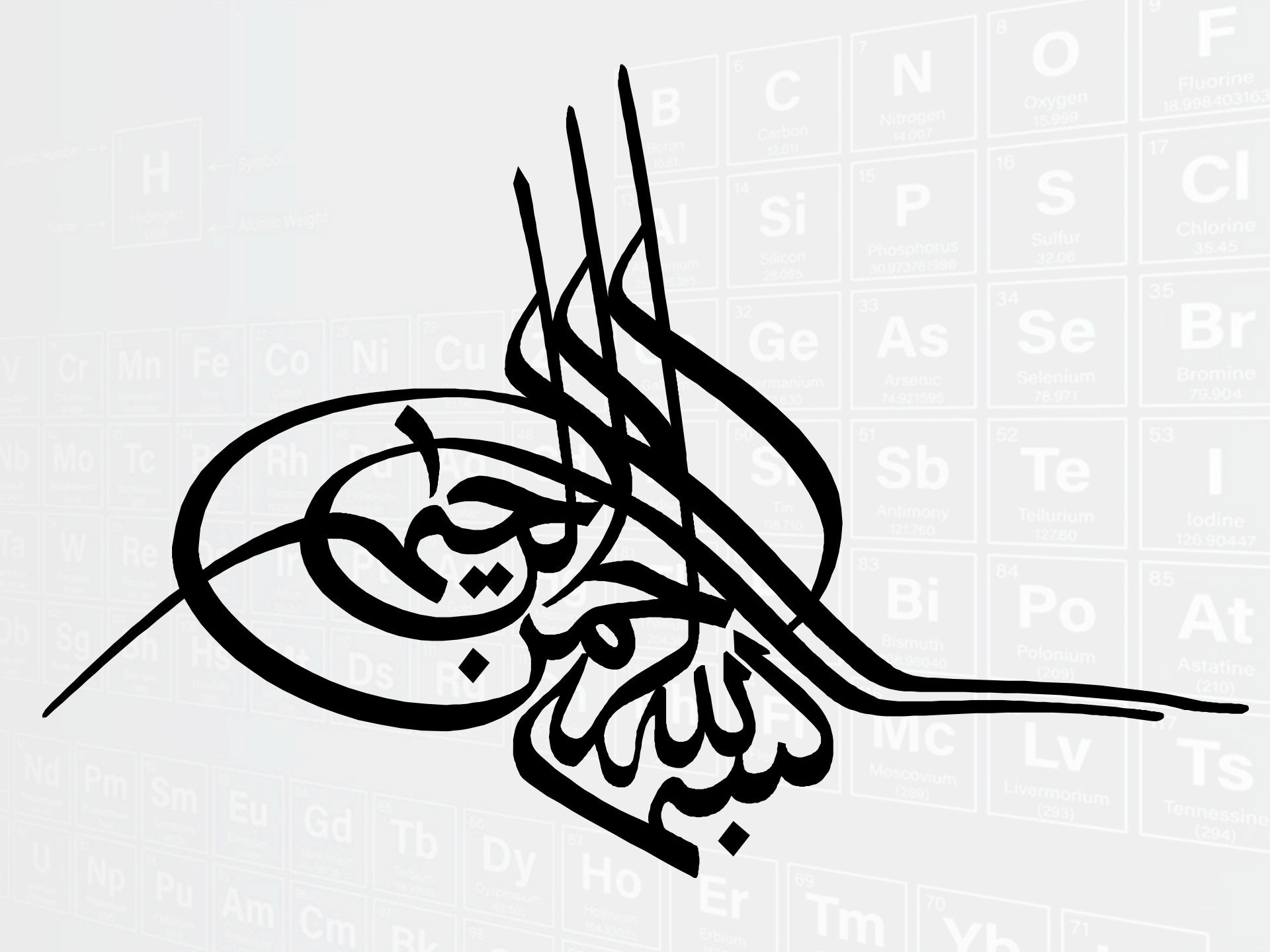




سیدہ مریم

نام درس: تاریخ و فلسفه

علم شیمی

تعداد واحد: دو

منبع 1: تاریخ علم شیمی

مؤلف: دکتر حسین آقایی

منبع 2: تاریخ جامع شیمی

مؤلف: میکلہ جوا

ترجمہ: باقر مظفرزادہ

تاریخ و فلسفه علم شیمی

هدف از ارائه این درس آشنا
شدن دانشجویان با

تاریخ علم شیمی و سیر
تکاملی این علم در طی ادوار
مختلف تاریخی می باشد.

تاریخ و فلسفه علم شیمی



تاریخ

تاریخ به معنای مطالعه و بررسی رویدادها، تحولات و وقایع گذشته است که توسط انسان‌ها یا جوامع انسانی رخ داده‌اند.

این علم به دنبال درک و تفسیر روندها، علل و اثرات این وقایع است تا به شناخت بهتر از گذشته و درس‌گیری برای حال و آینده دست یابد. تاریخ می‌تواند شامل بررسی وقایع سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و علمی باشد و از منابع مختلفی مانند اسناد، آثار باستانی، شواهد مکتوب و شفاهی استفاده می‌کند.

هدف تاریخ نه تنها حفظ خاطره‌ی گذشته، بلکه ارائه‌ی بینشی برای درک بهتر جهان امروز و شکل‌دهی به آینده است.

علم و روش زندگی

در زبان فارسی ، کلمه علم به دو معنا که تا حدودی متفاوت از هم می باشند به کار می رود .

یکی علم به معنای آگاهی و دیگری علم به معنای معرفت‌های که با استعانت از روش علمی به دست می آیند .

معنای نخست ، یک معنای کلی و عام است

در حالی که معنای دوم ، ویژه و خاص می باشد .

پیدایش و شکل‌گیری علم به معنای دومش
شاید از آغاز دوره تجدید حیات علمی
در اروپا (حدود سده 14 پس از میلاد) و
پس از آن بوده باشد،

در حالی که تولد علم به معنای آگاهی
(هر نوع آگاهی) با تولد بشریت هم
آغاز بوده است.

آن دسته از شناخته‌هایی که از راه و
روش علمی حاصل می‌شوند، علم به معنای
خاص یا علم تجربی نام دارند.

مراحل اساسی روش علمی

مراحل اساسی به 5 بخش تقسیم می شوند:

مشاهده ، طبقه بندی نتایج
حاصل از مشاهده ، پیشنهاد
فرضیه ، آزمایش بیشتر برای پی
بردن به درستی فرضیه ، اعلام
نظریه و پیشگوییهای لازم بر
مبنای نظریه .

1- مثنای هدیه علمی

مثنای هدیه علمی شما مل
فعالیتهای علمی لازم
برای کسب اطلاعات
ضروری درباره مسئله
مورد مطالعه است.

2- طبقه بندی

دومین گام اساسی از روش
علمی شامل طبقه بندی
اطلاعات جمع آوری شده از
مشاهده است.

3- پیشنه‌ها د فرضیه

فرضیه میدان کاوش بعدی را روشن می کند و
راه را برای رسیدن به واقعیتهای تازه را
هموار می سازد.

4- محک زدن به فرضیه

هر گاه فرضیه به آزمایشهای وسیع و همه جانبه پاسخ مثبت دهد به سطح نظریه ارتقاء می یابد.

5- نظریه

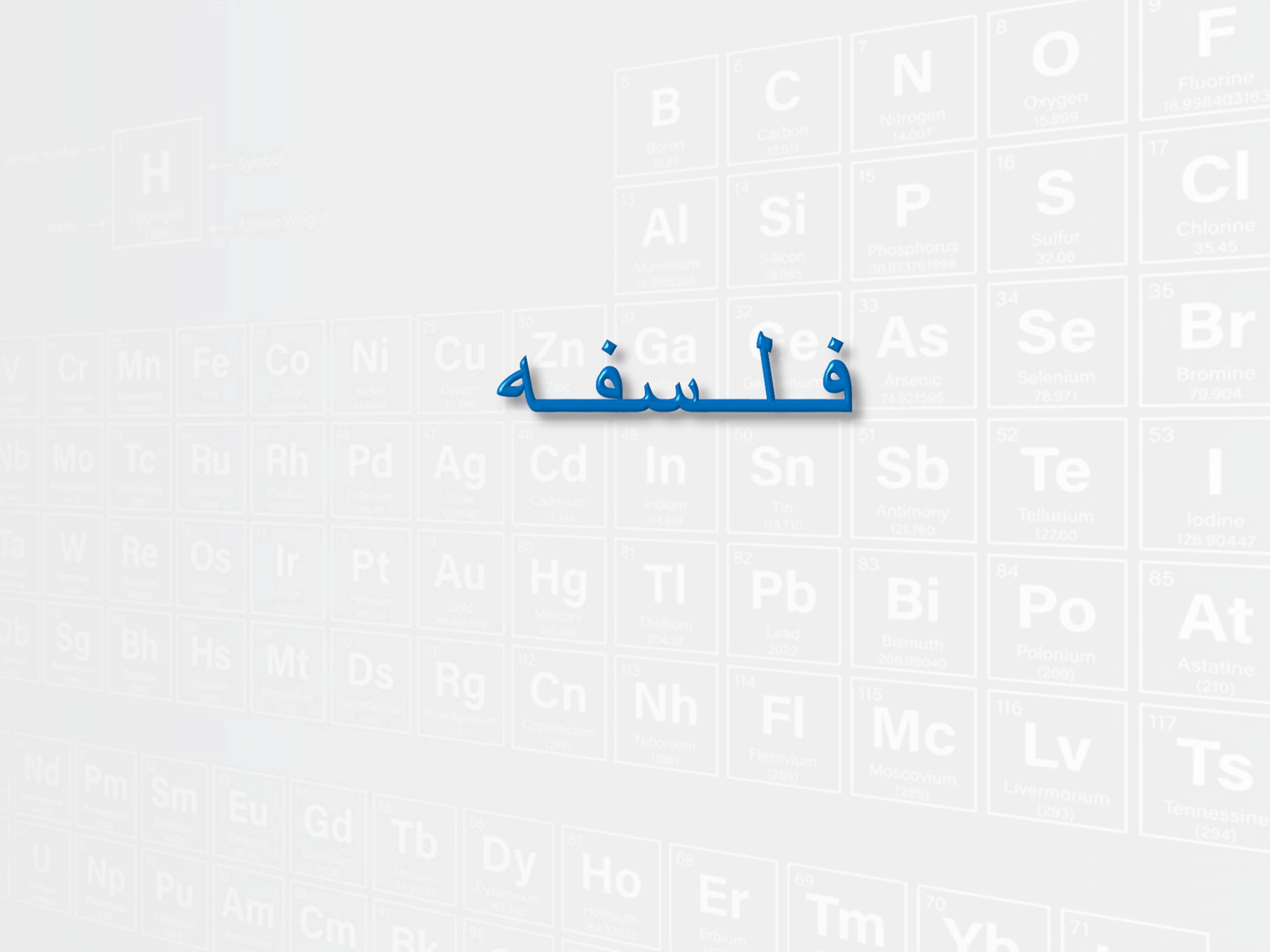
فرضیه ای که در محک آزمودنهای وسیع
پیروز از آب در آید نام نظریه به خود می
گیرد. هر نظریه ای به صورت یک قضیه کلی
است و نظمی پایدار و تا حدودی همیشگی را
اعلام می کند.

