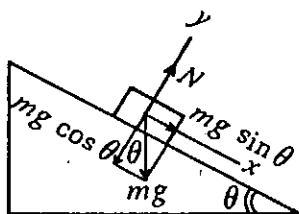
۱- مکانیک

۲- حرکت

۳- نیرو (قیدی)

آن متفاوت بودن قید مسئله است باید توجه داشت که کار نیروی قیدی در حالت اول (جسم ساکن) صفر است ولی در حالت دوم (جسم درون آسانسور) که قید مسئله تابع زمان است صفر نیست. در حالت کلی هرگاه قید مسئله مستقل از زمان باشد کار نیروی قیدی مربوطه صفر است.

اینک فرض کنید جرم m را روی سطح شیب‌داری با اصطکاک ناچیز قرار داده‌ایم. قید مسئله آنست که جرم m تنها در جهت موازی سطح شیب‌دار حرکت می‌کند و در جهت عمود بر سطح شیب‌دار حرکتی ندارد. بنابراین بهتر است که محور x را در امتداد سطح شیب‌دار و محور y را عمود بر سطح شیب‌دار بگیریم تنها مزیتی که در این انتخاب وجود دارد آنست که قید به صورت ساده $y = 0$ درمی‌آید اما الزامی در این مورد نیست، می‌توانیم دستگاه مختصات را به هر صورت دیگری نیز بگیریم، اما در آن صورت قید مسئله شکل پیچیده‌تری خواهد داشت.



شکل ۱- حرکت جرم بر سطح شیب‌دار

$$N - mg \cos \theta = ma_y = 0 \Rightarrow N = mg \cos \theta$$

اما در مورد پیچ‌جاده، قید مسئله آنست که جرم m در دایره‌ای افقی حرکت می‌کند و در جهت قائم هیچ حرکتی ندارد. در واقع اگر دستگاه مختصات بگونه‌ای انتخاب شود که محور x افقی و محور y قائم باشد، قید مسئله $y = 0$ خواهد بود.

بسیاری از مسائل مکانیک در مورد دستگاه‌های مقید است، به این معنی که در این مسائل روی حرکت سیستم، محدودیت‌هایی وجود دارد، بطور مثال، ذره‌ای که روی منحنی خاصی در فضا، یا جسمی که روی سطحی افقی حرکت می‌کنند، حرکت آنها مقید است.

ساده‌ترین مثال، حالتی است که جسمی روی یک سطح افقی ساکن است. اگر محورهای افقی و عمودی را به ترتیب با x و y نشان دهیم و مبداء مختصات را روی جسم قرار دهیم، معادله نیوتن بصورت زیر خواهد بود:

$$N - mg = ma_y \quad (1)$$

که N نیروی عکس‌العمل عمودی سطح است. مقدار نیروی N را از قبل نمی‌دانیم و تنها اطلاعی که داریم قید $y = 0$ است که در تمام زمانها وجود دارد اگر از این رابطه دوبار نسبت به زمان مشتق بگیریم به رابطه $a_y = 0$ می‌رسیم، در این صورت با استفاده از رابطه (۱)، $N = mg$ بدست می‌آید. نیروی عکس‌العمل عمودی سطح (N) یک نیروی قیدی است. چنانچه بازم خواهیم دید، نیروهای قیدی تنها پس از حل مسئله بدست می‌آیند ولی از قبل، نمی‌توان مقدار آنها را مشخص کرد. در واقع نیروهای قیدی بستگی به قیدی دارند که در مسئله اعمال شده است. بفرض اگر همین جرم m را در کف آسانسوری قرار دهیم که با شتاب ثابت a بالا می‌رود در این مسئله، قید، تابع زمان است که خواهیم داشت: (منظور از قید تابع زمان آن است که در رابطه قیدی زمان بصورت صریح وارد شده است)

$$y - \frac{1}{2} at^2 = 0 \quad (2)$$

با استفاده از رابطه (۲)، $a_y = a$ است

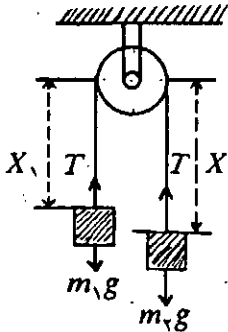
$$N - mg = ma_y = ma \Rightarrow N = m(g + a)$$

می‌بینیم که مقدار N نسبت به حالت اول متفاوت است که دلیل

صفر است.

کشش نخ نیزیک نیروی قیدی است. اما قید آن چیست؟ برای مثال، ماشین آتوود را در نظر می‌گیریم، قید مسئله ثابت بودن طول نخ l است

$$X_1 + X_2 + \pi R - l = 0$$



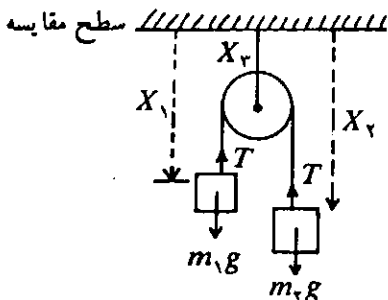
شکل ۴- ماشین آتوود

اگر از این رابطه دو بار نسبت به زمان مشتق بگیریم به رابطه $a_1 + a_2 = 0$ می‌رسیم. در واقع ثابت ماندن طول نخ معادل آنست که بگوئیم مقدار شتاب در دو طرف مساوی و خلاف جهت یکدیگر است اینک قانون نیوتن را برای دو جرم می‌نویسیم:

$$\begin{cases} m_1 g - T = m_1 a_1 \\ m_2 g - T = m_2 a_2 = -m_2 a_1 \end{cases} \Rightarrow a_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g \quad T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$

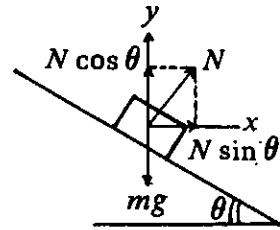
اما در صورتی که همین قرقره با شتاب ثابت a پائین آورده شود، قید مسئله تفاوت خواهد کرد.

$$X_1 - X_2 + \pi R + X_2 - X_1 - l = 0 \Rightarrow X_1 + X_2 + \pi R - l - at^2 = 0$$



شکل ۵- ماشین آتوودی که با شتاب ثابت a پایین می‌آید

در نتیجه رابطه بین شتابها (با استفاده از اینکه $\frac{d^2 X_2}{dt^2} = a$ است) بصورت $a_1 + a_2 = 2a = 0$ خواهد شد.



شکل ۲- ماشینی در پیچ جاده

$$N \cos \theta - mg = ma_y = 0 \Rightarrow N = \frac{mg}{\cos \theta}$$

چنانکه می‌بینیم با عوض شدن قید مسئله، مقدار نیروی قیدی نیز تغییر خواهد کرد. تنها با مشخص کردن قید و وارد کردن آن در قانون نیوتن است که می‌توان مقدار نیروی قیدی را بدست آورد. از دیگر نیروهای قیدی، نیروی اصطکاک استاتیکی است. دیده‌ایم که هرگاه بر جسمی که روی یک سطح افقی، ساکن است، نیروی کوچکی وارد کنیم حرکت نمی‌کند. اما با بزرگ شدن نیروی وارد بر جسم، زمانی فرا می‌رسد که جسم شروع به حرکت می‌کند، در این هنگام نیروی خارجی وارد بر جسم $\mu_s N$ است.



(الف) نیروی اصطکاک استاتیکی صفر است



(ب) نیروی اصطکاک استاتیکی $f_s = F$ است



(ج) f_s بیشترین مقدار خود $\mu_s N$ را داراست

شکل ۳

اینک می‌خواهیم ببینیم که قید مسئله چیست؟ تا هنگامی که جسم شروع به حرکت نکرده، جسم مقید است و قید مسئله $x = 0$ است و در نتیجه $a_x = 0$ است

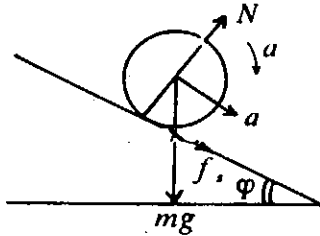
$$F - f_s = ma_x = 0 \Rightarrow f_s = F$$

با افزایش نیروی خارجی F ، مقدار f_s نیز افزایش می‌یابد تا جائیکه به ماکزیمم مقدار خود که $\mu_s N$ است برسد. با بزرگ‌تر شدن F قید مسئله از بین می‌رود و $x \neq 0$ (و در نتیجه $a_x \neq 0$) می‌شود اما تا هنگامی که قید برقرار است داریم:

$f_s = F \leq \mu_s N$ اما پس از از بین رفتن قید دیگر اصطکاک از نوع قیدی نبوده بلکه جنبشی یا لغزشی است. درحالی‌که جسم ساکن است چون قید مستقل از زمان است کار نیروی f_s هم

می بینیم که مقدار f بستگی به μ ندارد، گرچه مقدار f یک حد ماکزیمم دارد. اگر جسم φ بگونه ای انتخاب شوند که نامساوی فوق برقرار نباشد، واضح است که قید مسئله از بین می رود و دیگر غلتش نخواهیم داشت. حال همین مسئله را برای حالتی در نظر بگیرید که جرم m را از سطح شیبدار بسمت بالا پرتاب کرده ایم (شکل ۷) فرض کنید که f را بسمت پائین بگیریم.

$$\begin{cases} mg \sin \varphi + f_s = ma \\ -f_s R = I\alpha = \frac{Ia}{R} \end{cases}$$



شکل ۷

$$a = \frac{mg \sin \varphi}{m + I/R^2} \quad f_s = -\frac{mg I \sin \varphi}{m + I/R^2}$$

علامت منفی f_s نشاندهنده آنست که در واقع جهت درست آن بسمت بالاست. نکته لازم به تذکر آنست که در غلتش بی لغزش فرض بر آنست که جسم غلتان و زمین هر دو کاملاً صلب هستند. بطور مثال برای کره صلب، μ نقطه تماس خواهیم داشت. اما در حالت واقعی بیش از یک نقطه تماس بین جسم غلتان و زمین وجود دارد و در این حالت اصطکاک از نوع دیگری خواهد بود که در اینجا مجال بررسی آن نیست. چنانکه در مثالهای فوق دیده شد در بعضی از مسائل ما با قیودی مواجهیم که متناظر با هر قید یک نیروی قیدی وجود دارد و مقدار نیروی قیدی را تنها پس از حل مسئله می توان بدست آورد. قیودی که تاکنون بررسی کردیم از نوع $f(X_1, X_2, \dots, t) = 0$ بود. (X_1, X_2, \dots) مختصات است که در مسئله وارد شده است) در صورتی که قید مسئله مستقل از زمان باشد کار نیروی قیدی صفر است. بطور مثال برای گره ای که روی سطح شیبدار بسمت پائین می غلتد، علیرغم آنکه اصطکاک وجود دارد، کار نیروی قیدی f صفر است و هنوز می توانیم از قانون بقای انرژی استفاده کنیم. نیروی f از یک طرف باعث کاهش سرعت خطی مرکز جرم شده و از طرف دیگر باعث افزایش سرعت زاویه ای جسم حول مرکز جرم می شود.

$$W_{f_s} = W'_{f_s} + W''_{f_s} = -f_s X + f_s R\theta = -f_s X + f_s X = 0$$

بهر حال در مسائل گاهی قیود را می توان بشکل

$$f(X_1, X_2, \dots, t) = 0$$

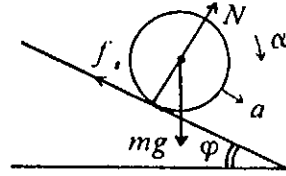
نوشت. این قیود را هولونومیک می نامند. هرگاه قیود مسئله را نتوان بشکل فوق نوشت، غیر هولونومیک هستند که البته مطالب فوق لزوماً در مورد این نوع قیود دیگر صادق نمی کند.

$$\begin{cases} m_1 g - T = m_1 a_1 \\ m_2 g - T = m_2 a_2 - m_2 (\gamma a - a_1) \end{cases}$$

$$a_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g + \frac{\gamma m_2}{m_1 + m_2} a$$

$$\Rightarrow T = m_1 (g - a_1) = \frac{\gamma m_1 m_2}{m_1 + m_2} (g - a)$$

می بینیم شتاب دو جرم یکسان نیست و کشش نخ نیز با حالت قبل فرق دارد بسادگی می توان نشان داد، کاری که نخ روی جرمها انجام می دهد در حالت اول که قید، مستقل از زمان است، صفر بوده و در حالت دوم مخالف صفر است.



شکل ۶

در انتها قید غلتش را در نظر می گیریم. در غلتش سرعت نقطه تماس صفر است و قید غلتش برای جسمی که روی سطح افقی می غلتد عبارت است از $X - R\theta = 0$ که X جابجایی مرکز جرم و θ زاویه دوران حول مرکز جرم است. با دوبار مشتق گیری از رابطه فوق نسبت به زمان به رابطه $a = R\alpha$ می رسیم. حال فرض کنید همین جسم از سطح شیبدار بسمت پائین می غلتد (شکل ۶) چون سرعت نقطه تماس نسبت به سطح صفر است، اصطکاک از نوع استاتیکی است. قبل از حل مسئله نمی توان مقدار وحتى جهت اصطکاک را پیش بینی کرد در ابتدا جهتسی برای نیروی قیدی f فرض می کنیم با حل مسئله مقدار f بدست می آید، اگر مقدار آن مثبت باشد واضح است که جهت اختیار شده درست بوده است و در صورتی که مقدار منفی بدست آید جهت اصطکاک مخالف جهتسی است که در ابتدا اختیار کرده ایم حل مسئله به انتخاب اولیه بستگی ندارد زیرا f یک نیروی قیدی است. اما برای نیروی اصطکاک لغزشی f_k که یک نیروی قیدی نیست، مقدار آن همواره $N\mu_k$ و جهت آن خلاف جهت حرکت نقطه تماس است و اگر جهت f_k را نادرست انتخاب کنیم به پاسخ درست مسئله نخواهیم رسید اما در مورد f که یک نیروی قیدی است، این اختیار را داریم. فرض کنید در مثال فوق f را به سمت بالا بگیریم. قانون نیوتن را برای مرکز جرم و $\tau = \frac{dL}{dt}$ را نسبت به مرکز جرم می نویسیم.

$$\begin{cases} mg \sin \varphi - f_s = ma \Rightarrow a = \frac{mg \sin \varphi}{m + I/R^2} \\ f_s R = I\alpha = \frac{Ia}{R} \quad f_s = \frac{mg I \sin \varphi}{mR^2 + I} \leq \mu_s N \end{cases}$$

نخستین سمینار علوم پایه دانشپژوهان جوان ایران



شامل مباحثی در زمینه‌های ریاضی و کامپیوتر، فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی در حد برنامه دوره دبیرستان و سالهای اول دانشگاهها.

دانشجویان و دانش‌آموزانی که مایلند مقالات خود را در این سمینار عرضه کنند، می‌توانند اصل و چکیده مقالات را تا تاریخ ۷۰/۷/۱۵ به نشانی سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی به آدرس خیابان ایرانشهر شمالی، ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش، ساختمان شهید موسوی، دفتر دانشپژوهان جوان ارسال دارند. شرایط دانش‌آموزانی که می‌توانند در جلسات این سمینار شرکت داشته باشند از طریق دبیرستانهای شهر تهران اعلام خواهد شد.

زمان: ۲۹ آبان الی ۱ آذرماه ۷۰

مکان: خانه معلم (تهران خیابان ولیعصر (عج) بالاتر از میدان ونک) دبیرخانه سمینار

تسهیلات رفاهی و بورس دانشگاه تهران برای داوطلبان ممتاز ورود به دانشگاه

دانشگاه تهران به منظور تشویق و ترغیب دانش‌آموزان ممتاز و زبده کشور جهت تحصیل در دانشگاه تهران اعلام می‌دارد:
الف: ۱ - به ۶ نفر اول مسابقات ریاضی فیزیک دانش‌آموزان کشور.
۲ - به ۱۰ نفر اول آزمون سراسری در هر یک از گروههای آزمایشی ریاضی فیزیک یا علوم تجربی.

چنانچه در یکی از رشته‌های تحصیلی دانشگاه تهران پذیرفته شوند تسهیلات و مزایای ذیل تعلق خواهد گرفت:
- تأمین خوابگاه در طول سنوات تحصیل.

- اعطای ماهیانه پنجاه هزار ریال بعنوان کمک هزینه تحصیلی (مادامیکه پیشرفت تحصیلی آنان مورد تأیید گروه آموزشی باشد).

ب: ۱ - به ۳۰ نفر اول مسابقات ریاضی فیزیک دانش‌آموزان کشور.
۲ - به ۱۰۰ نفر اول آزمون سراسری در هر یک از گروههای آزمایشی ریاضی فیزیک و علوم تجربی.

چنانکه در یکی از رشته‌های تحصیلی علوم پایه (ریاضی، فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی (کلیه گرایشها) و زمین‌شناسی) دانشگاه تهران پذیرفته شوند نیز مزایای فوق تعلق خواهد گرفت.

«روابط عمومی دانشگاه تهران»

موفقیت تیم‌های جمهوری اسلامی ایران در المپیادهای جهانی فیزیک و ریاضی (۱۹۹۱)

المپیاد فیزیک - تیم پنج‌نفره دانش‌آموزان ایرانی شرکت کننده در بیست‌ودومین المپیاد جهانی فیزیک که امسال در هاوانا پایتخت کوبا برگزار شد، با دریافت سه مدال برنز (توسط محمودرضا کسنوی، اسفندیار بامداد و بابک امیر پرویز) و یک دیپلم افتخار (توسط علیرضا نصیری اوانکی) مقام دوازدهم را در جمع سی‌ویک کشور شرکت‌کننده کسب نمود (سال گذشته تیم جمهوری اسلامی ایران با یک مدال برنز و یک دیپلم افتخار در جمع سی‌ویک کشور به مقام بیستم دست یافته بود).

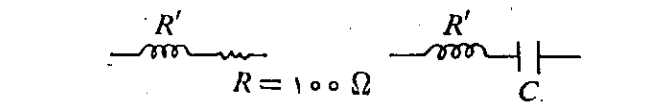
در این مسابقه تیم چین با پنج مدال طلا و تیم شوروی با سه مدال طلا بترتیب مقامهای اول و دوم را بدست آوردند. شایان توجه است که یک دانش‌آموز ۱۶ ساله از شوروی دارای بالاترین نمره (۴۸/۲۰ از ۵۰ نمره) در میان کلیه دانش‌آموزان بود. در این مسابقه جمعاً ۱۳ مدال طلا، ۱۰ مدال نقره و ۳۰ مدال برنز به برنده‌گان اهداء شد.

المپیاد ریاضی - تیم شش‌نفره دانش‌آموزان ایرانی شرکت کننده در سی‌ودومین المپیاد جهانی ریاضی که در سوئد برگزار شد توانست با دو مدال طلا (توسط بهرنگ روحی و پیمان کسائی) و یک مدال نقره (توسط شهرام محسنی‌پور) و یک مدال برنز (توسط مهدی عسگری) مقام هشتم را در میان پنجاه‌وشش کشور دست‌یافت (سال گذشته تیم جمهوری اسلامی ایران مقام چهاردهم را کسب کرده بود). تیم‌های شوروی، چین، رومانی، آلمان و آمریکا بترتیب مقامهای اول تا پنجم را احراز کردند.

سوالات امتحانات

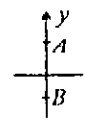
وقت امتحان ۲ ساعت	دانش آموزان و داوطلبان آزاد کلاسهای چهارم	سئوالات امتحانات نهایی درس فیزیک
تاریخ امتحان ۱۳۷۰/۰۳/۲۵	ماه ۱۳۷۰	متوسطه رشته علوم تجربی
بارم	سراسر کشور در خرداد	

- ۱- عوامل مؤثر در تغییر شتاب گرانش زمین (حدافل) ۰۷۵
- ۲- حرکت ماهواره به دور زمین (شرح - محاسبه سرعت و پریود) بنویسید. ۱۲۵
- ۳- توضیح دهید چرا در جاده افقی که سطح آن یخ-بنداز است، اتومبیل نمیتواند از پیچ جاده بهیبت کند و در امتداد خط راست از جاده منحرف میشود. ۰۷۵
- ۴- جسمی از بالای یک تپه ناصاف دارای اصطکاک، شروع به لغزش می کند و سرعت آن در پایین سطح به V می رسد، نیروهای وارد بر جسم را معلوم کرده و کار نیروی اصطکاک را بدست آورید. (با استفاده از قضیه کار و انرژی) ۱۲۵
- ۵- شرایطی را که یک جسم باید داشته باشد تا یک منبع تولید موج شود، بنویسید. ۱
- ۶- عوامل مؤثر در سرعت صوت در یک گاز را با ذکر فرمول بنویسید. ۱۲۵
- ۷- انرژی ذخیره شده در یک خازن (شرح-محاسبه) بنویسید. ۱
- ۸- قانون سوم نیوتن و فاراد را تعریف کنید. ۱۲۵
- ۹- معادله سرعت متحرکی به جرم ۳ کیلوگرم در (SI) بصورت $V = 2t + 5$ داده شده است، تغییر اندازه حرکت و جابجایی متحرک را پس از ۲ ثانیه محاسبه کنید. ب- نمودار مکان زمان را در همین مدت رسم کنید (متحرک در مبدأ زمان در $+5$ متری است) ۱۲۵



شکل (۲)

- ۱۰- جسمی به جرم ۲ کیلوگرم بدون سرعت اولیه از ارتفاع پنج (۵ متری) سطح زمین بطرف زمین رها شده و پس از برخورد به زمین با همان اندازه سرعت به طرف بالا برمیگردد. اگر زمان برخورد ۱ ثانیه باشد الف نیروی متوسطی که از طرف زمین بر جسم وارد می شود محاسبه کنید. ب- انرژی جنبشی جسم در لحظه برخورد بزمین. ۱۲۵
- ۱۱- یک نوسان کننده به جرم ۱۰ گرم در هر دقیقه ۶۰ بار مسیر $AB = 10$ سانتیمتر را مطابق شکل طی می کند. اگر متحرک در مبدأ زمان در ۱۲۵ سانتیمتری نقطه A در جهت محور در حرکت باشد معادله نیرو زمان متحرک و اندازه نیرو پس از یک ثانیه حرکت؟ ۱۲۵



شکل (۱)

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$ $\sqrt{2} = 1.41$ $\sin 37 = 0.6 = \cos 53$

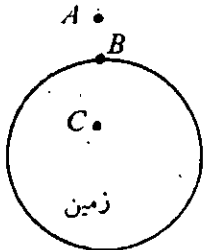
$\pi = 3$

ومن الله التوفيق وعليه التكلان

سئوالات امتحانات نهایی درس فیزیک متوسطه رشته ریاضی - فیزیک	دانش آموزان و داوطلبان آزاد کلاسهای چهارم سراسر کشور در خرداد	تاریخ امتحان ۱۳۷۰ ر ۳۲۹ بارم	وقت امتحان ۳ ساعت
---	--	---------------------------------	-------------------

۵- در پاندول مخروطی زاویه بین راستای نخ با قائم θ است و سرعت زاویه‌ای ω می‌باشد با رسم شکل صحیح رابطه بین θ و ω را محاسبه کنید.

۶- شدت میدان جاذبه (گرانشی) را تعریف کرده و شدت میدان جاذبه در کدامیک از سه نقطه A و B و C بیشترین است؟



شکل ۴

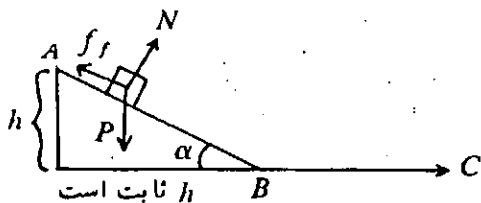
۷- قانون دوم کپلر را بنویسید اگر سرعت سیاره در دورترین فاصله‌اش از خورشید V_1 و در نزدیک‌ترین فاصله V_2 باشد نسبت V_2 به V_1 چقدر است؟ (بر حسب شعاعهای حامل).

۸- گلوله‌ای بجرم m_1 با سرعت V_1 بگلوله ساکن بجرم m_2 بطور روبرو و الاستیک برخورد می‌کند سرعت هر یک از گلوله‌ها را بعد از برخورد بر حسب m_1 و m_2 و V_1 تعیین کنید.

۹- در شکل مقابل که وزن جسم P و نیروی عمود بر سطح N و نیروی اصطکاک f است: الف) عکس‌العمل P بر چسب و اردمی شود و نقطه اثر آن کجا است؟

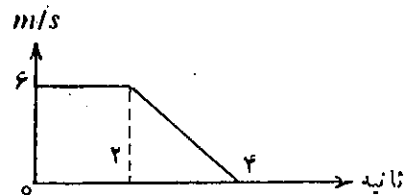
ب) آیا کار وزن در تغییر مکان از A تا C به زاویه α بستگی دارد؟ توضیح دهید.

ج) آیا کار نیروی N در تغییر مکان از A تا C به زاویه α بستگی دارد؟ توضیح دهید.



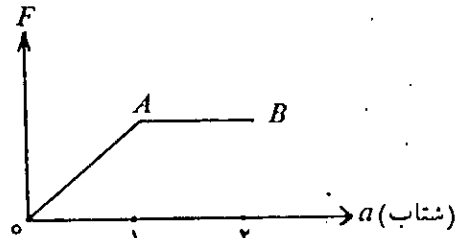
شکل ۵

۱- دو تئوری از تئوریهای مهم فیزیک را نام ببرید.
۲- نمودار شکل مقابل مربوط به حرکت مستقیم‌الخط است: الف) سرعت متوسط آن در مدت ۴ ثانیه اول چقدر است؟ ب) نمودار شتاب زمان آن را رسم کنید.



شکل ۱

۳- اگر نمودار برآیند نیروی وارد بر جسمی بر حسب شتاب آن مطابق شکل زیر باشد:



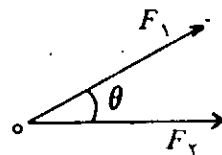
شکل ۲

جرم جسم از O تا A و از A تا B چگونه میشود (زیاد، کم، بدون تغییر میماند) توضیح دهید.

۴- اندازه نیروهای F_1 و F_2 برابرند و زاویه بین آنها θ است:

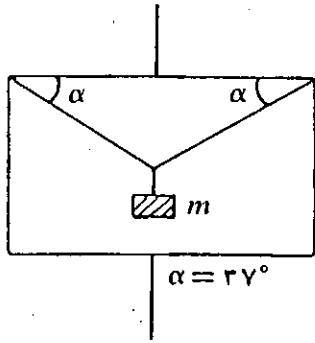
الف) برآیند نیروها و تفاضل $F_2 - F_1$ را با رسم شکل نشان دهید

ب) شرط اینکه مقدار تفاضل از مقدار برآیند بیشتر باشد چیست؟ توضیح دهید.



شکل ۳

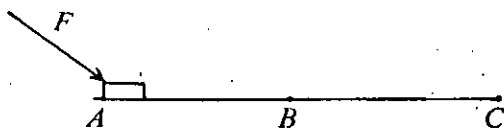
ب) در چه صورتی کشش نخ به زاویه α بستگی ندارد.



شکل ۸

۱۴- در شرایط خلا* سرعت اولیه پرتابه V_0 و سرعت آن در اوج $\frac{V_0}{2}$ و برد آن $20\sqrt{3}$ متر است. V_0 چقدر است؟

۱۵- جسمی بجرم 1 kg که در نقطه A ساکن است نیروی ثابت F که با افق زاویه $\alpha = 37^\circ$ می‌سازد اثر کرده و در نقطه B که سرعت آن 4 m/s است اثر نیرو قطع شده و در نقطه C متوقف می‌شود. در صورتیکه $AB = BC = 1\text{ m}$ باشد معلوم کنید: الف) ضریب اصطکاک را ب) نیروی F را

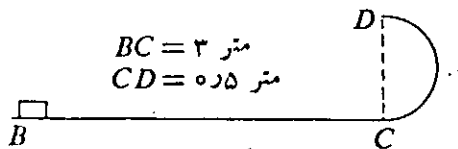


شکل ۹

۱۶- در شکل زیر در نقطه B اگر بر وزنه ساکن بجرم 2 kg ضربه‌ای افقی وارد کنیم و پس از طی مسیر افقی BC و مسیر نیم دایره CD (که در سطح قائم است) در نقطه B فرود می‌آید در صورتیکه از اصطکاک صرف نظر بشود معلوم کنید:

الف) سرعت وزنه را در نقطه D

ب) ضربه وارد بر وزنه را در نقطه B



شکل ۱۰

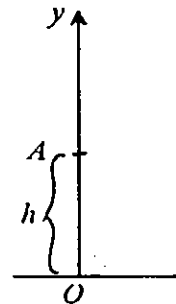
۱۷- حلقه‌ای بجرم m و شعاع R از بسالای سطح شیب‌داری بدون سرعت اولیه رها می‌شود و بدون لغزش می‌غلتد اگر از اتسلاف انرژی صرف نظر شود سرعت حلقه در انتهای سطح شیب‌دار به ارتفاع h چقدر است؟

۱۵- چه شرطی لازم است تا با زیاد شدن لختی دوران اندازه حرکت زاویه‌ای تغییر نکند و معادله دیفرانسیل لختی دوران را بنویسید

در حل مسائل $g = 10\text{ m/s}^2$ و $\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0.6$ فرض شود

۱۱- بالونی با سرعت ثابت V در حال سقوط (افتادن) است در لحظه‌ای که فاصله آن تا سطح زمین h است. اگر گلوله‌ای با سرعت دو برابر V نسبت به بالون در امتداد قائم بسمت بالا پرتاب شود و بعد از 2 ثانیه (از لحظه پرتاب) بالون و گلوله هم‌زمان به سطح زمین می‌رسند معلوم کنید:

الف) معادله مکان بالون و گلوله را نسبت به سطح زمین ب) سرعت V و ارتفاع h را (از مقاومت هوا در مقابل حرکت گلوله صرف نظر شود)

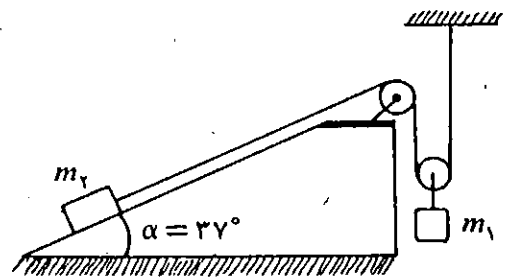


شکل ۶

۱۲- در شکل مقابل از جرم قرقره‌ها و اصطکاک و جرم نخ صرف نظر میشود در صورتیکه $m_1 = 3\text{ kg}$ و کشش نخ 12 نیوتن باشد معلوم کنید:

الف) شتاب هریک از وزنه‌ها را

ب) جرم وزنه m_2 را



شکل ۷

۱۳- جسمی بوسیله دو نخ کاملاً مشابه داخل آسانسوری آویزان است در صورتیکه جرم جسم $m = 4\text{ kg}$ و شتاب حرکت آسانسور 2 m/s^2 و بسمت بالا باشد الف) کشش نخ را محاسبه کنید.