هر نظریه توانائی پیشگوئیهای مشروط را
دارد و می تواند آینده بسیاری از رویدادها را
پیش بینی کند.

تفاوت قانون تجربی و نظریه

یک قانون تجربی بیانی از یک روند روند کلی است که بر برخی از رفتارها یا خواص مواد حاکم است بدون آنکه معمولاً با تعبیر و تفسیرهای نظری همراه باشد.

حال آنکه یک نظریه به عنوان دیدگاهی است که به تعبیر و تفسیر قوانین برخوردار از تجربه می پردازد.



فلسفه

Atomic Number → 1
Symbol ← H
Name → Hydrogen
Atomic Weight ← 1.008

فلسفه

فلسفه نیز به نوبه خود
سیستمی معرفتی برای آگاهی از
جهان است.

در نزد پیروان مکتب ارسطو
فلسفه دارای دو بخش بود. یکی
حکمت عملی و دیگری حکمت
نظری.

واژه فلسفه از کلمه

phylosophy که خود از دو بخش

philo و sophos تشکیل شده است.

فلسفه را می‌توان به عنوان کوشش عقلانی برای درک و تفسیر مفاهیم بنیادین زندگی و جهان تعریف کرد.

این علم به دنبال پاسخ‌گویی به سوالات اساسی است که علوم تجربی یا دیگر حوزه‌های دانش قادر به پاسخ‌گویی به آن‌ها نیستند.

فلسفه از روش‌های تحلیلی، انتقادی و استدلالی استفاده می‌کند و به جای تکیه بر آزمایش‌های تجربی، بر تفکر منطقی و مفهومی تأکید دارد.

شاخه‌های اصلی فلسفه

۱. متافیزیک (مابعدالطبیعه): مطالعه ماهیت و واقعیت، وجود، زمان، مکان، علیت و جهان.

مثال: آیا جهان دارای آغاز است؟ آیا خدا وجود دارد؟

۲. معرفت‌شناسی: مطالعه ماهیت، منابع و محدودیت‌های دانش و باور.

مثال: چگونه می‌توانیم چیزی را بدانیم؟ آیا دانش مطلق ممکن است؟

۳. اخلاق: مطالعه مفاهیم خوب و بد، درست و نادرست، و ارزش‌های اخلاقی.

مثال: چه چیزی یک عمل را اخلاقی می‌کند؟ آیا اخلاق مطلق است یا نسبی؟

۴. منطق: مطالعه اصول استدلال درست و معتبر.

مثال: چگونه می‌توانیم استدلال‌های معتبر را از نامعتبر تشخیص دهیم؟

۵. زیبایی‌شناسی: مطالعه ماهیت زیبایی، هنر و ذوق.

مثال: چه چیزی یک اثر هنری را زیبا می‌کند؟

۶. فلسفه سیاسی: مطالعه مفاهیم مربوط به دولت، عدالت، قدرت و حقوق.

مثال: بهترین شکل حکومت چیست؟

۷. فلسفه ذهن: مطالعه ماهیت ذهن، آگاهی و رابطه ذهن و بدن.

مثال: آیا ذهن از بدن جدا است؟

۸. فلسفه زبان: مطالعه ماهیت زبان، معنا و ارتباط.

مثال: چگونه زبان به واقعیت مرتبط می‌شود؟

تعريف شیمی



تعريف شیمی

شیمی مطالعه ساختار، خواص، ترکیبات و تغییر شکل مواد است.

معرفی تاریخ علم و برخی نکته های مقدماتی در تاریخ علم

تعریفی از تاریخ علم
در تاریخ علم ، چگونگی تکامل
و توسعه علم از عهد باستان
تا به امروز و تاثیر دیگر
جنبه های تاریخ انسان بر آن
به گفتگو در می آید .

تقسیم بندی تاریخ علم از بعد زمانی

چارچوب کلی این تقسیم بندی عبارتست از:

علم در پیش از یونان باستان ،

علم در یونان باستان ،

دوره اسکندر و جانشینانش ،

دوره اسلامی ،

سده های میانی در اروپا ،

تجدید حیات علمی در اروپا (رنسانس) ،

انقلاب علمی و انقلاب صنعتی و عصر
کنونی

تقسیم بندی تاریخ علم شیمی از بعد زمانی

شیمی از عهد باستان تا به
امروز تقریباً سه دوره تاریخی
کاملاً متمایز را پشت سر
گذاشته است، یکی شیمی عملی
در پیش از رواج کیمیاگری،
دیگری دوران کیمیاگری
و سومی شیمی پس از دوران
کیمیاگری

دوران پیش از کیمیاگری از چند هزار سال پیش از میلاد تا نزدیکیهای سده سوم پیش از میلاد را شامل می شود.

دوران کیمیاگری یک دوره طولانی دو هزار ساله، از حدود سده سوم پیش از میلاد تا سده هفده بعد از میلاد، را در بر می گیرد.

واژه های کیمیا و شیمی از دید تاریخی

در سال 1661 میلادی بود که بوئیل شیمیدان ایرلندی کتابی با نام شیمیدان شکاک منتشر کرد و در آن واژه alchemistry را به جای الکی به کار برد و از آن به بعد بود که واژه الکی جایش را به واژه chemistry داد و این واژه همان است که ما در فارسی از آن به نام شیمی یاد می کنیم .

واژه شیمی از کجا آمده است

۱. الکیما (عربی):

کلمه "شیمی" از واژه عربی الکیما گرفته شده است که به معنای کیمیاگری است.

الکیما ترکیبی از "ال" (حرف تعریف) و "کیما" است.

۲. خیمیا (یونانی):

واژه عربی "کیما" خود از واژه یونانی خیمیا (χημία) گرفته شده است.

خیمیا به معنای تبدیل مواد یا آمیختن فلزات بود.

۳. کمت (مصری باستان) :

برخی معتقدند واژه یونانی "خیمیا" از واژه مصری کمت (Kemet به معنای زمین سیاه گرفته شده است. این واژه به خاک حاصلخیز دره نیل اشاره دارد و ممکن است به دلیل ارتباط با مواد و عناصر طبیعی، به کیمیاگری مرتبط شده باشد.

۴. شیمی (فارسی و انگلیسی) :

در فارسی و انگلیسی، واژه شیمی (Chemistry) مستقیماً از "الکیمیا" عربی گرفته شده است.

در قرون وسطی، این واژه به اروپا راه یافت و به تدریج به شکل امروزی خود (Chemistry) تبدیل شد.

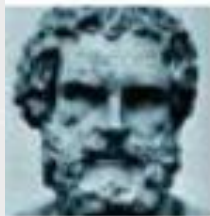
وسایل آزمایشگاهی در دوران باستان

در تمدن‌های مصر، یونان و بین‌النهرین، ابزارهای ساده‌ای برای ترکیب و اندازه‌گیری مواد استفاده می‌شد.
نمونه‌ها:

هاون و دسته هاون برای خرد کردن مواد
ظروف سفالی برای نگهداری و ترکیب مواد
ترازوهای ابتدایی برای وزن‌کشی

تاریخچه قوانین و فرضیه های شیمی

**Democritus 460 BC
and Dalton 1803 AD**



**Thomson
1897**



**Rutherford
1912**



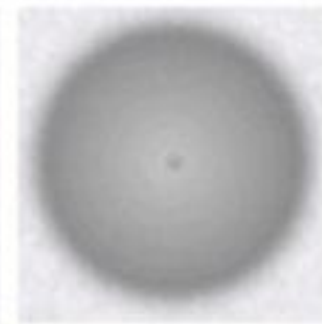
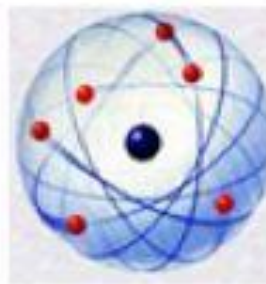
**Bohr
1913**



**Modern
Quantum
Cloud Model
post 1930**



www.JamShimi.ir



تاریخچه قوانین و فرضیه های شیمی

شیمی به عنوان یکی از علوم پایه، دارای قوانین و فرضیه های اساسی است که رفتار مواد و تغییرات آنها را توضیح می دهند. این قوانین طی قرن ها با انجام آزمایش ها و مشاهدات متعدد توسعه یافته اند.

تاریخچه قوانین و فرضیه های شیمی

ویژگی	قانون علمی	نظریه علمی
تعریف	توصیف یک پدیده طبیعی که همیشه تحت شرایط خاصی درست است.	توضیح و مدل سازی علت یک پدیده طبیعی بر اساس شواهد علمی.
پاسخ به چه سؤالی؟	"چی اتفاق می افته؟" (?What)	"چرا اتفاق می افته؟" (?Why)
شکل بیان	معمولاً به صورت یک رابطه ریاضی یا جمله ی ساده بیان می شود.	به صورت یک مدل مفهومی یا چارچوب علمی بیان می شود.
مثال	قانون بقای جرم، قانون گرانش نیوتن، قانون نسبت های معین.	نظریه ی اتمی، نظریه ی نسبیت، نظریه ی تکامل.
تغییرپذیری	ثابت و تغییرناپذیر است (مگر با کشف علمی جدید).	قابل اصلاح و بهبود است با تحقیقات و آزمایش های بیشتر.

آیا یک نظریه می‌تواند به قانون تبدیل شود؟

❖ خیر! نظریه و قانون دو مفهوم مجزا هستند.

❖ قانون‌ها توصیف یک واقعیت علمی هستند، در حالی که نظریه‌ها توضیح علت آن واقعیت را ارائه می‌دهند.

❖ یک نظریه موفق ممکن است منجر به کشف قوانین جدید شود، اما خود تبدیل به قانون نمی‌شود.