سئالات امتحانات نهایی درس فیزیک متوسطه رشته ریاضی فیزیک	دانش آموزان و داوطلبان آزاد کلاسهای چهارم سراسر کشور در خرداد ماه ۱۳۷۰	وقت امتحان $2\frac{1}{4}$ ساعت تاریخ امتحان ۱۳۷۰/۰۳/۲۵ بارم
--	---	--

سئالات

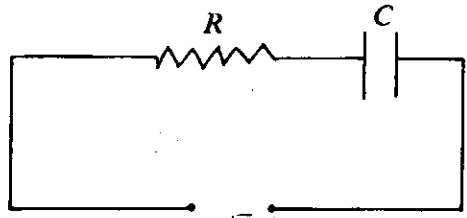
- ۱- در حرکت نوسانی بعد و فاز حرکت را تعریف کرده و زمان تناوب و آونگ ساده را در نوسانات کم دامنه محاسبه کنید.
- ۲- با استدلال ریاضی نشان دهید که مکان نقاط ساکن و متحرک در پدیده تداخل وقتی که $a_1 = a_2$ باشد هذلولی است.
- ۳- با توضیح کافی رابطه شدت مؤثر و شدت ماکزیمم را با استفاده از نمودار بروش ترسیم بدست آورید.
- ۴- بیان قانونی ویلهلم وین را (با ذکر رابطه) نوشته و زاویه پلاریزاسیون را برای یک شعاع نورانی که بسطح یک محیط شفاف بضریب شکست $\sqrt{3}$ می تابد پیدا کنید و توضیح دهید چرا شعاع عادی از منشور نیکول نمیگذرد.
- ۵- منظور از تشدید الکتریکی چیست؟ تحت چه شرایطی تشدید حاصل میشود؟
- ۶- نیمه رسانای نوع N را توضیح دهید.
- ۷- جرم بحرانی یک ماده شکافت پذیر را تعریف کرده و رابطه تلاشی بتایی (β) رادیو ایزوتوپ سدیم ($^{24}_{11}\text{Na}$) را بنویسید.

بزرگ دور میشود اگر امواج حاصل از منبع صوت بدیوار برخورد کرده و منعکس شوند شخص بین صوت منبع صوت و صوت منعکسه (پژواک صوت) در هر ثانیه چند ضریبان می شنود (سرعت انتشار صوت در هوا ۳۴۰ متر بر ثانیه است).

۴- در مدار شکل مقابل $R = 500$ اهم و $C = 4$ میکروفاراد و معادله اختلاف پتانسیل دو سر مدار $V = 200\sqrt{2} \sin 500t$ است.

الف: شدت ماکزیموم و ضریب توان را پیدا کرده و معادله شدت جریان را بنویسید.

ب: ضریب خود القایی سلف بدون مقاومتی را پیدا کنید که اگر بطور سری در مدار اضافه شود حالت تشدید ایجاد شود.



$V = 200\sqrt{2} \sin 500t$

شکل ۱

- ۵- در آزمایش یانگ فاصله دو شکاف $1/2$ میلی متر و فاصله پرده از سطح دو شکاف $1/6$ متر و طول موج نور مورد آزمایش 750 نانومتر است. ۱- فاصله پنجمین نوار روشن را از نوار مرکزی پیدا کنید. ۲- دو موج نوری که در یک لحظه از دو شکاف خارج میشوند و در محل نوار روشن پنجم با هم تداخل می کنند با چه اختلاف زمانی به محل نوار میرسند ($c = 3 \times 10^8$ متر بر ثانیه) ۳- تیغه متوازی السطوحی بضریب شکست $\frac{3}{2}$ را در مقابل یکی از دو شکاف قرار میدهم نوار مرکزی ۴ میلی متر تغییر مکان پیدا می کند ضخامت تیغه را بدست آورید.
- ۶- در مدت ۳۰ ساعت $\frac{7}{8}$ اتم های موجود در یک جسم رادیو آکتیو متلاشی شده است نیمه عمر این جسم رادیو آکتیو را پیدا کنید.
- ۱- یک منبع ارتعاشی بمعادله $y = 4 \sin \omega t$ امواجی روی خط راست منتشر می کند در لحظه معینی بعد ذره ای که در ۱۰ سانتیمتری مبدأ قرار گرفته $2\sqrt{3}$ سانتیمتر و بعد ذره ای که در ۲۵ سانتیمتری مبدأ است ۲ سانتیمتر می باشد و جهت حرکت هر دو ذره نیز یکی است طول موج این حرکت ارتعاشی را پیدا کنید (دامنه بر حسب cm است)
- ۲- یک لوله صوتی باز بطول l محتوی نیدروژن و یک لوله صوتی بسته بطول $(\frac{l}{3})$ محتوی گاز اکسیژن است، لوله باز صوت اصلی و لوله بسته صوت دوم خود را بیان می کند نسبت تواتر صوتهای حاصل از این دو لوله را پیدا کنید (گازها همدمای بوده و $\gamma_0 = \gamma_H$ و $M_0 = 32$ و $M_H = 2$ است)
- ۳- شخصی یک منبع صوتی بفرکانس ۶۹۰ هرتز در دست دارد و با سرعت 5 m/s از یک دیوار قائم

ذرات بنیادی

علی توفیقی نیامی: دانشگاه صنعتی شریف

α



۱- نیروها در طبیعت

۲- مقادیر نیرو کوارکها

۳- شتابدهنده ذرات و آزمایشهای تجربی

۴- کسب انرژی از ذرات کوارکها و لپتونها

۵- جستجوی ذرات جدید

۶- ذرات بنیادی و مدلهای ذرات

رئوس مطالب

۱- نیروها در طبیعت
الف - نیروی گرانش: نیروی ربایشی است که در امتداد خط
واصل بین دو جسم با جرمهای m_1, m_2 اثر می کند و بزرگی آن
برابر است با:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

که در آن G ثابت گرانش است.

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$$

برد این نیرو نامحدود است که در ابتدا اثر گرانش بصورت کش
از دور در نظر گرفته می شد.

ب - نیروی الکترومغناطیسی: نیرویی است که بین ذرات باردار
اثر می کند و بزرگی آن

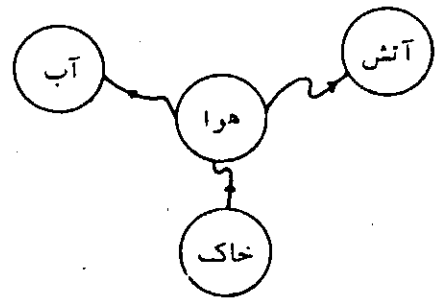
$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

که در آن $K = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ در خلأ است.

ماکسول - فارادی مفهوم میدان را برای بیان این نیرو معرفی
کردند.

بدین معنی که میدان را می توانیم بصورت نوعی از کشش و یا
تنش در نظر بگیریم که در خلأ نیز می تواند وجود داشته باشد.
و اگر در ناحیه ای که میدان وجود دارد جسمی را قرار دهیم،
بر اثر وجود میدان نیرویی ایجاد می شود و این نیرو قابل اندازه-

مقدمه: در پاسخ به این سؤال که دنیا از چه چیزهایی ساخته
شده است جواب اولیه این بود که از چهار عنصر



شکل ۱

ساخته شده است.

جواب جدیدتر طبق جدول مندلیف این است که دنیا از صد و
چند عنصر درست شده است.

هر چند جواب اول کاملاً نادرست است ولی حسن آن در سادگی آن
است. امروزه جواب سؤال فوق این است که مواد از کوارکها
(u, d, \dots), لپتونها (الکترون، نوترینو)، بوزونهای پیمانه ای
(فوتون، Z, W^-, W^+ ، چسب g) ساخته شده است. که درباره
اینها به تفصیل بحث خواهیم کرد.

گیری است. پس وجود میدان بدلیل وارد شدن نیرو بر جسم آشکار می شود.

میدانهایی که تا بحال مورد بحث قرار گرفتند میدانهای کلاسیک بودند. در نظریه کوانتومی میدان، برهم کنش توسط تبادل کوانتومی خاص برهم کنش (فوتون برای نیروی الکترومغناطیسی) بیان می شود.

به تعبیری چون نیروی بین بارها مربوط به تبادل فوتونهای مجازی است، تغییر تکانه بار (تغییر اندازه حرکت بار) در اثر گسیل یا جذب یک فوتون، نیرو تولید می کند.

طبق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ

$$qr \approx \hbar$$

هر فوتون مبادله شده تبادل تکانه ای q ، در فاصله زمان $t = r/c$ دارد و یا

$$\text{نیرو} = \frac{dq}{dt} = \frac{\hbar/r}{r/c} = \frac{\hbar c}{r^2}$$

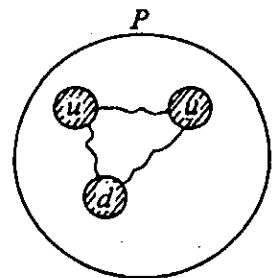
و اگر تعداد کل فوتونهای مبادله شده متناسب با بارها باشد

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

که همان قانون کولن است.

البته در مقیاس ماکروسکوپی اثرات میدانهای کوانتومی بصورت میدان کلاسیک ظاهر می شود ولی بعداً به حائتهایی خواهیم رسید که برای تحلیل پدیده فقط به نظریه کوانتومی میدان نیاز خواهیم داشت.

ج- نیروی قوی هسته ای: در حال حاضر می دانیم که پروتون یک ذره بنیادی نیست بلکه یک ذره مرکب متشکل از سه کوارک است.



شکل ۲

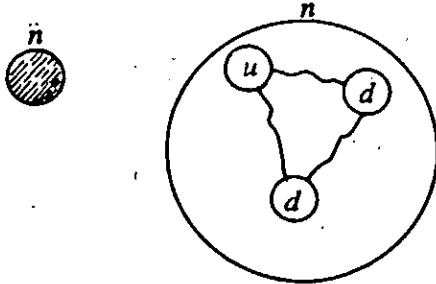
و به اصطلاح $P = uud$

تا آنجا که می دانیم پروتون پایدار است.

نوترون تا وقتی که در داخل هسته قرار دارد پایدار هست ولی

بحالت آزاد دارای طول عمری برابر ۱۵ دقیقه می باشد.

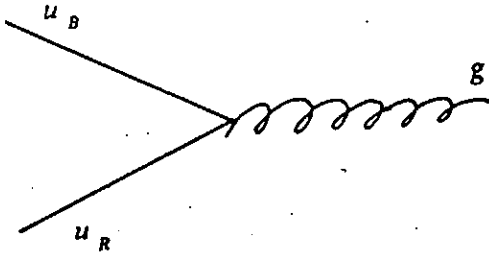
نوترون هم ذره ای متشکل از کوارکهای u و d است.



شکل ۳

$$n = udd$$

نیروی قوی هسته ای مربوط به برهم کنش بین این کوارکهاست و کوانتم مبادله شده گلوئون ($gluon$ یا چسب) نامیده می شود.



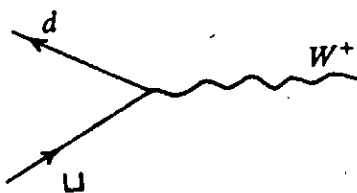
شکل ۴

این نیرو دارای برد بسیار کوتاهی در حدود 10^{-15} متر است (در حدود قطر پروتون). شاخصهای u_B و u_R مربوط به خاصیت دیگری بنام رنگ است.

مثلاً برای کوارک u سه رنگ آبی (B)، قرمز (R) و سبز (G) داریم که این خاصیت توسط آزمایش ثابت شده است. در ابتدا نیروی قوی به برهم کنش هادروزها (باربوزها، مزونها) اطلاق می شد.

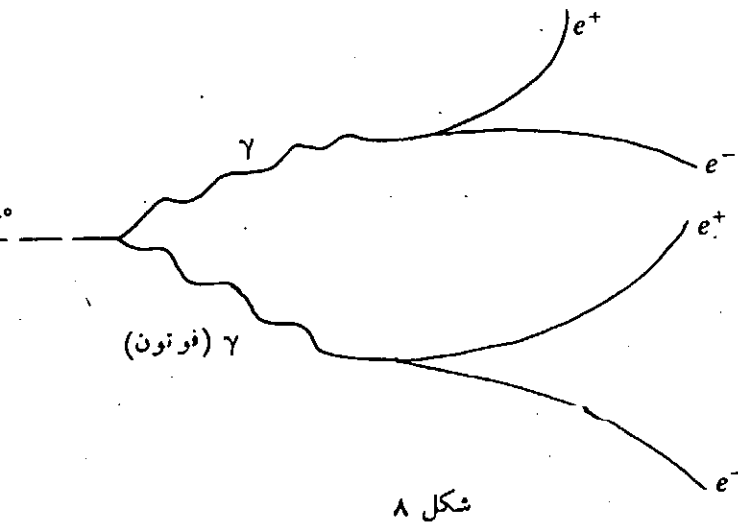
د- نیروی ضعیف هسته ای

این نیرو مشمول واپاشی β $n \rightarrow P + e^- + \bar{\nu}_e$ است. در این جا کوانتوم مبادله شده Z^0, W^-, W^+ بوده و برهم کنش بصورت نموداری زیر است:



شکل ۵

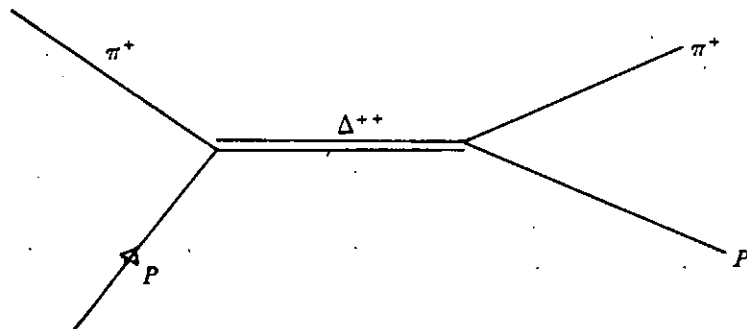
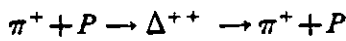
و یا طبق نمودار فاینمن بصورت زیر است:



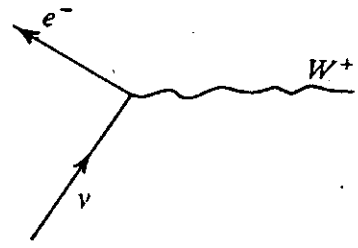
شکل ۸

ذرات تشدید (Resonance Particles)

بسیاری از ذرات جدید در آزمایشگاهها تولید و کشف شده‌اند. وقتی که طول عمر ذره بزرگتر از 10^{-12} ثانیه باشد این ذرات توسط آشکار سازها قابل مشاهده‌اند. ولی برخی دیگر از ذرات دارای طول عمر بسیار کوتاهی می‌باشند. این اجسام سریعاً به اجرام و ذرات دیگر واپاشیده می‌شوند معمولاً نمی‌توان آنها را بصورت مستقیم مشاهده کرد. وجود این ذرات را می‌توان بطور غیرمستقیم و از روی ذرات ثانویه ناشی از واپاشی آنها تأیید کرد. این ذرات را اصطلاحاً ذرات تشدید می‌گویند. جرم این ذرات را می‌توان با استفاده از ماکزیمم حاصل در منحنی تغییرات سطح مقطع بر حسب انرژی کل سیستم تعیین کرد (شکل زیر). از جمله اولین ذرات تشدید ذره Δ^{++} و با جرم 1238 MeV است. این ذره در اثر برهم‌کنش پوسون - پروتون تولید می‌شود و ذره تشدید را بطنه بین ذرات ورودی و خروجی است.



شکل ۹



شکل ۶

این نیرو برد بسیار کوتاهی دارد زیرا حد اقل انرژی $M_{W^+} c^2$ برای گسیل یک W^+ مجازی لازم است. طبق اصل عدم قطعیت هایزنبرگ

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h$$

برای W^+ برای زمان $\Delta t \leq \frac{h}{M_{W^+} c^2}$ وجود داشته و بعد از این زمان دوباره جذب خواهد شد و حد اکثر فاصله‌ای را که در این زمان می‌تواند طی کند برابر

$$R = c \Delta t = \frac{h}{M_{W^+} c} \approx 10^{-18} \text{ متر}$$

است.

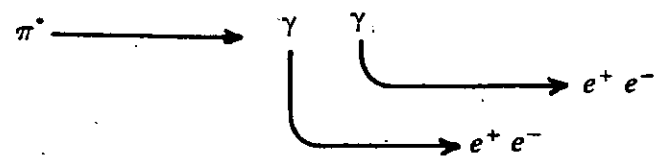
۲- مقدمه‌ای بر کوارک‌ها

همانطور که قبلاً اشاره شد ابتدا تصور می‌شد که پروتون و نوترون و یا مثلاً پیون‌ها ذرات بنیادی هستند ولی در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ تعداد بسیاری از ذرات (ذرات تشدید) کشف شدند و با بررسی آنها در سال ۱۹۶۴ گلمان نظریه کوارک را پیشنهاد کرد. ولی قبل از آن تاریخچه مختصری ذکر می‌کنیم. هادرون‌ها: منظور از هادرون‌ها ذراتی هستند که برهم‌کنش قوی دارند. باریون‌ها و مزون‌ها از هادرون‌ها هستند. باریون‌ها ذراتی

هستند با اسپین $\frac{k}{2}$ (k عدد درست است) مثلاً $\frac{1}{2}$ ، $\frac{3}{2}$ و غیره.

پروتون و نوترون جزو باریون‌ها هستند به باریون‌ها عدد کوانتومی «باریون» با علامت B نسبت داده می‌شود که تعداد آن برای باریون‌ها +۱ و برای پاد باریون‌ها -۱ است.

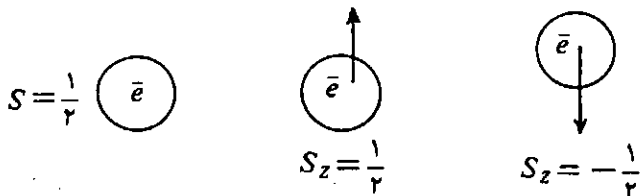
مزون‌ها ذراتی هستند با اسپین درست، بعنوان مثال پیون‌ها (π^+ ، π^0 ، π^-). طول عمر پیون‌ها و مثلاً π^0 بسیار کم در حدود $10^{-16} \times 8/8$ ثانیه بوده بصورت زیر واپاشیده می‌شوند:



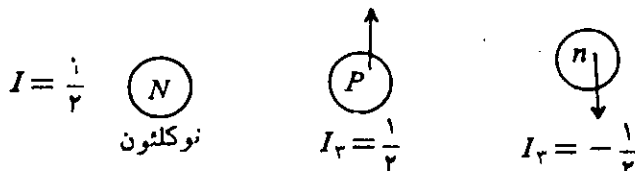
شکل ۷

روی محور Z می‌تواند $I_z = \frac{1}{2}$ (پروتون) و یا $I_z = -\frac{1}{2}$ (نوترون) است. اصطلاحاً می‌گوییم برهم‌کنش قوی فقط به تعداد I بستگی دارد و مستقل از I_z است یا به عبارت دیگر برهم‌کنش قوی مستقل از بار الکتریکی است.

الکترون نیز که یک فرمیون (ذره با اسپین $\frac{1}{2}$) است می‌تواند دو جهت‌گیری در فضای معمولی داشته باشد.

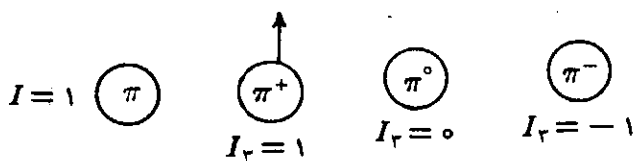


به همین طریق برای ایزواسپین $\frac{1}{2}$ (در فضای مجرد)



یعنی پروتون و نوترون از نقطه نظر نیروی قوی دو حالت مختلف از یک ذره بنام نوکلئون هستند.

هم‌چنین طبق این نظر پیونها را می‌شود حالت‌های مختلف از یک موجود واحد (π) دانست. به پیونها ایزواسپین (یک) نسبت داده می‌شود. با توجه به سه نوع پیون (π^+ , π^0 , π^-):



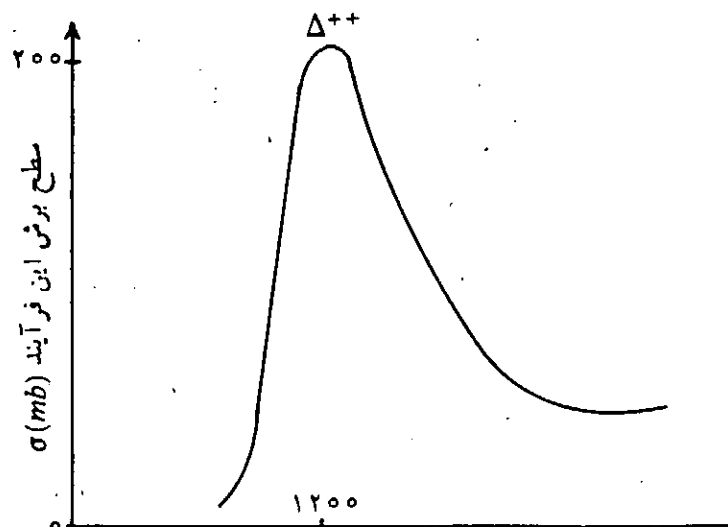
و بین بار و مولفه سوم ایزواسپین و عدد باریونی رابطه زیر برقرار است

$$Q = e(I_z + B/2)$$

برای نوترون $Q = 0$ ، $B = 1$ و $I_z = -\frac{1}{2}$ و رابطه فوق صادق است.

ذرات شگفت و عدد کوانتومی شگفتی (*strangeness*)

ذراتی مثل مزونهای K کشف شدند که ذرات با برهم‌کنش قوی هستند. ولی مشاهده شد که طول عمر این ذرات در حدود



جرم سیستم πp (MeV)

شکل ۱۰

باید توجه داشت که واحد سطح برش بارن (*barn*) است که برابر 10^{-24} سانتی متر مربع است. پرتوهای اولیه با سرعت نزدیک به سرعت نور 3×10^8 m/s بسنت هم برتاب می‌شوند و چون قطر هادرون‌ها در حدود 10^{-15} m است. این ذرات در زمان $t = \frac{x}{v} = 10^{-23}$ ثانیه در مجاورت یکدیگر هستند (یک π^+ و یک پروتون در این مدت برهم‌کنش دارند). و این مقیاس زمان، ویژه نیروی قوی است.

برای ذره Δ^{++} از روی منحنی پهنای تشدید یعنی عرض منحنی در نیمه ارتفاع از ماکزیمم منحنی برابر 115 MeV است که مطابق اصل عدم قطعیت $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ هابزبرگ $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ طول عمر این تشدید در حدود $5/7 \times 10^{-24}$ ثانیه است. برای ذره Δ^+ (سای) پهنای 77 keV مشاهده شده است که از روی آن ثانیه $\Delta t \approx 10^{-25}$ است.

رده‌بندی ذرات و اعداد کوانتومی

یکی از مفاهیم اولیه برای رده‌بندی ذرات بنیادی مفهوم ایزواسپین است. جرم پروتون و نوترون تقریباً یکسان است، هر دو آنها فرمیون بوده هر چند از نظر الکترومغناطیسی متفاوت هستند ولی از نظر برهم‌کنش قوی یکسانند. بنا بر این این ذرات را نوکلئون (*nucleon*) می‌نامیم و عدد کوانتومی جدیدی بنام ایزواسپین در نظر می‌گیریم که تعداد آن با توجه به تعداد حالات نوکلئون (پروتون یا نوترون) برابر ۲ است. با استفاده از $2I + 1 =$ تعداد حالات، داریم $I = \frac{1}{2}$ است. هم‌اکنون ایزواسپین

بوده و ترکیبی از سه نوع کوارک $(up)d, (down)s$ (strange) هستند. اعداد کوانتومی آنها بصورت زیر است:

کوارک	عدد باریونی	بار	I	I_3	S	اسپین
u	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$
d	$\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$
s	$\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	0	-1	$\frac{1}{2}$
ضد کوارکها						
\bar{u}	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$
\bar{d}	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$
\bar{s}	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	1	$\frac{1}{2}$

توجه کنید که برای هر فرمیون (ذره یا اسپین $\frac{1}{2}$) و مخصوصاً

برای فرمیونها با اسپین $\frac{1}{2}$ معادله دیراک صادق بوده و از

پیش‌بینی‌های آن پاد ذره و یا پادماده است. می‌دانیم که برای الکترون پاد ذره‌ای بنام پوزیترون داریم. اعداد کوانتومی یک ذره و پاد ذره مربوط به آن‌ها هم است (غیر از اعداد کوانتومی که نوع ذره را مشخص می‌کنند) و با ترکیب آنها می‌شود اعداد کوانتومی خلأ را بدست آورد. یعنی ذره و پاد ذره همدیگر را خنثی کرده و تبدیل به انرژی می‌شوند که در این باره بعداً بحث خواهیم کرد.

حال می‌شود هشت تاییه مزونها را بر حسب ترکیب کوارکی آنها نوشت.

مثلاً (بیرون π^+ ترکیبی از u و d)

$$I_3 = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$$

$$I = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$$

$$Q = \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = 1$$

و غیره.

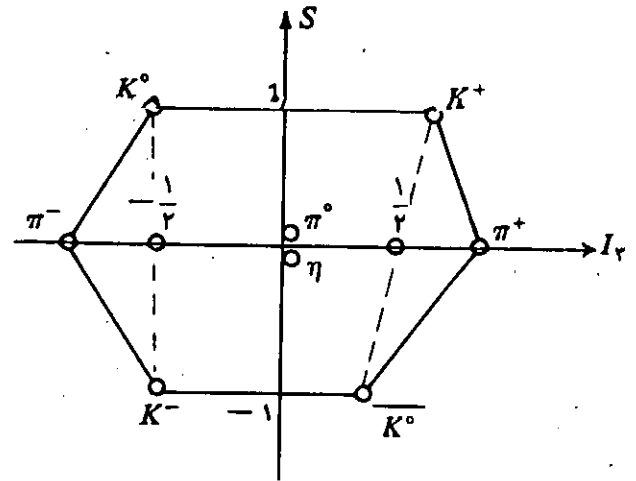
در سال ۱۹۷۴ با کشف ψ که حالت مقید $c\bar{c}$ است. کوارک چهارمی، بنام C (charm دلربا) پیدا شد. و همراه آن عدد کوانتومی دلربایی تعریف شد.

در سال ۱۹۷۷ با کشف Y (اوپسین) $Y = b\bar{b}$ کوارک پنجمی بنام b (beauty) پیدا شده است و همراه با آن عدد کوانتومی

10^{-10} ثانیه است. و چون این خلاف انتظار بود (زیرا مشخصه برهم‌کنشهای قوی طول عمری در حدود 10^{-23} ثانیه است) این ذرات را «شگفت» نامیدند. و شگفتی S را طبق رابطه زیر تعریف کردند:

$$Q = e \left(I_3 + \frac{B+S}{2} \right)$$

حال رده بندی هشت تاییه‌ای از مزونها بر مبنای اعداد کوانتومی ایزواسپین و شگفتی بصورت زیر است:



شکل ۱۱

و یا دوگانه‌های ایزواسپینی مزون K را بصورت جدول زیر، هم نمایش می‌دهند

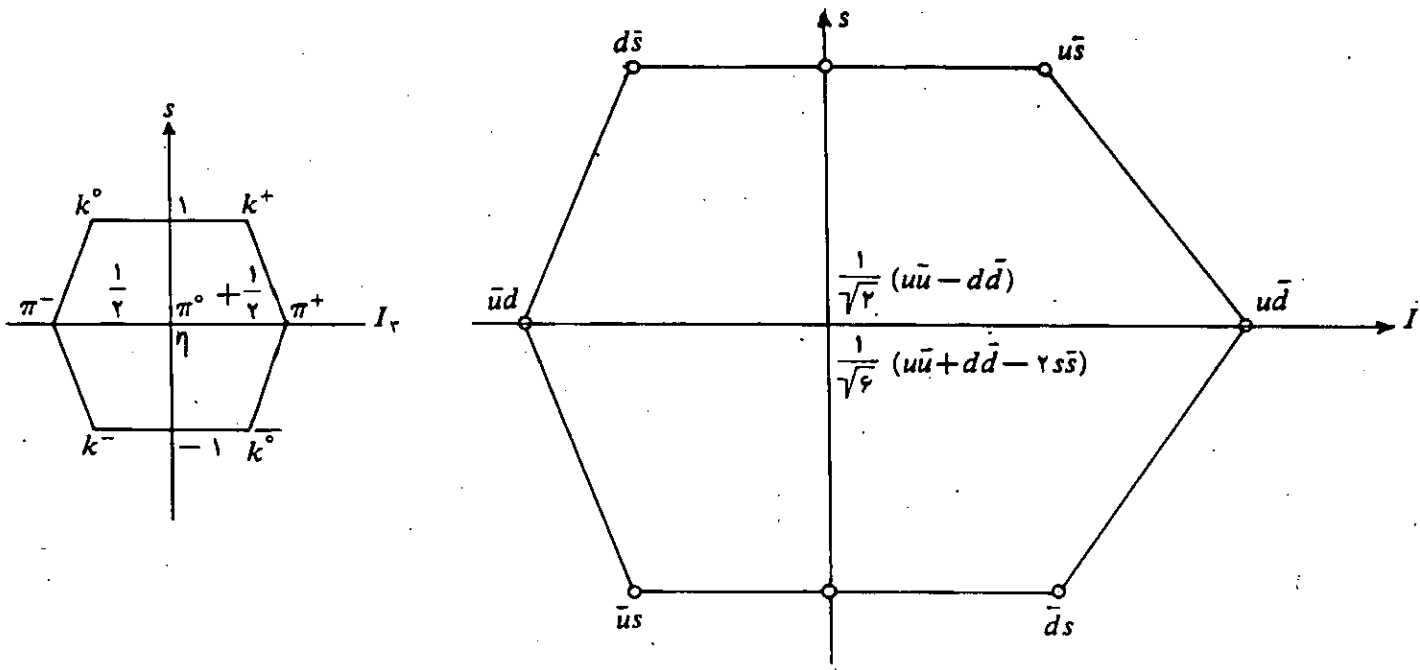
$$S = 1 \quad I = 1/2 \quad \begin{cases} I_3 = \frac{1}{2} & K^+ \\ I_3 = -\frac{1}{2} & K^0 \end{cases}$$

$$S = -1 \quad I = 1/2 \quad \begin{cases} I_3 = \frac{1}{2} & \bar{K}^0 \\ I_3 = -\frac{1}{2} & K^- \end{cases}$$

در بدو امر ذرات شگفت در اتافک ابری و بر اثر عبور رگبار ذرات نافذکیهانی کشف شدند. ولی بعدها این ذرات در شتابدهنده‌ها هم تولید شدند. آهنک تولید ذرات شگفت در حدود 10^{-23} ثانیه است که بازمان برهم‌کنشهای قوی سازگار است. علت طول عمر نسبتاً زیاد آنها این است که واپاشی این ذرات طبق برهم‌کنش ضعیف یعنی واکنشی شبیه واپاشی β صورت می‌گیرد و به این دلیل زمان بیشتری می‌گیرد.

مدل کوارک گلمان

طبق فرض گلمان باریونها و مزونها و ذرات پیدا شده، مرکب



شکل ۱۲

اصل طرد پائولی: دو فرمیون یکسان (مشابه) در سیستم کوانتوم مکانیکی نمی‌توانند اعداد کوانتومی یکسانی داشته باشند. ولی برای Δ^{++} دیدند که باید متشکل از ۳ کوارک u بوده و اسپین‌های آنها باید همه در یک جهت باشد.

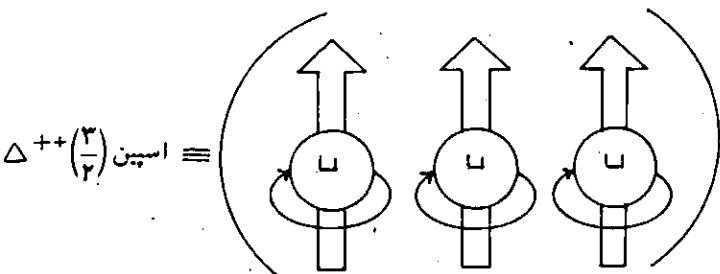
زیبایی تعریف شده است و رابطه زیبایی بصورت زیر درآمده است:

$$Q = e \left(I_3 + \frac{B+S+C+B^*}{2} \right)$$

اعداد کوانتومی پنج نوع کوارکی که تا بحال کشف شده‌اند در جدول زیر است:

نوع کوارک	جرم (GeV)	I	I_3	S	C	B^*
u	۰/۳۳۶	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	۰	۰	۰
d	۰/۳۳۸	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	۰	۰	۰
s	۰/۵۴	۰	۰	-۱	۰	۰
c	۱/۵	۰	۰	۰	۱	۰
b	۴/۹	۰	۰	۰	۰	-۱

توجه کنید جرم پروتون حدوداً ۱ GeV است.