✓ مثال:

نظریه‌ی جنبشی گازها توضیح می‌دهد که چرا قانون گاز ایده‌آل برقرار است، اما خودش یک قانون محسوب نمی‌شود.

۱. قوانین بنیادی شیمی

الف- قانون بقای جرم (قانون لاوزیه - ۱۷۸۹)

ب- قانون نسبت‌های معین (قانون پروسست - ۱۷۹۹)

ج- قانون نسبت‌های چندگانه (قانون دالتون - ۱۸۰۳)

د- قانون آوگادرو (۱۸۱۱)

ه- قانون گازهای ایده‌آل

۲. فرضیه‌ها و نظریه‌های مهم در شیمی

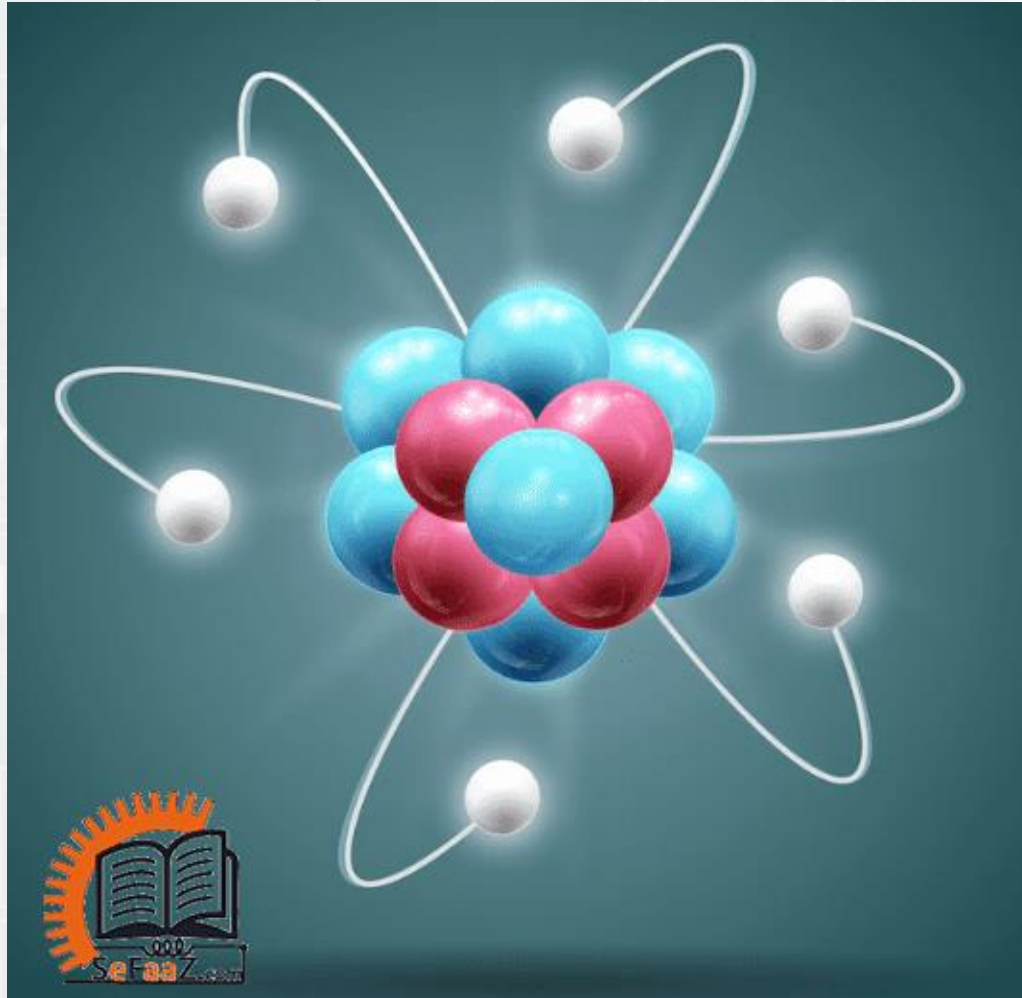
الف- نظریه‌ی اتمی دالتون (۱۸۰۳)

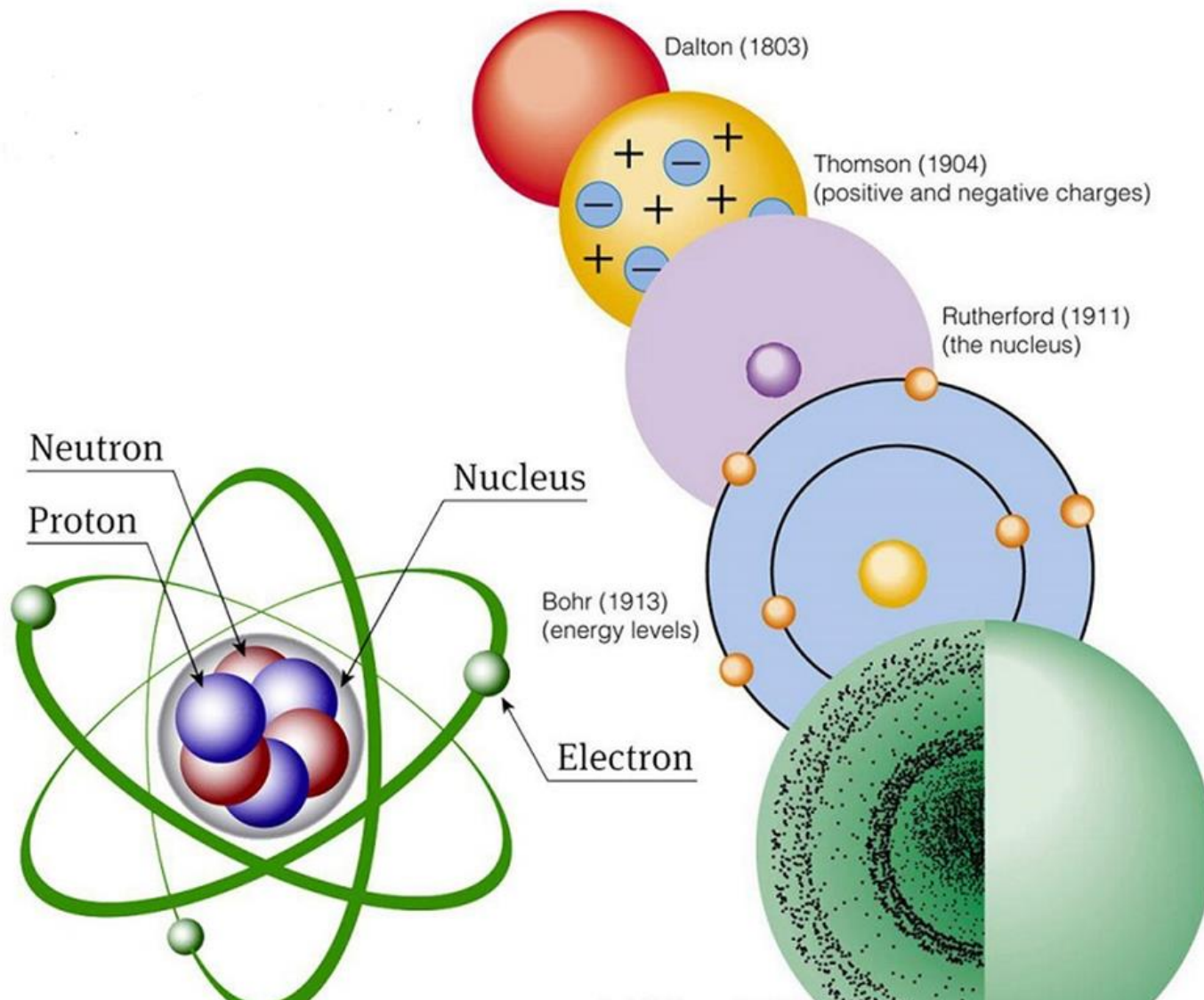
ب- نظریه‌ی برخورد - (Collision Theory) واکنش‌های شیمیایی

ج- نظریه‌ی اوربیتال‌های مولکولی (MOT - ۱۹۳۰)

د- نظریه‌ی اسید-بازها

تاریخچه کشف اتم و ذرات آن از ابتدا تا اکنون





تاریخچه کشف اتم و ذرات زیراتمی

کشف اتم و ذرات زیراتمی یکی از مهمترین پیشرفت‌های علمی در تاریخ بشر است.

این روند از فلسفه‌ی باستانی شروع شد و به مدل‌های پیچیده‌ی مکانیک کوانتومی در عصر حاضر رسید.

تاریخچه کشف اتم و ذرات زیراتمی

۱. نظریه‌های باستانی درباره‌ی اتم
۲. بازگشت نظریه‌ی اتمی - مدل دالتون (۱۸۰۳)
۳. کشف الکترون - مدل پودینگ کشمشی تامسون (۱۸۹۷)
۴. مدل اتمی رادرفورد - کشف هسته (۱۹۱۱)
۵. مدل سیاره‌ای بور - کوانتومی شدن مدارها (۱۹۱۳)
۶. کشف نوترون - مدل اتمی چادویک (۱۹۳۲)
۷. مکانیک کوانتومی و مدل موجی اتم (دهه‌ی ۱۹۲۰)
۸. کشف کوارک‌ها و مدل استاندارد (دهه‌ی ۱۹۶۰)
۹. کشف بوزون هیگز (۲۰۱۲) - آخرین قطعه‌ی مدل استاندارد

۱. نظریه‌های باستانی درباره‌ی اتم

پیش از آنکه علم تجربی مدرن به شناخت اتم برسد، فلاسفه‌ی باستانی نظریه‌هایی درباره‌ی ساختار ماده ارائه دادند.

این نظریه‌ها بیشتر بر پایه‌ی تفکر و استدلال بودند و شواهد تجربی نداشتند.

۱. نظریه‌های باستانی درباره‌ی اتم

۱. نظریه‌ی اتمی دموکریتوس و لئوکیپوس (حدود ۴۰۰ ق.م)

۲. نظریه‌ی چهار عنصر ارسطو (۳۵۰ ق.م)

۳. نظریه‌های هندی درباره‌ی اتم (حدود ۶۰۰ ق.م)

۴. دیدگاه‌های چینی درباره‌ی ماده

۱. نظریه‌ی اتمی دموکریتوس و لئوکیپوس (حدود ۴۰۰ ق.م)

لئوکیپوس (Leucippus و دموکریتوس (Democritus دو فیلسوف یونانی بودند که اولین نظریه‌ی اتمی را مطرح کردند.
◆ آن‌ها معتقد بودند که:

تمام مواد از ذرات بسیار کوچک و تجزیه‌ناپذیری به نام "اتموس" ($\alpha\tau\omicron\mu\omicron\varsigma$) تشکیل شده‌اند.
اتم‌ها در خلأ حرکت می‌کنند و با ترکیب‌های مختلف، مواد گوناگون را می‌سازند.
اتم‌ها اشکال و اندازه‌های مختلفی دارند که ویژگی‌های مواد را تعیین می‌کند (مثلاً اتم‌های نمک تیز و زبر، و اتم‌های آب صاف و گرد هستند).
◆ دموکریتوس همچنین باور داشت که تغییرات در ماده به دلیل جابه‌جایی و ترکیب مجدد اتم‌ها اتفاق می‌افتد.

✓ اهمیت نظریه: این اولین تلاش برای ارائه‌ی مدلی منطقی درباره‌ی ساختار ماده بود که تا قرن‌ها مورد بحث قرار گرفت.

دموکریت در یونان باستان به عنوان «فیلسوف خندان» معروف بوده‌است

۲. نظریه‌ی چهار عنصر ارسطو (۳۵۰ ق.م)

ارسطو ((Aristotle)، فیلسوف مشهور یونانی، نظریه‌ی دموکریتوس را رد کرد. ❖ او معتقد بود که ماده از چهار عنصر اصلی تشکیل شده است:

❑ خاک (سنگینی و جامدی را توضیح می‌دهد)

● سیالیت و رطوبت را توضیح می‌دهد)

○ هوا (سبکی و گازها را توضیح می‌دهد)

🔥 آتش (گرما و انرژی را توضیح می‌دهد)

❖ او همچنین یک عنصر پنجم به نام اتر را معرفی کرد که تصور می‌شد در تشکیل اجرام آسمانی نقش دارد.

❖ نظریه‌ی ارسطو به دلیل حمایت کلیسا و نفوذ او در فلسفه، برای بیش از ۲۰۰۰ سال بر تفکر علمی حاکم بود و نظریه‌ی اتمی را به حاشیه برد.

✓ اهمیت نظریه: هرچند نادرست بود، اما بر شیمی و علم قرون وسطی تأثیر عمیقی گذاشت.

۳. نظریه‌های هندی درباره‌ی اتم (حدود ۶۰۰ ق.م)

◆ در هند باستان، فیلسوفان مکتب وایششیکا (Vaisheshika) مانند کانادا (Kanada) نیز نظریه‌ای مشابه دموکریتوس داشتند.
◆ او معتقد بود که:

تمام مواد از ذرات بنیادی غیر قابل تقسیم به نام "پرمانو" (Paramanu) تشکیل شده‌اند.

پرمانوها می‌توانند با ترکیب‌های مختلف، مواد گوناگون را تشکیل دهند.

تغییرات در طبیعت نتیجه‌ی ترکیب و تجزیه‌ی پرمانوهاست.

✓ اهمیت نظریه: این ایده‌ها نشان می‌دهد که مفهوم "اتم" به صورت مستقل در تمدن‌های مختلف شکل گرفته است.

۴. دیدگاه‌های چینی درباره‌ی ماده

◆ در فلسفه‌ی چینی، نظریه‌ی عناصر پنج‌گانه (Wu Xing) مطرح شد:

چوب ((木

آتش ((火

خاک ((土

فلز ((金

آب ((水

◆ این نظریه بیشتر جنبه‌ی فلسفی و کیهان‌شناسی داشت و به طور مستقیم به مفهوم اتم اشاره نکرد.

بازگشت نظریه‌ی اتمی - مدل دالتون (۱۸۰۳)

پس از قرن‌ها سلطه‌ی نظریه‌ی عناصر چهارگانه‌ی ارسطو، در اوایل قرن ۱۹، جان دالتون (John Dalton)، دانشمند انگلیسی، نظریه‌ی اتمی را به صورت علمی احیا کرد. او بر پایه‌ی شواهد تجربی، نظریه‌ای ارائه داد که به عنوان نخستین مدل علمی اتم شناخته می‌شود.

۲. بازگشت نظریه‌ی اتمی - مدل دالتون (۱۸۰۳)

جان دالتون ((John Dalton، دانشمند انگلیسی، نظریه‌ی اتمی خود را ارائه داد.
اصول مدل دالتون:

تمام مواد از اتم‌های ریز و تجزیه‌ناپذیر تشکیل شده‌اند.
اتم‌های یک عنصر مشابه ولی با اتم‌های عناصر دیگر متفاوت‌اند.
ترکیبات شیمیایی از ترکیب اتم‌های عناصر مختلف به نسبت‌های مشخصی تشکیل می‌شوند.

مدل دالتون راه را برای تحقیقات تجربی درباره‌ی اتم هموار کرد.

۱. پیش‌زمینه‌ی مدل دالتون

- ◆ در اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹، قانون بقای جرم (لاوازیه، ۱۷۸۹) و قانون نسبت‌های ثابت (پروست، ۱۷۹۹) مطرح شدند.
- ◆ قانون نسبت‌های چندگانه که دالتون کشف کرد، نشان داد که عناصر در نسبت‌های مشخص و صحیح با یکدیگر ترکیب می‌شوند.
- ◆ دالتون با بررسی این یافته‌ها، نظریه‌ی اتمی خود را ارائه داد.

Joseph-Louis Proust

جوزف لوئیس پروست

جوزف-لوئی پروست (زاده ۲۶ سپتامبر ۱۷۵۴، آنجر، فرانسه - درگذشته ۵ ژوئیه ۱۸۲۶، آنجر) شیمی‌دان فرانسوی بود که ثابت کرد که مقادیر نسبی عناصر تشکیل‌دهنده هر ترکیب شیمیایی خالص بدون توجه به منبع ترکیب، ثابت می‌ماند. این به عنوان قانون پروست یا قانون نسبت‌های معین (1793) شناخته می‌شود و این اصل اساسی شیمی تحلیلی است. پروست همچنین تحقیقات کاربردی مهمی در متالورژی، مواد منفجره و شیمی تغذیه انجام داد.

در شیمی، قانون نسبت‌های معین، که گاهی قانون پروست یا قانون ترکیب ثابت نامیده می‌شود، بیان می‌کند که یک ترکیب شیمیایی معین حاوی عناصر تشکیل‌دهنده آن به نسبت ثابت (برحسب جرم) است و به منبع یا روش تهیه آن بستگی ندارد.

۲. اصول نظریه‌ی اتمی دالتون

دالتون در سال ۱۸۰۳ نظریه‌ی خود را مطرح کرد و در سال ۱۸۰۸ در کتاب "سیستم جدید فلسفه‌ی شیمی" (A New System of Chemical Philosophy) منتشر کرد.

اصول مدل دالتون:

تمام مواد از ذرات ریز و تجزیه‌ناپذیر به نام اتم تشکیل شده‌اند.
اتم‌های یک عنصر کاملاً مشابه یکدیگرند، اما با اتم‌های عناصر دیگر تفاوت دارند.

ترکیبات شیمیایی از ترکیب اتم‌های عناصر مختلف در نسبت‌های صحیح و ساده تشکیل می‌شوند.

واکنش‌های شیمیایی تنها شامل تغییر در نحوه‌ی ترکیب اتم‌هاست، اما خود اتم‌ها نابود یا ایجاد نمی‌شوند.

۳. تأثیر مدل دالتون بر شیمی و فیزیک

✓ دالتون نخستین کسی بود که نظریه‌ی اتمی را بر پایه‌ی شواهد تجربی ارائه داد.

✓ او به محاسبه‌ی جرم‌های نسبی اتمی پرداخت و جدول اولیه‌ای از جرم‌های اتمی عناصر ارائه کرد.

✓ مدل دالتون پایه‌ی استوکیومتری در شیمی را بنا نهاد.

۴. محدودیت‌های مدل دالتون

✗ دالتون تصور می‌کرد که اتم‌ها توپ‌های سخت و تجزیه‌ناپذیر هستند، اما بعداً مشخص شد که اتم‌ها از ذرات زیراتمی تشکیل شده‌اند.

✗ فرض دالتون مبنی بر اینکه اتم‌های یک عنصر دقیقاً یکسان‌اند، بعدها با کشف ایزوتوپ‌ها نقض شد.

کشف الکترون - مدل پودینگ کشمشی تامسون (۱۸۹۷)

بعد از آنکه جان دالتون نظریه‌ی اتمی خود را مطرح کرد، پیشرفت‌های بعدی در علم فیزیک و شیمی باعث تغییرات اساسی در درک ما از ساختار اتم شد. جی. جی. تامسون (J.J. Thomson)، فیزیک‌دان انگلیسی، با کشف الکترون در سال ۱۸۹۷، انقلابی در علم فیزیک ایجاد کرد و مدل جدیدی از اتم ارائه داد که به مدل پودینگ کشمشی معروف شد.

۳. کشف الکترون - مدل پودینگ کشمشی تامسون (۱۸۹۷)

جی. جی. تامسون (J.J. Thomson) با استفاده از لوله‌ی پرتو کاتدی، الکترون را کشف کرد.
او نشان داد که اتم از ذرات کوچکتری ساخته شده است.
مدل او شامل یک "پودینگ" مثبت با الکترون‌های منفی پراکنده در آن بود.



سر جوزف جان «جی. جی.» تامسون (به انگلیسی: Sir Joseph John "J. J." Thomson) زاده ۱۸ دسامبر ۱۸۵۶ - درگذشته ۳۰ اوت ۱۹۴۰) فیزیکدان انگلیسی بود که در سال ۱۹۰۶ جایزه نوبل فیزیک را به خاطر کار بر روی خواص الکتریکی گازها به دست آورد. وی همچنین پدر جرج پاجت تامسون بود که او هم در سال ۱۹۳۷ نوبل فیزیک را گرفت.

درحالی که جوزف جان تامسون به الکترون به عنوان یک ذره نگاه می‌کرد، پسرش، جرج پاجت تامسون، نشان داد که از آن می‌تواند مانند یک موج استفاده نماید. به گفته جان پاکینگورد، پدر به‌خاطر کشف ذره بودن الکترون برنده جایزه نوبل فیزیک شد و پسر، به‌خاطر کشف موج بودن الکترون.

۱. کشف الکترون

◆ آزمایش‌های لوله‌ی پرتو کاتدی که توسط جی. جی. تامسون انجام شد، به کشف الکترون منجر شد.

◆ تامسون در آزمایش‌های خود با استفاده از لوله‌های خلا (کاتدها)، جریانی از ذرات منفی را شبیه به "پرتو کاتدی" مشاهده کرد.