یکی از راه‌های رفع مشکل این بود که پیشنهاد شد کوارک‌ها فرمیون نیستند و بلکه بوزون (ذرات با اسپین عدد درست) هستند. ولی این با اسپین مشاهده شده همه هادرون‌ها سازگار نیست. از نظر ریاضی اصل طرد پائولی به این صورت درمی‌آید که تابع موج کل هادرون باید پادمقارن باشد.

خاصیت رنگ برای کوارک‌ها

بعد از مطرح شدن نظریه کوارک، وبا کشف ذره دیگری بنام Δ^{++} با بار الکتریکی $2e$ و اسپین $\frac{3}{2}$ چنین به نظر می‌رسد که نظریه کوارک یکی از اصول بسیار مهم مکانیک کوانتومی یعنی اصل طرد پائولی را نقض می‌کند.

- ۱) مکان ψ : که مربوط به موضع کوارک‌هاست
- ۲) اسپین ψ : که مربوط به اسپین کوارک‌ها می‌باشد
- ۳) نسوع ψ : که مربوط به این است که هادرون از چه نوع

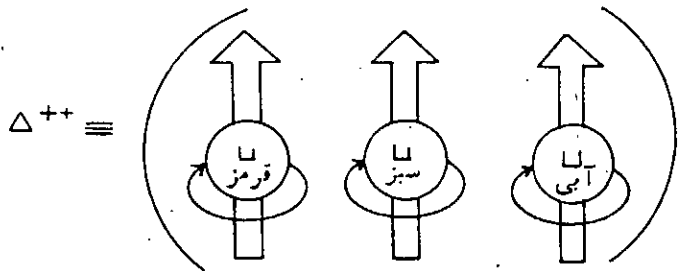
کوارک‌هایی ساخته شده است.

$\psi = \psi \times \psi \times \psi$
 نوع اسپین مکان کل
 ولی برای Δ^{++} همه کوارک‌ها از یک نوع کوارک هستند پس ψ نسوع باید کاملاً متقارن باشد.
 همه کوارک‌ها مثلاً اسپین بطرف بالا دارند و اسپین‌ها یکی است پس ψ اسپین هم متقارن است.
 و چون تکانه زاویه‌ای (اندازه حرکت زاویه‌ای) سیستم صفر است $J = \frac{3}{2}$ پس تابع مکانی هم تحت مبادله دوتا از کوارک‌ها متقارن هست

متقارن \equiv پاکلی

و این خلاف اصل پردپائولی است.

برای رفع تناقض پیشنهاد شد که کوارک‌ها دارای رنگ هستند و هر کوارک دارای سه نوع رنگ، آبی، سبز و قرمز می‌باشد و به این ترتیب:



در اینحالت

چون همه اعداد کوانتومی یکسان نیستند. اصل پائولی رعایت می‌شود و یا به عبارت دیگر

$\psi = \psi \times \psi \times \psi \times \psi$
 رنگ نوع اسپین مکان کل

که تابع موج مربوط به رنگ می‌تواند پادمقارن باشد. البته از نقطه نظر ما که به عناصر اولیه دنیا علاقه‌مندیم. این عددکوانتومی زیاد خوشایند نیست. چون فعلاً که ۵ کوارک کشف شده است و بعداً در مورد جستجوی کوارک ششم بحث می‌کنیم. ولی توجه کنید که هر کوارک در سه نوع رنگ مختلف ظاهر می‌شود در نتیجه

$$6 \times 3 = 18 = \text{تعداد کل کوارک‌ها}$$

که البته از تعداد عناصر جدول مندلیف کمتر است.

۳- شتابدهنده‌ها و فرآیندهای تجربی

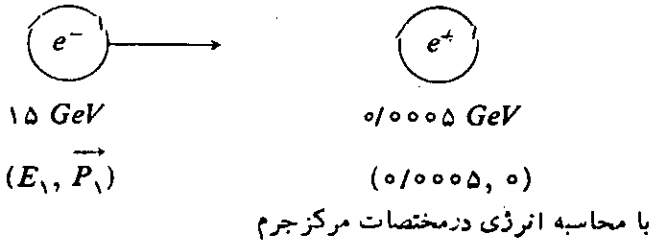
اکثر اطلاعات مربوط به ذرات بنیادی و برهم‌کنش‌ها در شتابدهنده‌ها بدست می‌آید.

بطور ساده، در شتابدهنده‌ها پرتوهای هدایت شده از ذرات مثل الکترون و پوزیترون، پروتون و یا پادپروتون را با سرعت‌های خیلی بالا نزدیک سرعت نور رسانده بعد با هم برخورد می‌دهند.

اطراف نقطه برخورد لایه‌های مختلفی از آشکارسازهای مختلف برای بررسی ذرات ثانویه ناشی از برخورد قرار دارد.

شتابدهنده با هدف ساکن

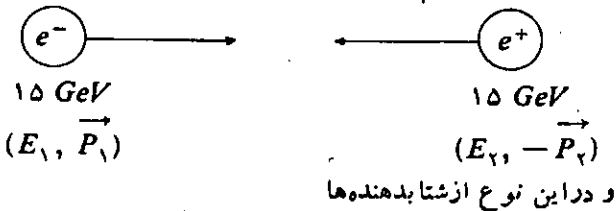
در این نوع از شتابدهنده، مثلاً، الکترون‌ها را شتاب داده و با پوزیترون در حال سکون برخورد می‌دهند:



$$E_{cm} = \sqrt{2E_1 m_1} = \sqrt{2 \times 15 \times 0.0005} = 0.12 \text{ GeV}$$

شتابدهنده با پرتوهای برخوردی

در این نوع از شتابدهنده پرتوی از ذرات را شتاب داده و با سرعت‌های بالا با هم برخورد می‌دهند



$$E_{cm} = \sqrt{(E_1 + E_2)^2 - (P_1 - P_2)^2} = \sqrt{4E_1 E_2}$$

$$E_{cm} = 30 \text{ GeV}$$

می‌بینیم که انرژی مرکز جرم در این حالت ۲۵۰ برابر انرژی مرکز جرم برای شتابدهنده با هدف ساکن است که خاصیت بسیار مطلوبی است در ضمن در شتابدهنده با هدف ساکن نسوع برخورد زیاد جالب نیست. چون مثلاً اگر الکترون را به انرژی ۱۵ GeV برسانیم، از روابط نسیتی

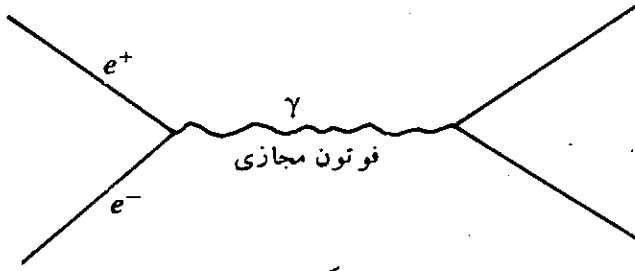
$$E^2 = m^2 c^4 + P^2 c^2$$

$$P = mV$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$$

$$m = 30,000 m_0$$

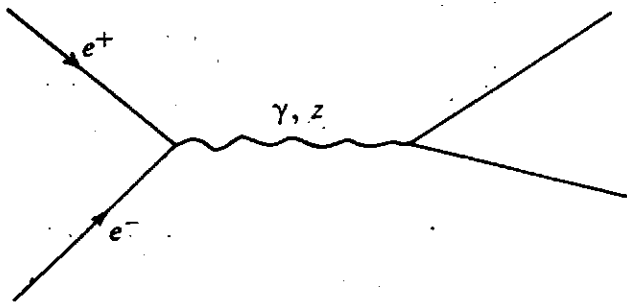
در این فرایند قوانین انرژی و مومنتم رعایت می شود. ولی در عمل مشاهده شده است که فرآیند نابودی الکترون و پوزیترون طوری انجام می شود که کمترین تعداد فوتون را تولید کند. پس به نحوی باید نتایج را با فوتون مجازی سازگار کنیم. ولی یک خاصیت فرایند فوق این است که فوتون مجازی در زمان کمتر از 10^{-25} ثانیه تبدیل به ذراتی می شود که دارای ترکیب درست انرژی - تکانه هستند. علاوه فوتون فوق الذکر هیچوقت قابل مشاهده نیست. و در مکانیک کوانتمی ما می توانیم فقط در



شکل ۱۵

مورد کمیات مشاهده پذیر (observable) صحبت کنیم و قوانین انرژی مومنتم می توانند در زمان بسیار کوتاهی نقض شوند.

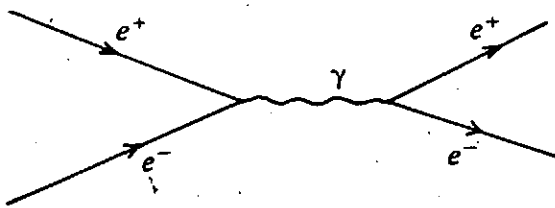
ذرات ثانویه ناشی از برخورد



شکل ۱۶

وقتی که فوتون مجازی واپاشیده شود، چند نوع ذره تولید می کند که الکترون - پوزیترون، میون - پادمیون و هادرون ها از آن جمله اند.

حالت اول: اگر در برخورد الکترون و پوزیترون تولید بشوند



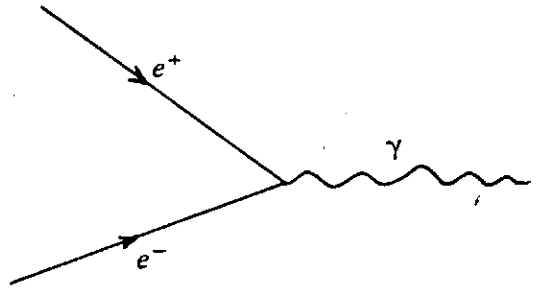
شکل ۱۷

یعنی اینکه جرم الکترون با انرژی 1.5 GeV ، سی هزار برابر جرم در حال سکون آن است و اگر چنین ذره ای را با پوزیترون در حال سکون که جرم آن با جرم الکترون در حال سکون برابر است برخورد بدهیم مانند اینست که یک فیل را با یک فنجان برخورد بدهیم که چندان جالب توجه نیست.

ولی در شتابدهنده ها با پرتوهای برخوردی، هم انرژی مرکز جرم بیشتر است و هم اینکه ذرات با جرم یکسان یا متناسب، با هم برخورد داده می شوند و این از نظر آزمایش بهتر است.

دینامیک برخورد در شتابدهنده های الکترونی و پوزیترونی فوتون مجازی:

در این نوع از شتابدهنده وقتی که الکترون و پوزیترون را با هم تصادم می دهند یک فوتون با انرژی خیلی زیاد تولید می شود. طبق نمودار فاینمن



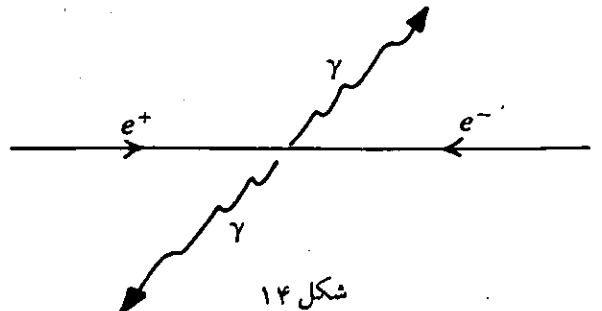
شکل ۱۳

توجه کنید برای پرتو اول (E, P_1) و برای پرتو دوم $(E, -P_1)$ پس برای فوتون تولید شده $(2E, 0)$ چهار مومنتم منتهی مسئله این است که برای فوتون چون ذره بدون جرم است

$P = \frac{E}{c}$ (در سیستم واحد ذرات بنیادی معمولاً $h=c=1$) ولی

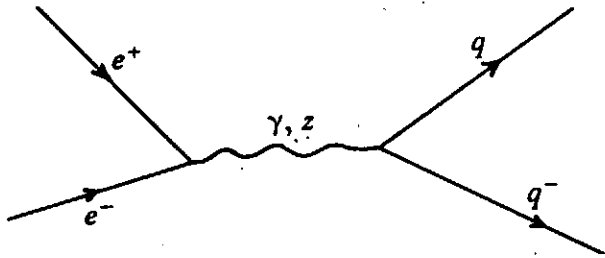
می بینیم که مومنتم فوتون با انرژی تولید شده صفر هست و رابطه صحیح انرژی - مومنتم برای این فوتون خاص جایز نیست و برای همین به آن فوتون مجازی می گویند.

یک راه حل مسئله این است که دو تا فوتون داشته باشیم که دارای مومنتم های یکسان ولی مختلف علامه باشند.



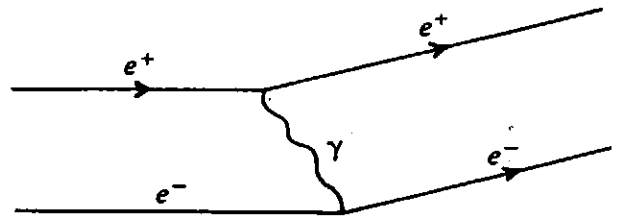
شکل ۱۴

این فرایند از فرایندی که پرتوهای ورودی يك فوتون مبادله کرده ولي مقدار تکانه و انرژی آنها تغییر نکند قابل تشخیص نخواهد بود.



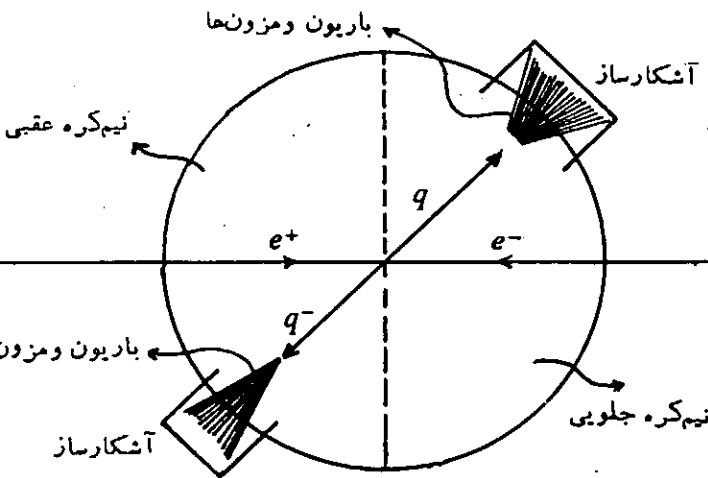
شکل ۲۰

البته کوارکها بطور مستقیم قابل مشاهده نیستند و در عرض تعداد زیادی از بار یونها و مزونها به آشکارساز برخورد می کنند



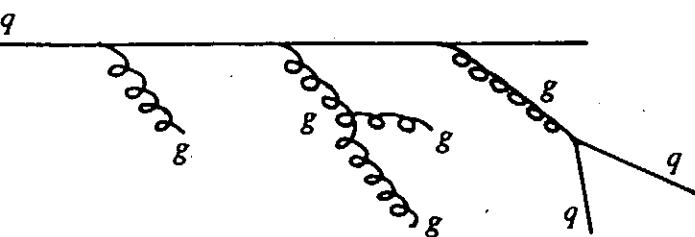
شکل ۱۸

از نظر پدیده شناختی دو فرایند فوقی مشابه اند. در انرژیهای بالاتر تولید میون - پادمیون امکانپذیر است



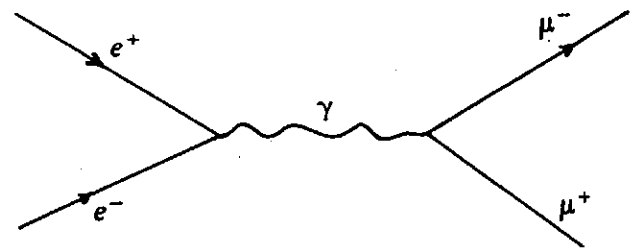
شکل ۲۱

علت این امر این است که يك کوارک بعد از تولید، تابشهای ثانویه ای دارد. و مقدار زیادی چسب (gluon) تولید می کند و طبق مکانیسمی که هنوز کاملاً معلوم نیست ذرات ناشی از این تابشهای ثانویه با هم ترکیب شده و تولید باریون و مزون می کنند که در آشکارساز مشاهده می شود. از نظر نموداری



شکل ۲۲

با شمارش این باریونها و مزونها در آشکارساز و مقایسه آن با حالتی که فقط تولید μ^+ μ^- داشته ایم



شکل ۱۹

(μ^- ذره ای است که جرم آن ۲۰۰ برابر جرم الکترون بوده و طول عمری در حدود 10^{-6} ثانیه دارد) چون حالت نهائی کاملاً با حالت اولیه متفاوت است، در این فرایند ابهام حالت قبل پیش نخواهد آمد.

روشهای آشکارسازی μ^-

چون μ^- ذره ای باردار است در میدان مغناطیسی منحرف می شود و از روی انحنای مسیر ثبت شده در آشکارساز، هم علامت بار (ذره باردار) و هم تکانه آن را بدست می آورند. از آنجا که نظریه های نیروی ضعیف هسته ای و نیروی الکترو-مغناطیسی به تمییزی وحدت یافته اند، ممکن است علاوه بر فوتون، ذره مجازی z هم تولید بشود. اثر آن این است که عدم تقارنی از نظر تعداد ذرات که به نیم کره جلویی برخورد می کنند نسبت به تعداد ذراتی که به نیم کره عقبی برخورد می کنند بوجود بیاید که از آن بحث صرف نظر می کنیم.

پژوهی کوارکها در شتابدهنده الکترون-پوزیترونی

در این نوع شتابدهنده کوارک و پادکوارک طبق نمودار فوق تولید می شوند.

یا

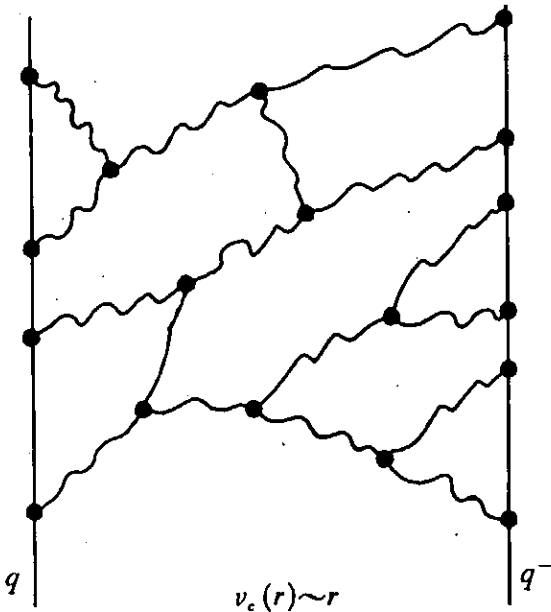
$q_i(p_1, \sigma_1) + q_j(p_2, \sigma_2) \rightarrow q_k(q_1, \tau_1) + q_l(q_2, \tau_2)$
 i و j و k و l شاخص‌های مربوط به رنگ هستند.
 که با استفاده از روش‌های نظریه کوانتومی میدان برای بررسی
 این پراکندگی کوارک از پادکوارک پتانسیل

$$v(r) = -\frac{4}{3} \frac{\alpha_s}{r}$$

بدست می‌آید که در آن

$$\alpha_s = \frac{g_s^2}{4\pi}$$

منتهی وقتی که کوارک و پادکوارک با فاصله زیادتری از هم قرار
 داشته باشند (حدود Fermi) (ابعاد مزون). نظر بر این است
 که بخاطر مبادله تعداد زیادی از کوانتوم‌ها و هم‌چنین انشعاب



شکل ۲۵

کوانتوم چسب و غیره حالتی مثل شکل زیر خواهیم داشت و اعتقاد
 عمومی بر این است که این امر منجر به پتانسیل مقیدکننده‌ای
 می‌شود.

البته پتانسیل‌های فوق ناشی از حد غیرنسبیتی می‌باشد.

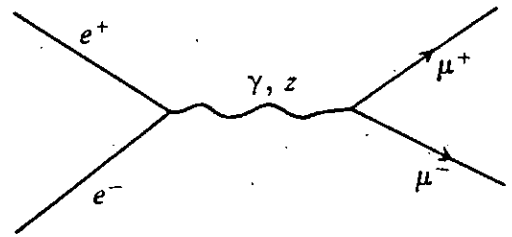
پس پتانسیل بین کوارک‌ها را بصورت نمودار زیر در نظر
 می‌گیریم.

با معین شدن پتانسیل، معادله غیرنسبیتی شرودینگر

$$\left[-\frac{\Delta}{2\mu} + v(r) \right] \Psi = E\Psi$$

را حل کرده و از روی آن جرم مزون و یا بار یون بدست می‌آید

$$M = m_1 + m_2 + E$$



شکل ۲۳

$$R = \frac{\sigma(e^+ e^- \rightarrow \text{هادرون یا مزون})}{\sigma(e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-)} = 3 \sum_{i=1}^n e_i^2$$

که ضریب ۳ برای در نظر گرفتن رنگ است چون مثلاً کوارک
 U دارای سه نوع مختلف U_B, U_G, U_R (با رنگهای قرمز، سبز
 و آبی) است و فعلاً طبق آخرین آزمایشها

$$R = 3 \left\{ \left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(-\frac{1}{3}\right)^2 + \left(-\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 + \left(-\frac{1}{3}\right)^2 \right\} = \frac{11}{3}$$

اگر کوارک 1 با بار $\frac{2}{3}$ درشتا بدهنده‌های $e^+ e^-$ تولید شود

$$R = 5$$

با وجود 1

۴- نیروی بین کوارک‌ها، مدل‌های پتانسیلی

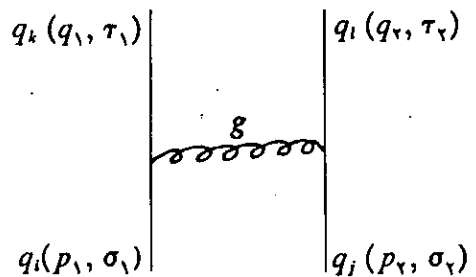
می‌دانیم مزونها که متشکل از یک کوارک - پادکوارک ($Q\bar{Q}$)
 و باریونها متشکل از سه کوارک (QQQ) بوده تنها حالت‌های مقید
 کوارک‌ها هستند. یک مسئله مهم بررسی نیروی بین کوارک‌ها است.

مدل‌های پتانسیلی

در فواصل نزدیک در یک مزون وقتی که فاصله بین کوارک و
 ضدکوارک بسمت صفر میل می‌کند، برهم‌کنش بین آنها همانطوری
 که قبلاً دیدیم باید برحسب تبادل کوانتوم برهم‌کنش که در این
 جا چسب یا ($gluon$) است انجام می‌شود. منتهی نکته این است
 که در فواصل کم فقط یک کوانتوم مبادله می‌شود

(one gluon exchange)

و از نظر نموداری



شکل ۲۴

که پتانسیل فوق توسط روداتس (Rudaz) و در سال ۱۹۷۸ بکار برده شده است. بکار برده شده است. بگونه دیگر

$$v(r) = -\frac{\alpha}{3} \frac{\alpha_p}{(r+r_0)^{1/107}} (1-c) + ar^{0.181} (1-d)$$

که توسط فلانم (Flanom) و در سال ۱۹۸۷ بکار برده شده است که توسط آنها اثرات مربوط به اسپین را بررسی کنند. برای جرم مزونها

مزون	جرم تجربی (Gev)	جرم تئوری Flanom
π	۰/۱۳۸	۰/۱۲۹
(ss) ϕ	۱/۶۸۵	۱/۴۸۱

بدست آمده است.

روشهای حل معادله شرودینگر

اصولاً برای پتانسیل‌های پیچیده و با پارامترهای مختلف و با پارامتریزه کردن پتانسیل به انواع مختلف تنها روش ممکن روش‌های عددی است.

ولی اخیراً (۱۹۸۹) و برای پتانسیل‌های بفرم

$$v(r) = \frac{\alpha}{r} + \sum_{n=1}^{\text{محدود}} a_n r^n$$

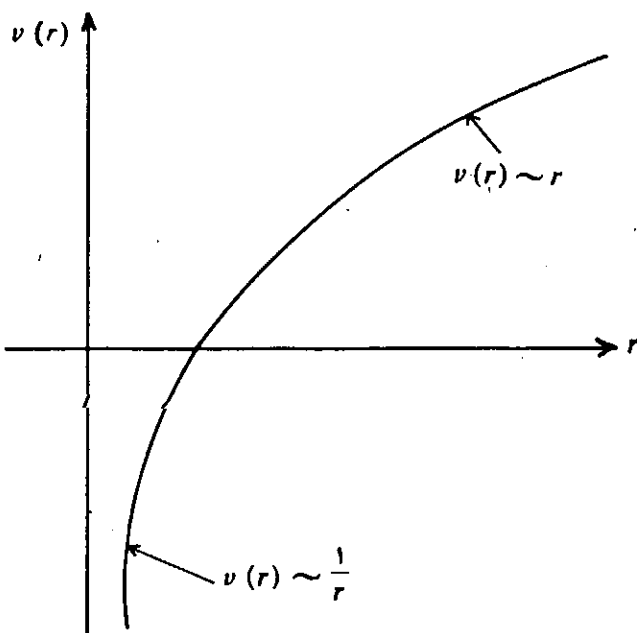
راه‌حل‌های تحلیلی هم پیدا شده است.

که کاربرد این نوع روش‌های تحلیلی را برای سیستم‌های مقید کوآرک و پادکوآرک موضوع تز دانشجویی و تحت سرپرستی این جانب می‌باشد.

تا بحال از کوآرک‌ها صحبت کردیم. ذرات دیگری مثل لپتون‌ها داریم که در برهم‌کنش قوی هسته‌ای شرکت ندارند ولی در برهم‌کنش ضعیف هسته‌ای شرکت می‌کنند و جرمشان هم نسبتاً کم است.

نام	علامت	جرم (Gev)	بار الکتریکی
الکترون	e	۰/۰۰۰۵	-۱
نوترینو الکترون	ν_e	۰	۰
میون	μ	۰/۱۰۵	-۱
نوترینو میون	ν_μ	۰	۰
تاو	τ	۱/۸	-۱
نوترینو تاو	ν_τ	۰	۰

لپتون‌ها



شکل ۲۶

البته تقریب غیرنسبتی فوق برای $\Psi = cc$ (charmonium) که در آن $\frac{v^2}{c^2} \approx 0.4$ مناسب است هم چنین برای $Y = bb$ البته فرم کامل پتانسیل با توجه به داده‌های تجربی معین می‌شود برای $\Psi = cc$

$$v(r) = -\frac{K}{r} + ar + V_0$$

$$K = 0.27, a = 0.25 \text{ GeV}^2, V_0 = -0.76 \text{ GeV}$$

برای وارد کردن برهم‌کنش اسپین‌ها جملات دیگری به پتانسیل افزوده می‌شود.

یک روش دیگر این است که از طریق کاملاً پدیده‌شناسی و با استفاده از داده‌ها پتانسیلی را پیدا کنیم که بهترین برازش (fit) را بدهد. البته اگر چنین پتانسیلی را برای cc پیدا کنیم فقط برای cc قابل استفاده خواهد بود ولی کلی نیست. و برای سیستم‌های دیگرش bb قابل استفاده نخواهد بود.

از پتانسیل‌های دیگری هم استفاده شده است. بعنوان مثال توسط یک قسمت لگاریتمی قسمت تبادل یک گلوئونی و تبادل چند گلوئونی بهم متصل می‌کنند

$$V = \begin{cases} -\frac{\alpha}{3} \alpha_s / r & r \leq R_1 \\ C \ln(r/r_0) & R_1 \leq r \leq R_2 \\ \alpha r & r \geq R_2 \end{cases}$$

البته وجود ν_τ از طریق مستقیم یعنی واکنش

$$\nu_\tau + N \rightarrow \tau + X$$

هنوز به اثبات نرسیده ولی از طریق غیرمستقیم یعنی پهنای ذره Z و غیره وجود آن به اثبات رسیده است.

بنابر نظریه‌های پیمان‌های و بنا بر تقارن کوارک‌ها و لپتون‌ها، چون e تا لپتون داریم پس باید e کوارک هم داشته باشیم. بنابراین در جستجوی کوارک دیگری بنام کوارک t (*truth* یا *top*) هستند.

۵- جستجوی کوارک t

در حال حاضر تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی نشان می‌دهد که جرم این کوارک

$$89 \text{ (Gev)} \leq m_t \leq 200 \text{ (Gev)}$$

هم‌چنین بازم بر مبنای تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی بهترین کاندیدا برای جرم این کوارک

$$m_t \approx 135 \pm 35 \text{ (Gev)}$$

است.

چون قوی‌ترین ماشین الکترون پوزیترونی $LEP II$ دارای حداکثر انرژی مرکز جرم $\sqrt{s} = 200 \text{ GeV}$ است. اگر جرم کوارک t از 100 GeV بیشتر باشد تولید حالت مقید $t\bar{t}$ توسط آن ماشین که قرار است از سال ۱۹۹۵ مورد بهره‌برداری قرار گیرد امکان‌پذیر نیست و باید در ماشین‌های پروتون - پروتون و یا پروتون - پادپروتون جستجو نمود.

طرح‌واره‌ای از برخورد درشتابنده‌های PP

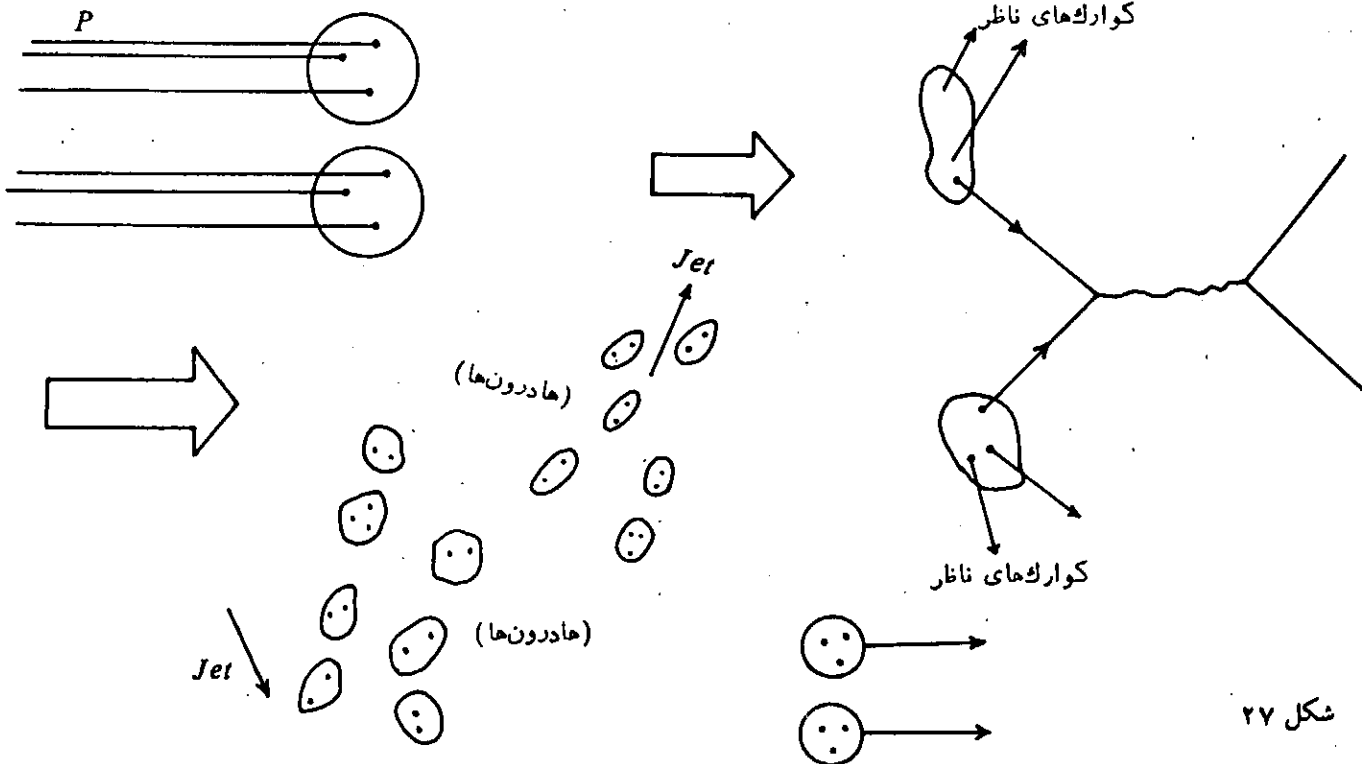
وقتی پروتون‌ها با سرعت بسیار زیاد با هم برخورد کند فرایندهای متعددی شامل کوارک‌ها و گلوئون بوقوع می‌پیوندد و حالت نهائی هادرونی در آشکارسازها بصورت مجموعه‌ای از ذرات (*Jet*) ذخیره می‌شود.