◆ او دریافت که این ذرات جرم دارند و بار منفی دارند، و به آنها نام الکترون داد.

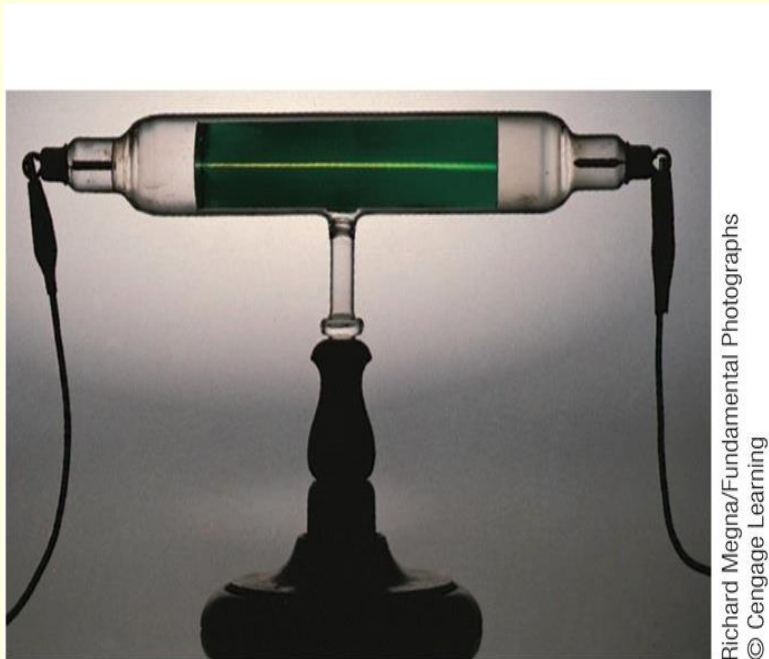
◆ با توجه به نتایج این آزمایش‌ها، تامسون توانست ویژگی‌های الکترون را توصیف کند:

جرم الکترون بسیار کمتر از جرم اتم‌ها است.

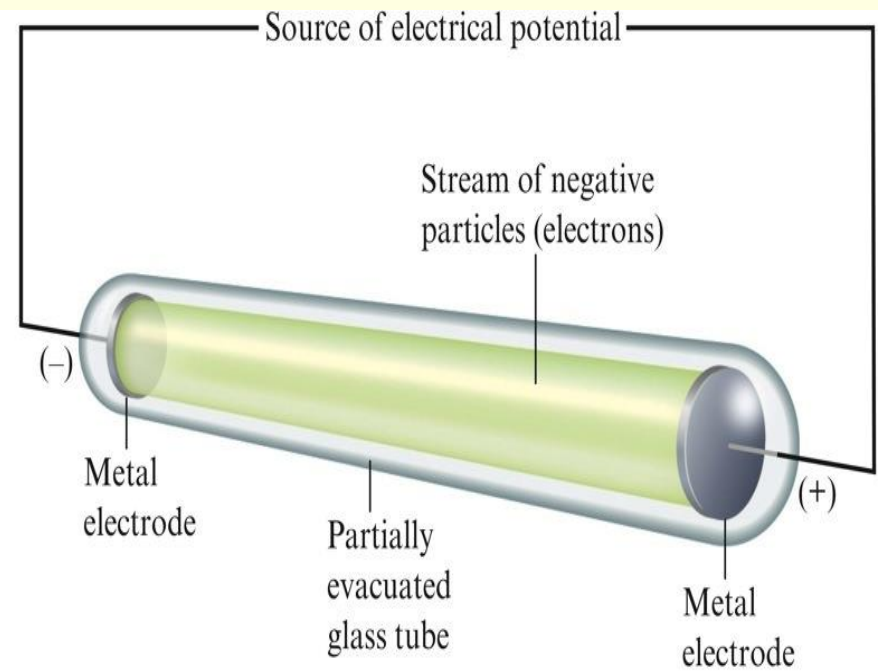
الکترون‌ها ذراتی منفی هستند که در درون اتم قرار دارند.

✓ **اهمیت کشف:** این کشف نشان داد که اتم‌ها نه تنها از ذرات بنیادی به نام "اتم‌ها" تشکیل شده‌اند، بلکه خود اتم‌ها هم از ذرات کوچکتری به نام الکترون‌ها ساخته شده‌اند.

Cathode-Ray Tube



© Cengage Learning. All Rights Reserved.





آزمایش جي. تامسون 1897

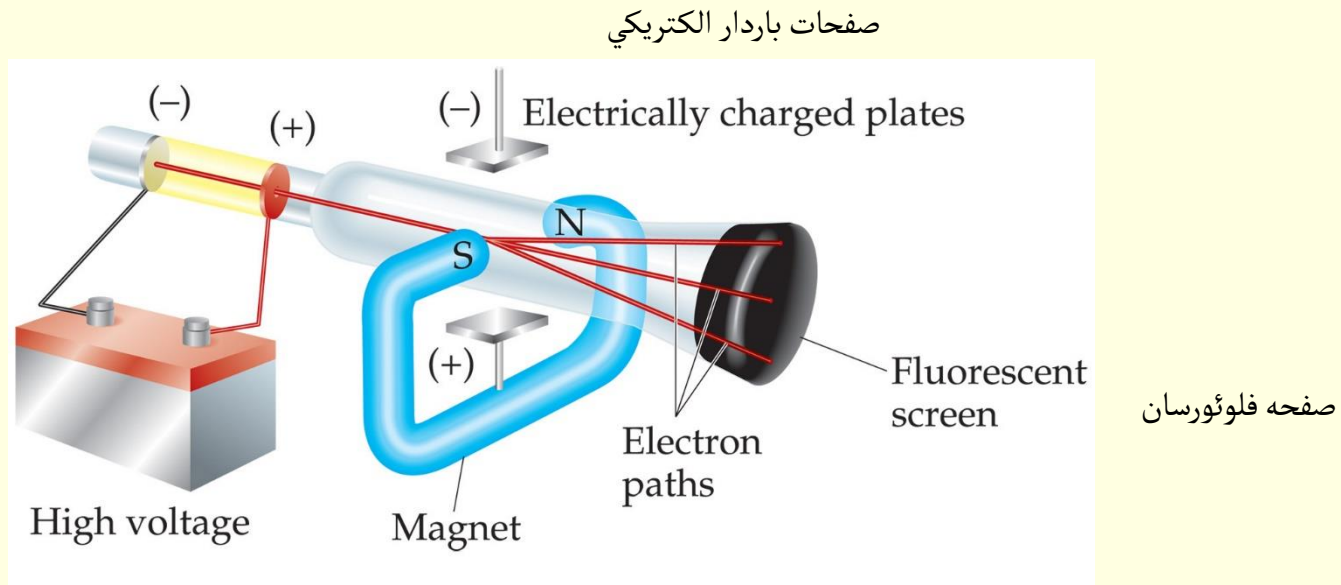
آزمایشهای لوله اشعه کاتدی را اصلاح و نسبت بار به جرم این ذرات (الکترونها) را با قرار دادن و انحراف آنها در میدانهای الکتریکی و مغناطیسی تعیین نمود.

$$evH = eE \rightarrow v = E/H$$

$$F = evH = mv^2/r \rightarrow r = mv/eH$$

$$e/m = E/rH^2$$

اشعه کاتدي و الکترونها (آزمایش تامسون) تعیین نسبت بار به جرم الکترون



منبع ولتاژ بالا

آهنربا

مسیر حرکت الکترون

نتایج آزمایشات تامسون

■ با طراحی لوله کاتدی و انجام آزمایشات تامسون وجود ذرات ریز اتمی اثبات گردید.

■ اگر لوله کاتدی به اندازه کافی تخلیه گردد، جریان الکتریسیته از طرف کاتد به طرف آند بصورت جریانی از الکترونها برقرار می شود.

■ جریان حاصل از کاتد، هم توسط میدان الکتریکی و هم توسط میدان مغناطیسی منحرف می شود.

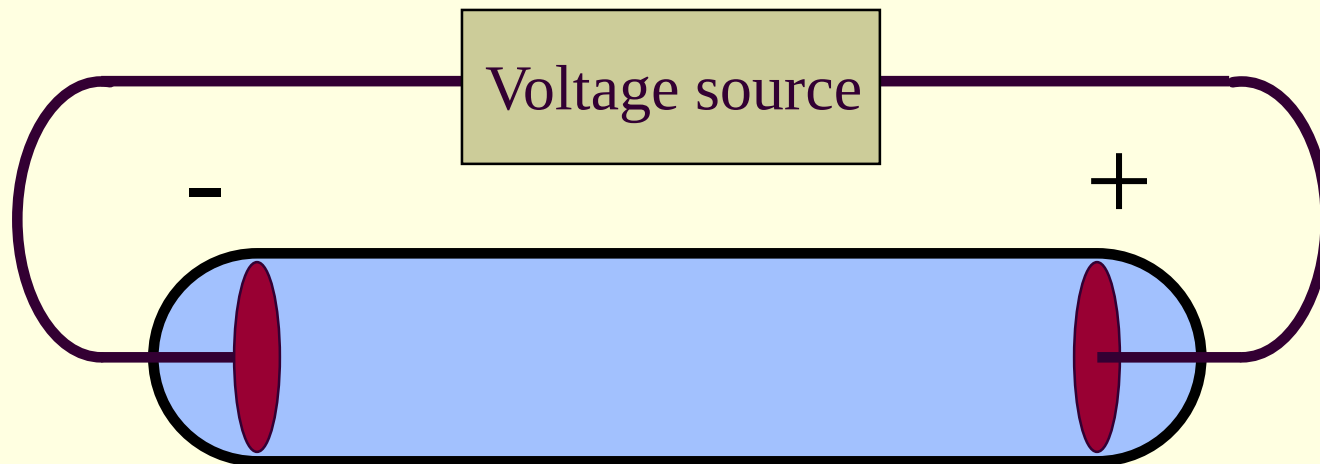
ادامه نتایج آزمایشات تامسون

■ براساس این ویژگیها تامسون نشان داد که اشعه کاتدی جریانی از ذرات باردار منفی است و او این ذرات را الکترون نامید.