کوارک‌هایی از پروتون‌ها که در عمل برخورد برهم‌کنشی نداشته باشند، کوارک‌های ناظر (*Spectator*) نامیده می‌شوند.

البته احتمال این هست که کوارک t را در $TEVATRON$ پیدا بکنند وگرنه باید منتظر دوشتابنده دیگر بود که ظاهراً اواخر

ماشین‌های لازم برای تولید کوارک t

اسم	محل	وضعیت	پروتو	\sqrt{s} (Gev)	L
TEVATRON	FNAL	در حال بهره‌برداری	PP	2000	10 ³¹
LHC	CERN	?	PP	1/7 × 10 ⁴	10 ³³
SSC	Texas	?	PP	2 × 10 ⁴	10 ³³

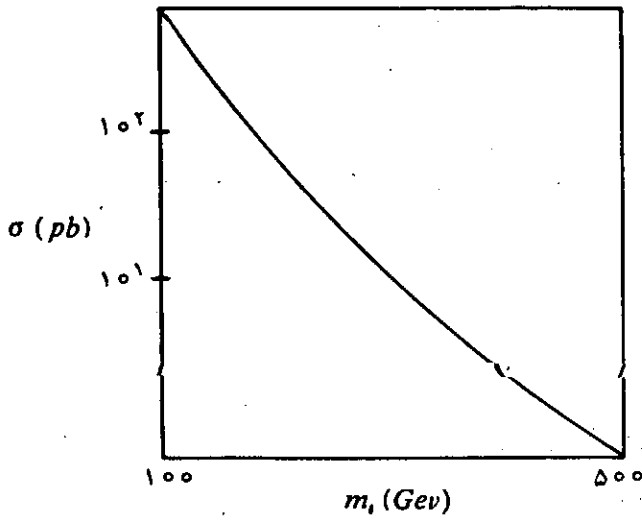


شکل ۲۷

که برای مکانیزم فوق

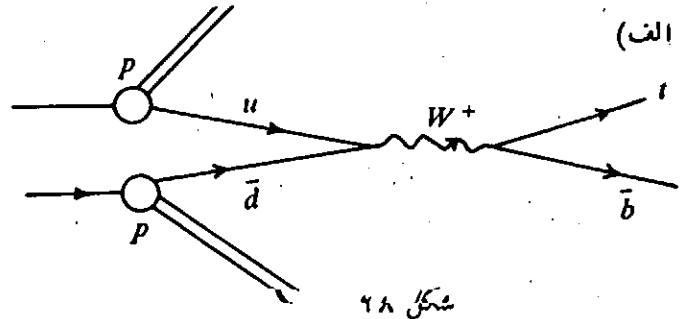
قرن بیستم و یا اوائل قرن بیست و یکم راه اندازی خواهند شد تا جوابگوی سئوالات بنیادی که مثلاً پایه‌ای‌ترین جزء ماده چیست باشند.

مکانیزم‌های مختلف تولید کوارک t در شتاب‌دهنده pp

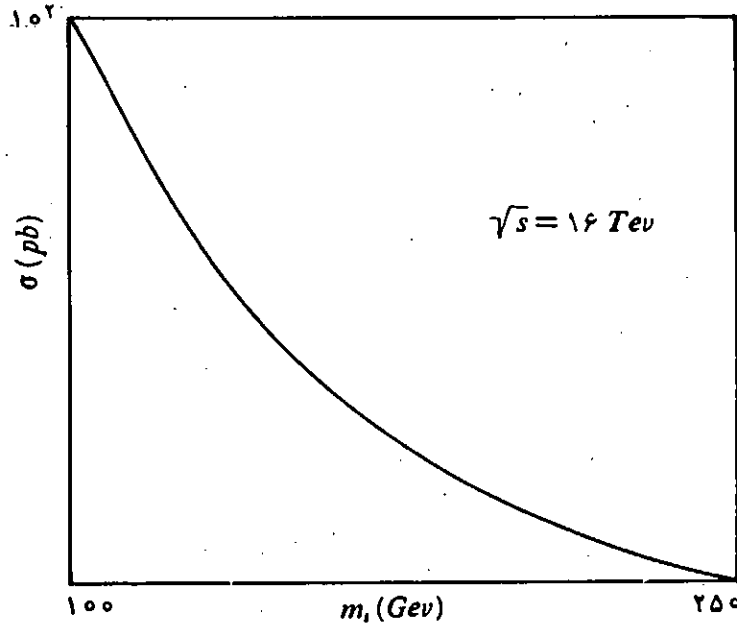


m_t (Gev)

شکل ۳۱



شکل ۲۸

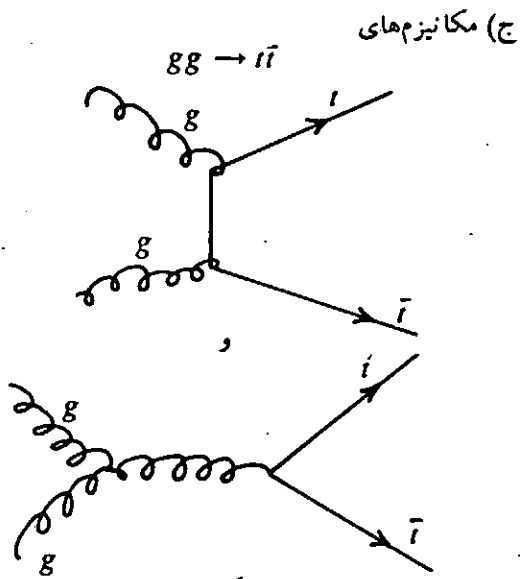


$\sqrt{s} = 16 \text{ TeV}$

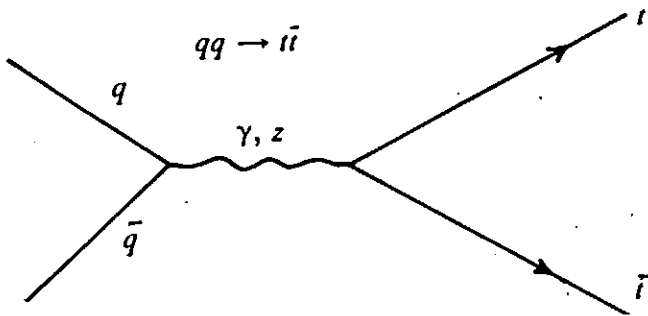
شکل ۲۹

که تعداد رویدادها $R = L\sigma$ که در آن L (درخشندگی ماشین) و σ سطح مقطع هست و برای 10^{30} L و برای $m_t = 175 \text{ GeV}$ تعداد رویدادها در سال حدود ۱۰۰,۰۰۰ کوارک t خواهد بود که قابل ملاحظه هست.

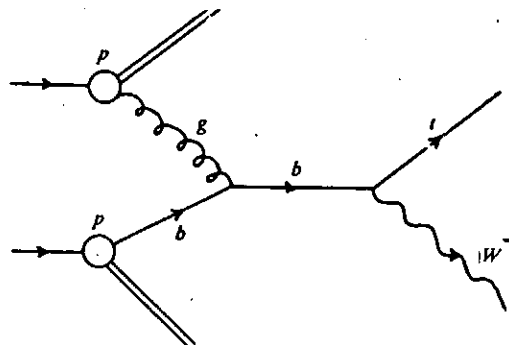
(ب)



شکل ۳۲



شکل ۳۳



شکل ۳۰

با در نظر گرفتن مجموعه این فرایندها سطح مقطع زیر بدست می آید

البته باید ضدماده کوآرکها و یا لپتونها را شمرد. که با این حال

$$2(18+6)+12=60$$

یعنی حدوداً ۵۰٪ نسبت به جدول مندلیف عناصر اولیه را کاهش داده ایم.

برخی از صاحب نظران این تعداد را زیاد دانسته و معتقدند که تمامی ذرات فوق یا برخی از آنها اجسام ترکیبی از ذرات دیگری بنام پریان (*Preon*) هستند. البته از نظر تجربی در حال حاضر هیچ آزمایشی که دال بر وجود این پریانها باشد یا وجود آنها را تأیید کند وجود ندارد.

ذرات ناشی از تقارنهای دیگر

اگر نظریه ای دارای درجه تقارن بالاتری باشد، معمولاً وجود ذرات دیگر و جدیدی را ایجاب می کند. بحث ما در مورد مدل های ذرات بنیادی با تقارن گروهی

$$SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$$

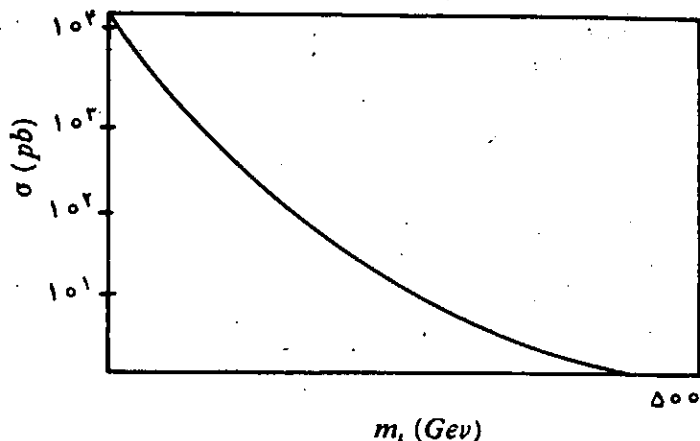
بوده است.

در برهم کنش ضعیف مثلاً تقارن آینه ای شکسته می شود. مدل هایی است که در آن پارته نقض نمی شود. و این مدلها ذرات بنیادی جدیدی را پیش بینی می کنند که هر لحظه ممکن است کشف بشود.

تقارن دیگری که بسیار از آن در نظریه های جدید وحدت استفاده می کنند تقارن سی است که فرمیونها و بوزونها را بهم مربوط می سازد. این تقارن به ابر تقارن (*Supersymmetry*) معروف است.

اگر این تقارن درست باشد تعداد کل ذرات بنیادی دو برابر خواهد شد. چون در این نظریه ها به هر ذره ای یک ابر ذره نسبت داده می شود.

بررسی پیش بینی های مدل هایی که از تقارن های فوق استفاده می کند در حال حاضر در آزمایشگاه های دنیا تحت بررسی می باشد.



شکل ۳۴

کار عمده این است که این فرایندها و بدنبال آن واپاشی های τ و μ را بررسی کنند.

در ضمن فرآیندهای انگلی (پارازیتی) هم ممکن است موجود باشد که حالت نهائی آن شبیه حالت نهائی فوق باشد. و بررسی نظری همه این فرایندها و یافتن روش هایی برای کاهش دادن فرایندهای پارازیتی و پیدا کردن ذره τ کاری است که در حال حاضر و با شدت زیاد توسط محققین پی گیری می شود.

۶- اجزاء تشکیل دهنده (بنیادی) - پدیده های دیگر پس نتیجه این شده است که اجزاء تشکیل دهنده مواد عبارتند از:

- ۱- کوآرکها: در ۶ نوع هر نوع در سه رنگ ۱۸
 - ۲- لپتونها: $e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$ ۶
 - ۳- بوزون های پیمانه ای: فوتون، W^+, W^-, Z و ۱۲
- چسب (چون ۸ نوع گلوئون مستقل داریم)

تولد فیزیک

دو لیوان که دهانه های آنها اندکی تنگتر از قسمت میانی آنهاست تهیه کنید. یکی را رو به بالا بگذارید و دیگری را روی یک زیتون وارون کنید.

مسئله: زیتون را به لیوان رو به بالا انتقال دهید. برای اینکار می توانید تنها به لیوان وارون دست بزنید و این لیوان همیشه باید وارون باشد.

جواب: به سرعت لیوان وارون را در مسیر دایره ای کوچک بچرخانید. زیتون در لیوان بالا می رود و همان جا می ماند. این لیوان را در حال چرخش نگهدارید تا بتوانید زیتون را در لیوان دیگر بیاندازید.

مترجم: ...

1. Physics Trick
2. Transporting an Olive
3. Mortin Gardner

THE PHYSICS TEACHER. JANUARY 1991, P 51



۱- فیزیکدان (برنده نوبل) فون کلیتسینگ ۱۹۴۳ -
 ۲- کوانتوم (اشرفیادینس جهان)
 ۳- نوبل (دس)
 ۴- نوبل (سازنا)

کلاؤس فون کلیتسینگ

کاشف اثر کوانتومی هال

برنده جایزه نوبل سال ۱۹۸۵ در رشته فیزیک

نوشته: دکتر عزت‌اله ارضی، گروه فیزیک دانشگاه تهران

دریافت کرد. (ناگفته نماند که اعطای یک بورس تحقیقاتی از سوی انجمن پژوهشی هایزنبرگ، به فون کلیتسینگ وی را قادر کرد تا به تحقیقات دوره دکتریش بپردازد). سپس به عنوان محقق میهمان انستیتو ماکس پلانک اشتوتگارت به مرکز پژوهشی گرنوبل فرانسه رفت تا در آزمایشگاه مجهز میدانهای مغناطیسی قوی که توسط انستیتو مرکز ملی تحقیقات فرانسه و انستیتو ماکس پلانک اشتوتگارت اداره می‌شود به پژوهشهایش ادامه دهد. خوشبختانه در آن زمان پروفیسور لندور رئیس همین آزمایشگاه شده بود. در همین جا بود که فون کلیتسینگ بررسی خود را در مورد سطوح بلورهای نیمرسانا از طریق مطالعه رفتار الکترونیهای آنها در شرایط حاد میدانهای مغناطیسی قوی و دماهای کم شروع کرد. عنوان رساله دکترایش درباره خواص گالوانو مغناطیسی بلور در میدانهای مغناطیسی قوی بود. برای اندازه‌گیری غلظت الکترونیهای سطحی نیمرسانا از اثر هال استفاده می‌کرد و در همین جا بود که آزمایشهای اکنون مشهور شده‌اش را انجام داد، و پدیده‌ای را کشف کرد که هم فیزیکدانها را شگفت زده کرد و هم وی را به شهرت جهانی رساند. پدیده‌ای که دقت آن چنان زیاد است که کمیته نوبل در وصف آن گفته است: «هرگز انتظار نمی‌رفت که قاعده کوانتیزاسیون مکانیک کوانتومی با این درجه از دقت در طبیعت برقرار باشد».

در سال ۱۹۸۰ برای مدتی به مقام دانشیاری دانشگاه صنعتی مونیخ برگزیده شد، اکنون با مقام استادی به طور تمام وقت در اختیار انستیتوی فیزیک حالت جامد ماکس پلانک اشتوتگارت است و از سال ۱۹۸۵ به بعد به عنوان یکی از مدیران همین انستیتو انجام وظیفه می‌کند. وی در سال ۱۹۸۱ برنده جایزه هیولت پاکارد فیزیکدانهای اروپایی شد. در همین سال، جامعه فیزیکدانهای آلمان غربی نیز جایزه «والتر شانکی» در فیزیک حالت جامد را به خاطر کشف اثر کوانتومی هال، به وی اعطاء کرد.

در سال ۱۹۸۰ مقاله‌ای با عنوان «روشنی جدیدی برای تعیین بسیار دقیق ثابت ساختمان ریز بر اساس مقاومت کوانتومی هاله» توسط پروفیسور کلاؤس فون کلیتسینگ از انستیتو فیزیک حالت جامد ماکس پلانک اشتوتگارت آلمان غربی، و دو تن از همکارانش به چاپ رسید. این مقاله که کشف جدیدی به نام «اثر کوانتومی هال» را گزارش می‌دهد، کمیته از ۱۲ صفحه مجله فیزیکال ریویو لترز را برنده بود. زلی بخش‌های علمی و کسب‌وکارهای آن چنان نمایان توجه بود که هیجانش سراسر جامعه فیزیکدانها را فرا گرفت. دپرتی نگارنده که جامعه ستیزه‌نشان و ادارات اوزان و مقادیر موسسات استاندارد کشورهای مختلف جهان آن را به عنوان استاندارد مقاومت برگزیده به تدریج هزاران صفحه از مجلات علمی معتبر دنیا به توصیف جنبه‌های گوناگون این پدیده پرداختند، و هم اکنون نیز پژوهشها در این زمینه با شتاب زیاد انجام می‌پذیرد. اثر کوانتومی هال علاوه بر کسب‌وکارهای علمی، در سیستم‌های فیزیکدانها، برخی از دانه‌های بنیادی فیزیک را با دقتهایی که تاکنون میسر نبوده بدست داده است و می‌رود که بسیاری از نکات مبهم علم را روشنتر کند. کشف اثر کوانتومی هال از چنان اهمیت زیادی برخوردار بود که جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۸۵ به کاشف آن، پروفیسور کلاؤس فون کلیتسینگ اعطاء شد.

پروفیسور کلاؤس فون کلیتسینگ که به هنگام دریافت جایزه نوبل فیزیک ۴۲ ساله بود، در ۲۸ ژوئن سال ۱۹۴۳ در شرودا، پوزان به دنیا آمد. او ابتدا در انستیتوی فیزیک دانشگاه صنعتی براونشوایگ درس خواند و سپس، در سال ۱۹۷۲، به دانشگاه وورتسبورگ، به همان انستیتوی که رننگن در آن پرتوهای ایکس را کشف کرد، نقل مکان کرد. کار دکترایش را زیر نظر پروفیسور گوت فرید لندور، آغاز کرد و در سال ۱۹۷۲ موفق به دریافت درجه دکترا شد. پس از گذراندن یک دوره تحقیقاتی یک ساله در دانشگاه آکسفورد انگلستان مجدداً به آلمان بازگشت. سرانجام در سال ۱۹۷۸ از دانشگاه وورتسبورگ مدرک هابیلیتاسیون (دانشیاری) خود را

از ویژگیهای شخصیتی او انرژی زیاد، زیرکی، تیزبینی و علاقه، شوق و ذوق و جدیت فراوان برای هر کاریست که انجام می‌دهد؛ در عین حال به هر اندازه‌گیری که انجام می‌دهد، با دیده شک و تردید می‌نگرد. همین خصوصیات بارز ذاتی او بود که راهگشایش برای «دیدن» واقعیات در مقابل چشمانش شد.

اغلب اوقات نمی‌توان زمان تولد یک پدیده فیزیکی را به دقت مشخص کرد، ولی فون کلیتسینگ معتقد است که زمان تولد پدیده کوانتومی حال حدود ساعت ۲ بامداد روز سه شنبه ۵ فوریه سال ۱۹۸۰، یعنی لحظه‌ای که وی به غیر عادی بودن نتایج آزمایشهای پی برد، و محل تولد آن آزمایشگاه بسیار مجهز میدانهای مغناطیسی قوی گرونوبل فرانسه است.

اعطای جایزه نوبل رشته فیزیک سال ۱۹۸۵ به پروفیسور فون کلیتسینگ برای کشف اثر کوانتومی هال با جایزه نوبل سال قبل از آن که به کارلو روبیا و وان درمیر به خاطر کشف تجربی ذرات W و Z اعطاء شد، کاملاً فرق دارد. در کشف W و Z ، عظیمترین و پیشرفته‌ترین وسایل و تکنیکهای فیزیکی بکار برده شده بود و دهها دانشمند درگیر مسئله بودند و دقیقاً می‌دانستند که به دنبال چه چیزی می‌گردند. در اینجا یک پژوهشگر تنها و با علاقه تقریباً بدون کمک دیگران ولی کاملاً آگاه به دانش موضوع و کارهای پژوهشی دیگران، البته با در اختیار داشتن یک نمونه مرغوب و میدانهای مغناطیسی بسیار قوی و دماهای پایین با استفاده از وسایل و روشهای نسبتاً ساده، و بدون نیاز به ماشین آلات بسیار پیچیده و انجام یک رشته آزمایشهای علی‌الاصول روزمره، پدیده جدید و غیرمنتظره‌ای را کشف کرد که اکنون نقل تمام محافل فیزیکی جهان شده است و تب هیجان آن سرتاسر فیزیک حالت جامد و نظریه میدانهای کوانتومی را فرا گرفته است. به گفته یکی از بنیانگذاران انستیتو ماکس پلانک اشتوتگارت، یکی از پیشرفتها و پژوهشهای تکان‌دهنده فیزیک، امروز در تونل چند کیلومتری و گران قیمت فیزیک انرژیهای زیاد به وجود نیامده، بلکه از درون یک بلور کوچک فون کلیتسینگ سر درآورده است.

ناگفته نماند که ترانزیستوری که در حین مطالعه آن، اثر کوانتومی هال کشف شد، توسط خود فون کلیتسینگ تهیه نشده بود بلکه دو دانشمند دیگر آن را تهیه کرده بودند و این رویه معمول تحقیقات در فیزیک حالت جامد است که اکثر دانشمندان، رشد بلورها و نمونه‌های مورد نظر خود را به دیگران و یا به کارخانجات مربوطه واگذار می‌کنند. کلاؤس فون کلیتسینگ در خطابه دریافت جایزه نوبل فیزیک که در ۹ دسامبر ۱۹۸۵ انجام شد، به عنوان قدردانی از نقش تعیین‌کننده این دانشمندان چنین می‌گوید: از همه افسرادی که در کارهایم مرا یاری رسانده‌اند سپاسگزارم ولی در اینجا فقط نام آن دانشمندانی را ذکر می‌کنم که در زمان کشف اثر کوانتومی هال، یعنی

در سال ۱۹۸۰ پشتیبان تحقیقات من بوده‌اند. در وهله اول مایلم که از جی. دوردا از زمینس وام. پیر از آزمایشگاه کاوندیش کیمبرج برای تهیه و در اختیار قرار دادن ماسفتهای بسیار اعلاء تشکر و قدردانی کنم. پشتیبانی مداوم و مستمر جی لندور از تحقیقات من و بحثهای ثمربخش همکارم تی انگلرت، برای کشف اثر کوانتومی هال حیاتی بوده است، و من عمیقاً از آنها سپاسگزارم. (ناگفته نماند که جایزه هیولت پاکارد فیزیکدانهای اروپایی در سال ۱۹۸۵ به پیر اعطاشده است).

در همین جا ذکر چند نکته بی‌فایده نخواهد بود: مقاله فون کلیتسینگ و همکارانش که اکنون معروف شده است، یک بار توسط مجله فیزیکال ریویو لترز رد شده بود و این اولین باری نیست که مجلات علمی چنین برخوردی با یک پدیده جدید می‌کنند. نکته دیگر اینکه، در سال ۱۹۷۸ که فون کلیتسینگ مدرک دکترای هابیلیتاسیون خود را دریافت داشت، اوضاع چنین می‌نمود که گویا دوره زندگی دانشگاهی وی به پایان رسیده باشد و در نتیجه در پی یافتن کاری در یک کارخانه می‌گشت. اگر مؤسسه تحقیقاتی آلمان (DFG) و جامعه ماکس پلانک در همان زمان یک برنامه خاص برای تشویق پژوهشگران جوان و با استعداد تهیه ندیده بودند، آقای دکتر هابیل کلاؤس فون کلیتسینگ جذب صنعت می‌شد و کشف پدیده کوانتومی هال شاید سالها به عقب می‌افتاد. از همه مهمتر، اگر وسایل بسیار مجهز و امکانات فراوان آزمایشگاه میدانهای مغناطیسی قوی گرونوبل در اختیارش قرار نمی‌گرفت هرگز موفق به چنین کشفی نمی‌شد. چرا که میدانهای مغناطیسی مورد استفاده‌اش در وورتسبورگ آنقدر ضعیف بود که هرگز نمی‌توانست سکوها کوانتومی مقاومت را به روشنی ببیند و گواه این مدعا هم نتایج کارهای گذشته اوست که خیلی هم جالب نبودند و سطحشان هم خیلی بالا نبود. اوضاع موقعی فرق کرد که از اوت سال ۱۹۷۹ به عنوان میهمان انستیتو فیزیک حالت جامد ماکس پلانک اشتوتگارت در کنار سایر دانشگاهیان و پژوهشگران ماکس پلانک توانست در آزمایشگاه میدانهای مغناطیسی قوی گرونوبل کار کند و در بهار ۱۹۸۰ توانست در کمتر از ۲ هفته اندازه‌گیریهای تعیین‌کننده‌اش را انجام دهد. و این خود گویای این حقیقت است که آزمایشگاه مجهز، وسایل مناسب و امکانات مدرن چه نقش تعیین‌کننده‌ای در امر تحقیقات دارند. حالا دیگر برای آلمانیها مشخص شده است که مشارکت بنیاد فولکس واگن در سرمایه‌گذاری ابتدایی آزمایشگاه گرونوبل که مورد اعتراض بسیاری هم قرار گرفته بود، کار بیهوده‌ای نبوده است. از همه مهمتر، داستان تأسیس و خط مشی انستیتوی ماکس پلانک اشتوتگارت برای فیزیک حالت جامد است. بعد از بنیان‌گذاری انستیتو که در سال ۱۹۶۹ انجام گرفت، تعدادی از مشاهیر انستیتوی ماکس پلانک با دیرباوری و شک و تردید



کلاؤس فون کلیتسینگ و گوت فرید لندور-این عکس در این ایام جشن اعطای جایزه نوبل به فون کلیتسینگ گرفته شده است. پرفسور لندور کسی است که فنون کلیتسینگ تحت حمایت وی کار دکترایش را در دانشکده علوم دانشگاه وورتسبورگ شروع کرد و هم او بود که مشوق اصلی و سوق دهنده فون کلیتسینگ به سمت این رشته از تحقیقات فیزیک حالت جامد بود.

وسائل و قطعات الکترونیکی مفیدی چون ترانزیستور، میکروچیپ، نوار مغناطیسی و حافظه دیسکی، لیزرهای حالت جامدی، مغناطیسهایی ابر رسانا و... را اختراع کرده اند. اکنون با کشف اثر کوانتومی هال و تلفیق آن با اثر a.c. جوزفسون، وسائلی را برای اندازه گیری مطلق مقاومت و ولتاژ برای بشریت به ارمغان آورده اند که به نوبه خود به تعیین مقادیر بسیار دقیق اکثر ثابتهای بنیادی فیزیک نظیر بار الکترون، ثابت ساختمان ریز اتمی، عدد آووگادرو ... انجامیده است.

زیرنویسها:

۱ - این مقاله قسمتی از متن اولیه کتاب جدید الانتشار زیر است که به بیان چگونگی کشف، کاربرد و منشاء فیزیکی اثر کوانتومی هال می پردازد: اثر کوانتومی هال. نوشته: عزت الله ارضی، ناشر: انجمن فیزیک ایران.

2 - Professor Klaus von Klitzing

3 - Physical Review Letters

4 - Schroda, Posen

5 - Braunschweig Technical University

6 - MOSFET = Metal - Oxide - Semiconductor Field - Effect - Transistor

می گفتند که آیا از بنیاد نهادن یک مؤسسه جدید، حتی در جهت هدفهای علمی، چیز سودآوری، احتمالاً جز بهبودی بخشیدن هنر مهندسی، حاصل می شود؟ از دید بنیانگذاران، در حقیقت انستیتوی جدید می باید قبل از هر چیز در زمینه فیزیک کاربردی فعالیت کند و در نتیجه به از بین بردن فاصله میان آلمان با آمریکا و ژاپن در زمینه میکروالکترونیک کمک کند. این کار به دقت و با موفقیت دنبال شد، ولی کم کم به این نتیجه رسیدند که تأکیدها و توصیه های ورنر هایزنبرگ در همان جلسات اولیه مبنی بر لزوم انجام تحقیقات بنیادی درست بوده است. در واقع در این اواخر چنین تحقیقاتی هم انجام می گرفت که اگر به این سو نمی رفتند، هرگز پدیده کوانتومی هال به وسیله یکی از اعضای جامعه ماکس پلانک کشف نمی شد. ای کاش هایزنبرگ اکنون زنده بود تا شاهد ثمرات توصیه هایش باشد.

خود فون کلیتسینگ در این زمینه چنین می گوید: خوشوقتم که فیزیک نیمرساناها یک بار دیگر با اعطای یک جایزه نوبل مورد توجه و شناسایی مجدد قرار گرفته است. امیدوارم این رویداد، دستکم در آلمان غربی، منجر به پشتیبانی بیشتر از این شاخه فیزیک حالت جامد شود و تحقیقات بنیادی بیشتری در این زمینه انجام گیرد.

دانشمندان معتقدند که اعطای جایزه نوبل فیزیک به کلاؤس فون کلیتسینگ، نشانه قدردانی از دانشمندان فیزیک حالت جامدی است که در بین تمام شاخه های فیزیک بیشترین تعداد را دارند، و

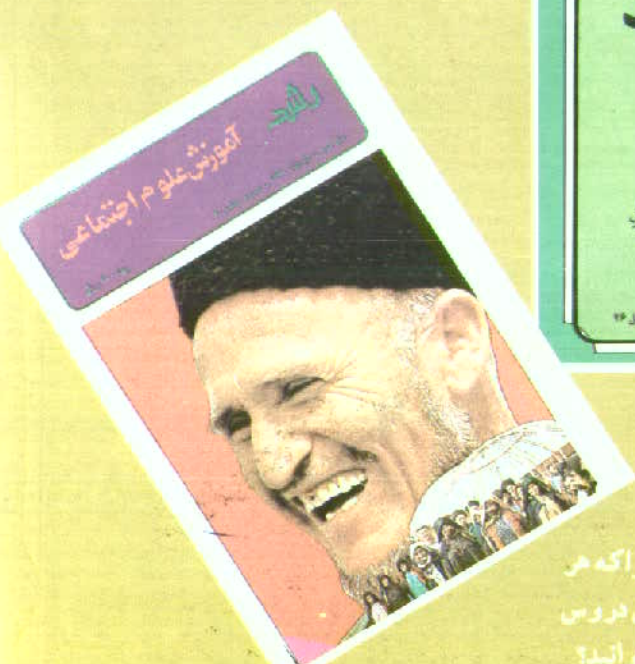
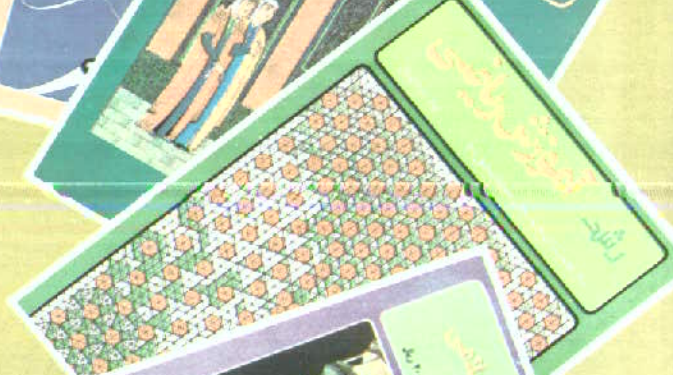
پلک نشی، سفید در نور زرد به رنگ زرد دیده می شود.



این شیء در مخلوطی از نور قرمز و نور سبز نیز به رنگ زرد دیده می شود.



قابل توجه
دبیران و
دانشجویان



ایا شما
مجلات
رشد تخصصی

مختص دبيران و دانشجويان را كه هر
سه ماه يكبار در زمينه آموزش دروس
دبيرستاني منتشر مي شود هي خوانيد؟