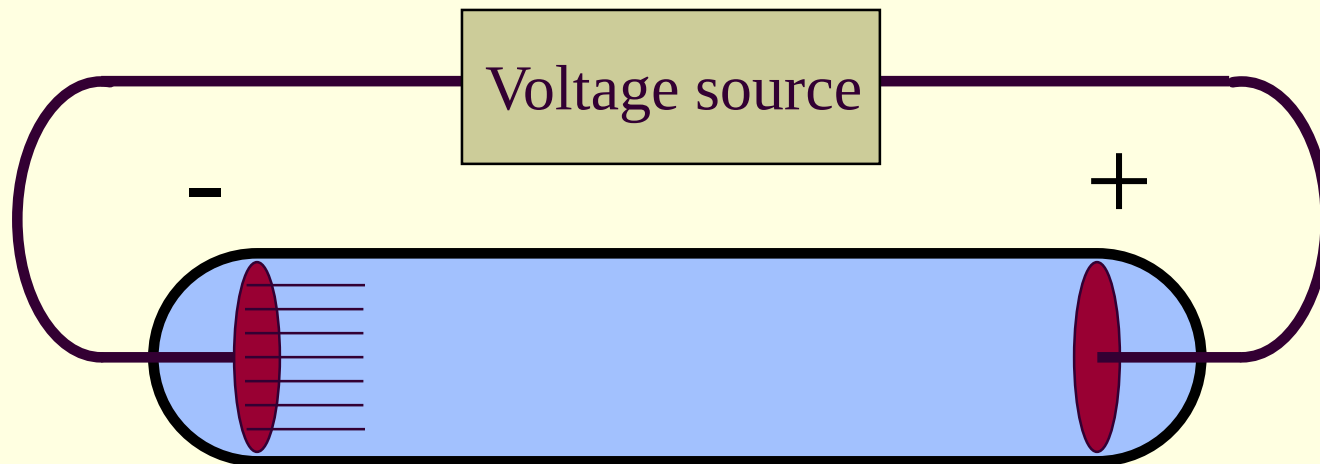
■ تامسون توانست نسبت بار به جرم الکترون را به دست آورد.

■ نسبت q/m مستقل از نوع ذره می باشد. $q/m = -1.7588 \times 10^8 \text{ C/g}$ نشان می دهد که الکترون یک ذره بنیادی و مشترک در تمام اتمهاست.

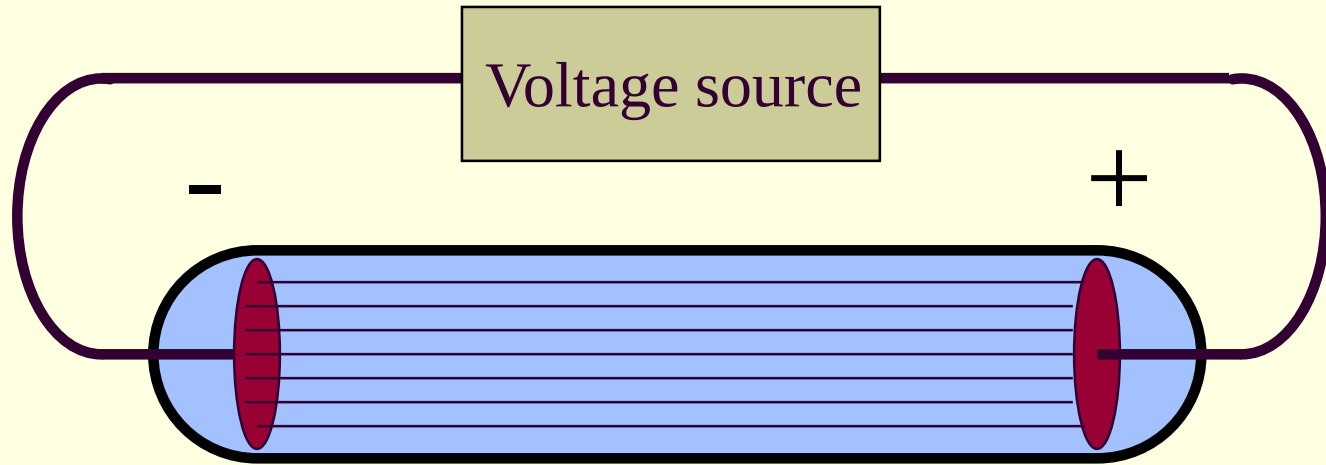
آزمایش تامسون



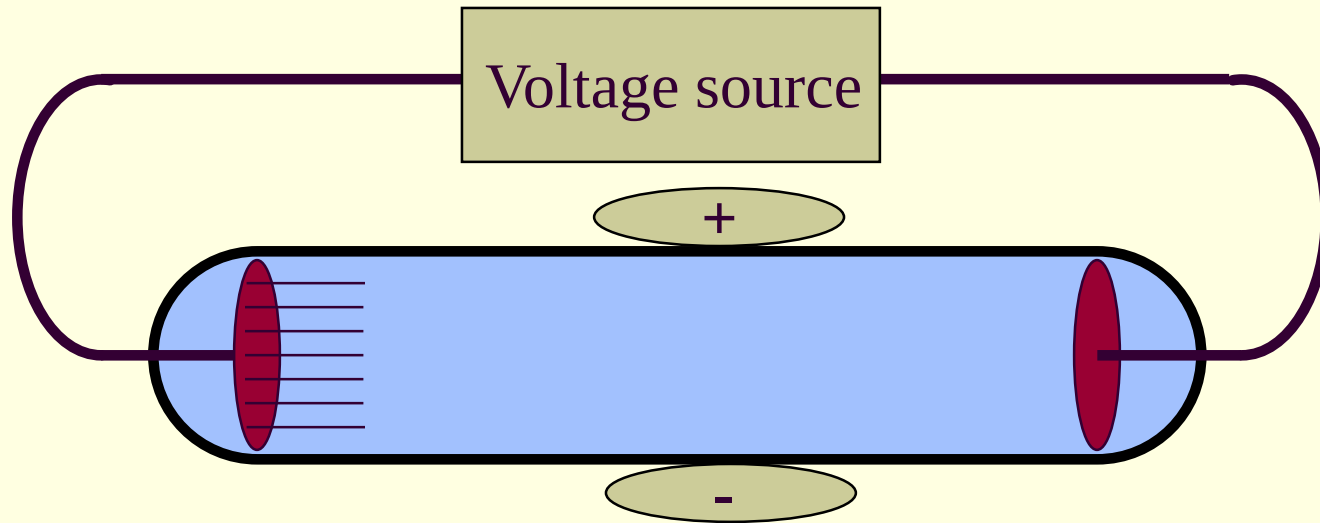
آزمایش تامسون



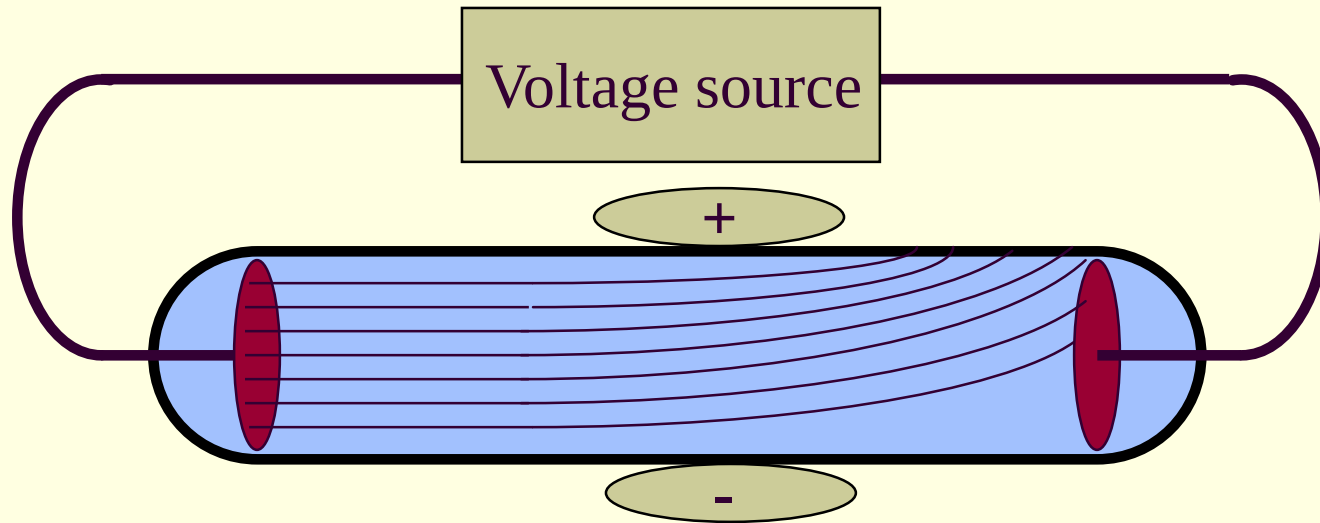
آزمایش تامسون



آزمایش تامسون



آزمایش تامسون



۲. مدل پودینگ کشمشی تامسون (۱۸۹۷)

◆ پس از کشف الکترون، تامسون مدل جدیدی از اتم پیشنهاد کرد که به نام مدل پودینگ کشمشی (Plum Pudding Model) شناخته می‌شود.

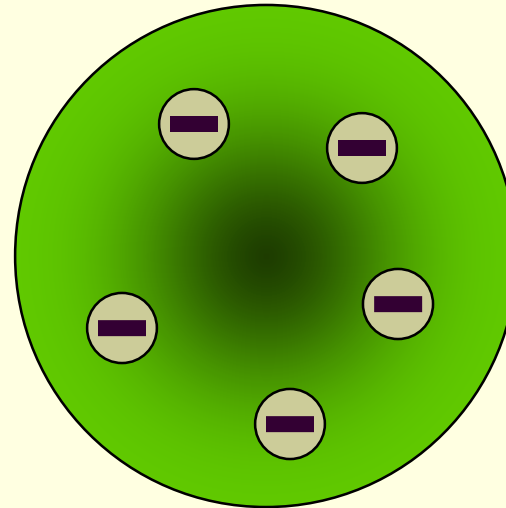
◆ تامسون در این مدل توضیح داد که اتم‌ها به مانند یک "پودینگ" یا "کیک کشمشی" هستند که در آن الکترون‌ها به شکل کشمش‌هایی در یک ماده‌ی مثبت پراکنده شده‌اند.
◆ به عبارت دیگر:

اتم به طور کلی یک جرم مثبت است که الکترون‌ها در آن به طور یکنواخت پخش شده‌اند.

بار منفی الکترون‌ها و بار مثبت ماده‌ی مرکزی به یکدیگر خنثی می‌شوند، بنابراین اتم از بیرون بی‌بار است.

مدل اتمى تامسون

■ مدل كىك كشمشى تامسون



۳. شواهد و آزمایش‌های حمایت‌کننده

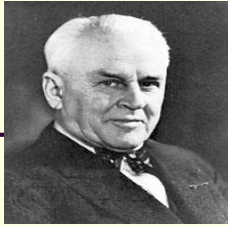
◆ تامسون برای اثبات مدل خود، آزمایش‌هایی انجام داد که نتایج آن‌ها به تایید نظریه‌ی او کمک کرد.

◆ او با استفاده از پرتو کاتدی و میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به این نتیجه رسید که ذرات کاتدی (الکترون‌ها) از لحاظ جرم و بار ویژگی‌های خاصی دارند و می‌توانند به شکل‌های مختلف در داخل اتم جای بگیرند.

۴. محدودیت‌های مدل پودینگ کشمشی

- ✗ با وجود اینکه مدل پودینگ کشمشی تامسون قدم بزرگی در درک ساختار اتم بود، این مدل به دلیل عدم توانایی در توضیح رفتارهای خاص اتم‌ها و نتایج برخی آزمایش‌ها، به سرعت جای خود را به مدل‌های دیگر داد.
- ✗ یکی از آزمایش‌هایی که مدل تامسون قادر به توضیح آن نبود، آزمایش پراکندگی ذرات آلفا بود که بعدها توسط ارنست رادرفورد (۱۹۱۱) انجام شد.
- ✗ آزمایش رادرفورد نشان داد که بیشتر جرم اتم در یک هسته‌ی کوچک و متمرکز است، در حالی که در مدل تامسون، اتم بیشتر یک جسم یکنواخت و پخش‌شده تصور می‌شد.

آزمایش میلیکان



■ آزمایش میلیکان 1909

■ میلیکان بار و جرم الکترون را از آزمایش معروف قطرات ریز روغن برای اولین بار بدست آورد.

■ جایزه نوبل 1923

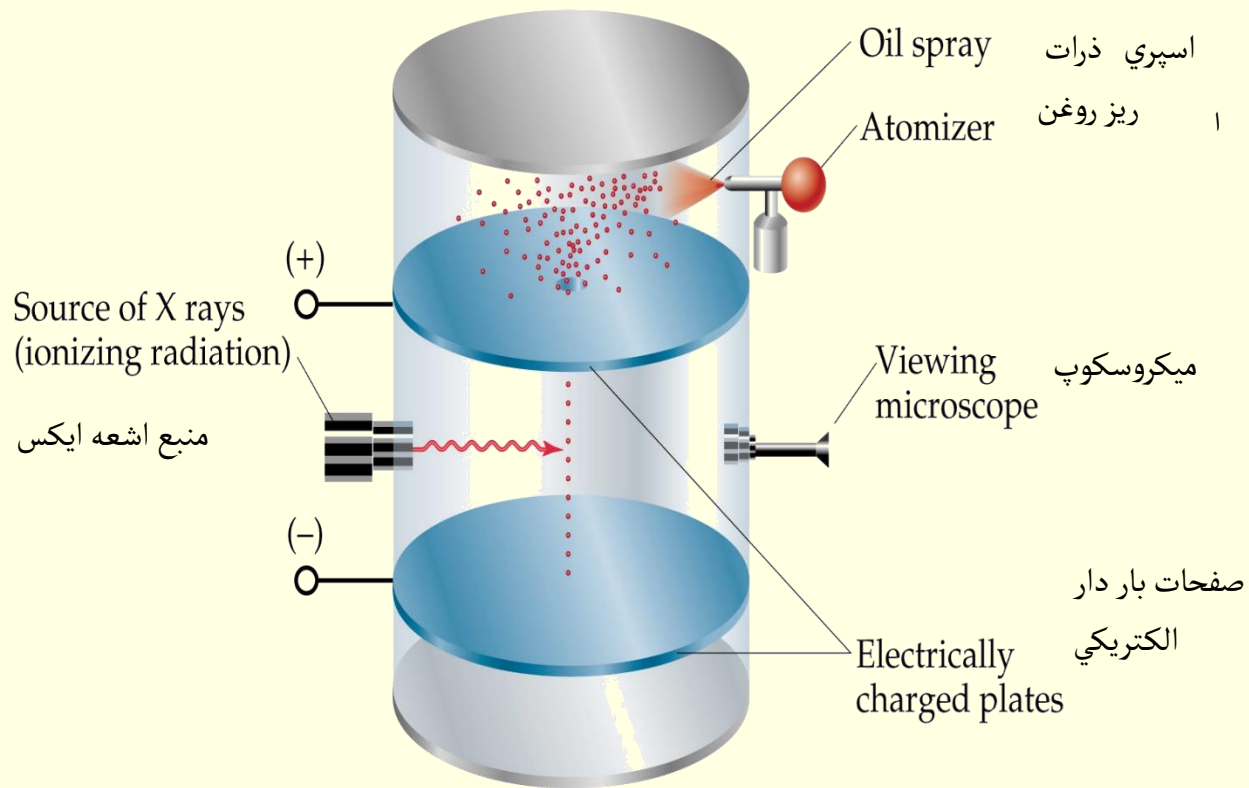
رابرت اندروز میلیکان (انگلیسی: Robert Andrews Millikan؛ زاده ۲۲ مارس ۱۸۶۸ – درگذشته ۱۹ دسامبر ۱۹۵۳) فیزیک‌دان برجسته آمریکایی بود.

میلیکان دانش‌آموخته دانشگاه کلمبیا، و عضو هیئت علمی مؤسسه فناوری کالیفرنیا بود.

وی برنده جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۲۳ است.

میلیکان برای اولین بار، بار الکترون را در آزمایش قطره روغن اندازه گرفت.

آزمایش میلیکان (تعیین بار و جرم الکترون)



یک قطره روغن معین را در این آزمایش زیر نظر گرفته و سقوط آن را بررسی کنیم. هنگامی که میدان الکتریکی اعمال نمی‌شود، سقوط قطره روغن فقط در اثر نیروی ثقل زمین رخ می‌دهد. به عبارت دیگر نیروی وزن قطره موجب سقوط آن می‌گردد. از طرفی مقاومت محیط (هوا) در برابر سقوط ذره موجب می‌شود که قطره به طور مستمر شتاب نگیرد، بلکه در نهایت به سرعت ثابتی خواهد رسید، در این حالت نیروی وزن قطره F ، با نیروی مقاوم در برابر سقوط آن F' برابر می‌شود:

$$F = mg \quad (\text{نیروی وزن قطره})$$

$$F' = 6\pi\eta Vr \quad (\text{نیروی مقاوم در برابر سقوط})$$

بنابراین سرعت سقوط قطره مطابق رابطه زیر خواهد بود:

$$V = \frac{mg}{6\pi\eta r}$$

نیروی مقاوم در برابر سقوط قطره به اندازه قطره (η شعاع قطره کروی)، سرعت آن (V) و ویسکوزیته یا چسبندگی محیط η و جرم قطره (m) بستگی دارد. با استفاده از معادله زیر که ارتباط بین دانسیته با جرم و شعاع قطره روغن را نشان می‌دهد. می‌توان جرم و شعاع قطره روغن را محاسبه کرد:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

حال اگر قطره روغن باردار در حضور میدان الکتریکی خارجی سقوط کند برحسب اینکه دو صفحه فوقانی و تحتانی دستگاه میلیکان به چه صورت باردار شده باشند و قطب مثبت و منفی کدامیک از آنها باشد. نیروی میدان الکتریکی بر روی فرآیند سقوط قطره تأثیر می‌گذارد و عمل سقوط را سرعت می‌بخشد و یا مانع آن می‌شود. به طور کلی سرعت سقوط قطره در این حالت V' را می‌توان از معادله زیر بدست آورد:

$$V' = \frac{qE - mg}{6\pi\eta r}$$

در این معادله کمیت‌های r, η, g, m, V' معلوم هستند، بنابراین بار قطره روغن q قابل اندازه‌گیری است. آزمایش‌های متفاوت نشان می‌دهد که همواره q مضرب صحیحی از $-1.6 \times 10^{-19} C$ است. این نتایج نشان می‌دهد که قطرات بار الکتریکی خاصی دارند.

بنابراین q مضرب صحیحی از واحد بار الکتریکی $-1.6 \times 10^{-19} C$ می‌باشد (یعنی $q = ne$). با توجه به اینکه در آزمایش تامسون نسبت $\frac{q}{m}$ بدست آمده است، بنابراین جرم الکترون برابر با $9.1 \times 10^{-31} Kg$ بدست می‌آید.

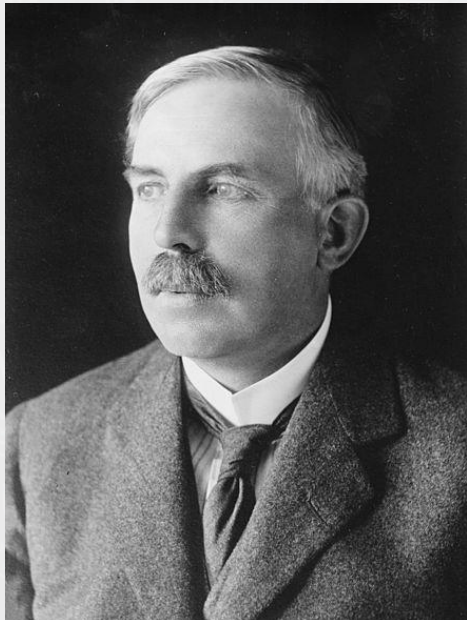
1. $\frac{q}{m} = -1.7588 \times 10^8 C/g$

مدل اتمی رادرفورد - کشف هسته (۱۹۱۱)

پس از مدل پودینگ کشمشی که توسط جی. جی. تامسون ارائه شد، آزمایش‌های جدید باعث کشف‌های بزرگتری در مورد ساختار اتم گردید. یکی از مهم‌ترین این کشف‌ها، کشف هسته اتم توسط ارنست رادرفورد (Ernest Rutherford) در سال ۱۹۱۱ بود. این کشف اساس‌گذار مدل جدیدی از اتم بود که ساختار آن را به‌طور اساسی تغییر داد.

ارنست رادرفورد فیزیک‌دان برجسته هسته‌ای و برنده نوبل اهل نیوزیلند بود. ۱۹۱۱، او هسته اتم را کشف کرد. به پاس آن، او را پدر فیزیک هسته‌ای می‌نامند. عنصر رادرفوردیم به افتخار او نام‌گذاری شده است.

از کارهای او، پیش‌نهاد نیمه عمر رادیواکتیو، کشف عنصر رادیواکتیو رادون، و جدا کردن تابش آلفا و بتا هنگام کار در دانشگاه مِک‌گیل در مونترال، کبک، کانادا بود. ۱۹۰۸، او «به سبب» نوبل شیمی گرفت. او نخستین برنده نوبل در کانادا و اقیانوسیه بود.



۲. مدل اتمی رادرفورد - کشف هسته (۱۹۱۱)

ارنست رادرفورد (Ernest Rutherford) با آزمایش پراکندگی ذرات آلفا روی ورقه‌ی نازک طلا، نشان داد:

بیشتر جرم اتم در هسته‌ی کوچک و متراکم آن متمرکز است.
الکترون‌ها در فضای اطراف هسته پراکنده‌اند.

این مدل نشان داد که اتم عمدتاً فضای خالی است.

۱. آزمایش پراکندگی ذرات آلفا - کشف هسته

◆ رادفورد و همکارانش، هنری گوود (Henry Geiger) و ارنست مارسدن (Ernest Marsden)، در سال ۱۹۰۹ آزمایشی را انجام دادند که به عنوان آزمایش پراکندگی ذرات آلفا شناخته می‌شود.

◆ در این آزمایش، آن‌ها ذرات آلفا (که از هسته‌ی هلیوم تشکیل شده‌اند) را به یک ورقه‌ی بسیار نازک طلا با ضخامت کمتر از 0.0001 متر شلیک کردند.

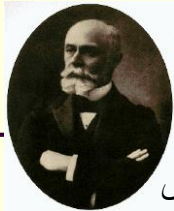
◆ آن‌ها انتظار داشتند که بیشتر ذرات آلفا کمی منحرف شوند، زیرا بر اساس مدل تامسون، ماده در اتم باید به طور یکنواخت پخش شده باشد.

Radioactivity: راديو اکتیویته

- The spontaneous emission of radiation by an atom.
- First observed by Henri Becquerel.
- Also studied by Marie and Pierre Curie.

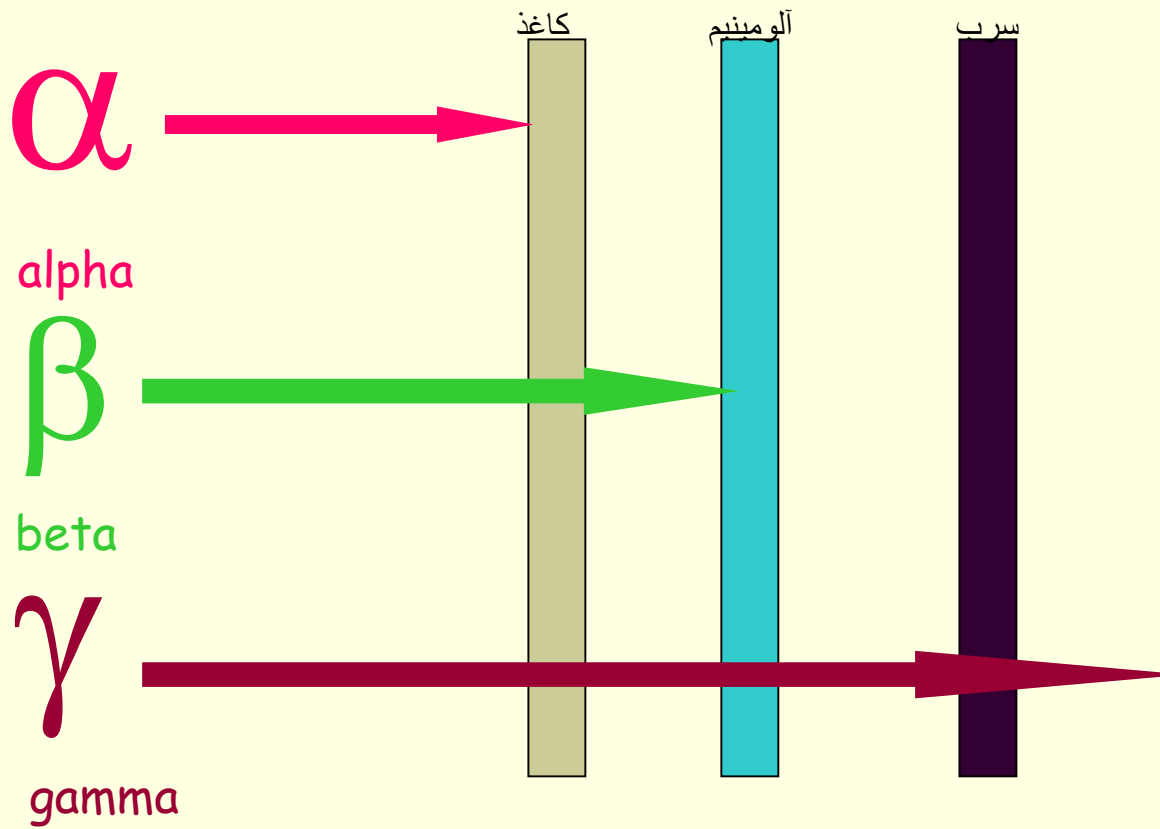
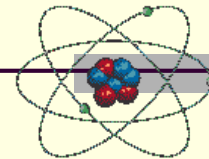


Stuff comes out of atoms, “subatomic particles”



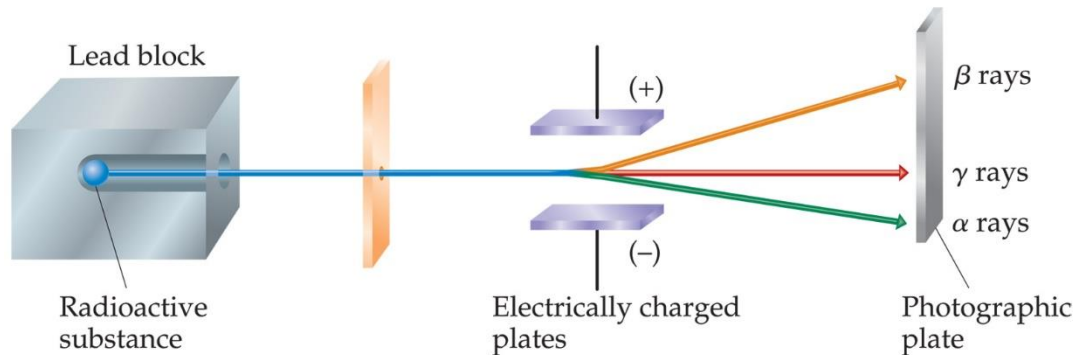
هانري بکرل

راديو اکتیویته



Radioactivity

- Three types of radiation were discovered by Ernest Rutherford:
 - α particles, attracted to negative electrode, so they have a **positive** charge, much more mass than negative stuff (turn out to be He nuclei)
 - β particles, attracted to positive electrode, so they have a **negative** charge, 1000s of times less massive (turn out to be electrons coming from nucleus).



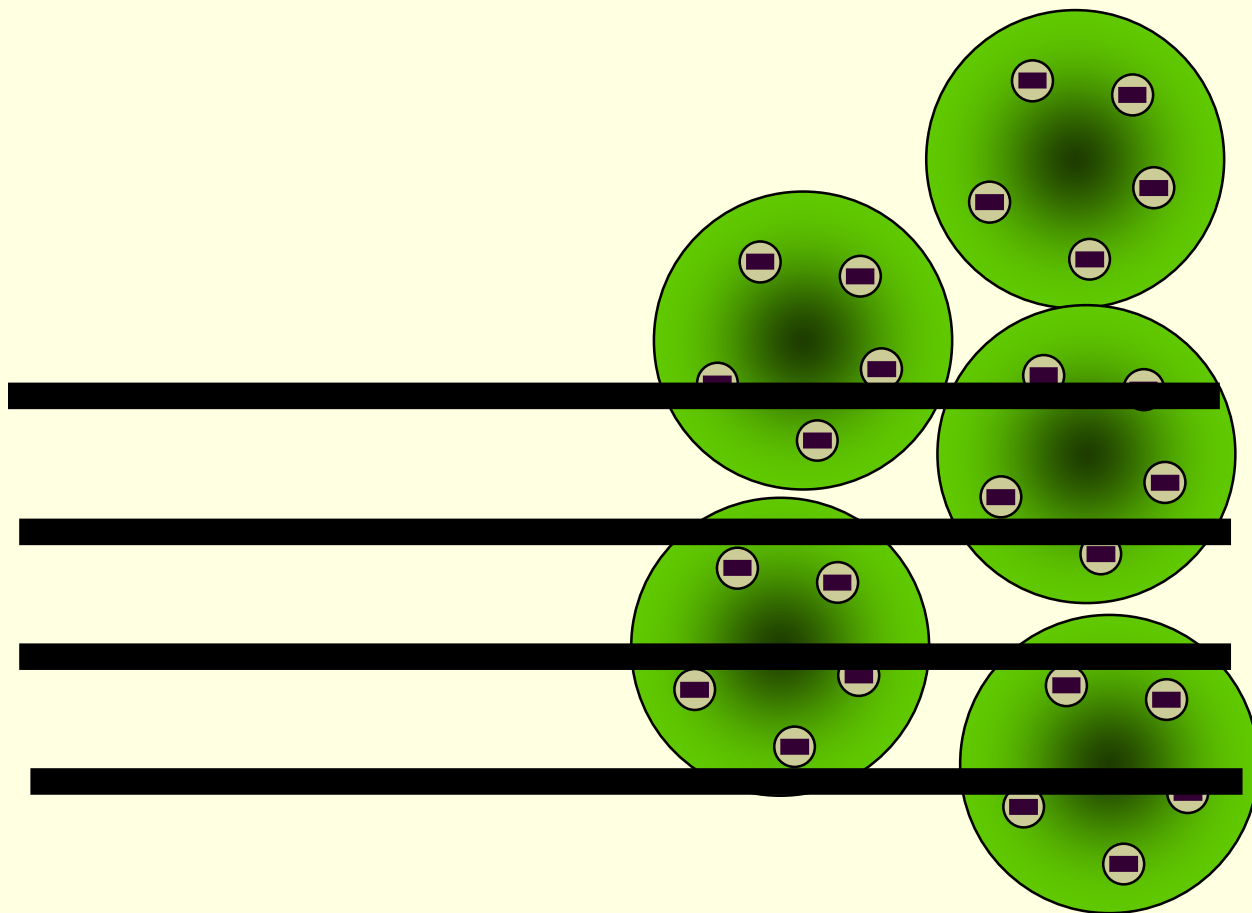
آزمایشات رادرفورد

■ بمباران قطعه کوچک و نازکی از طلا با باریکه ای از ذرات آلفا.

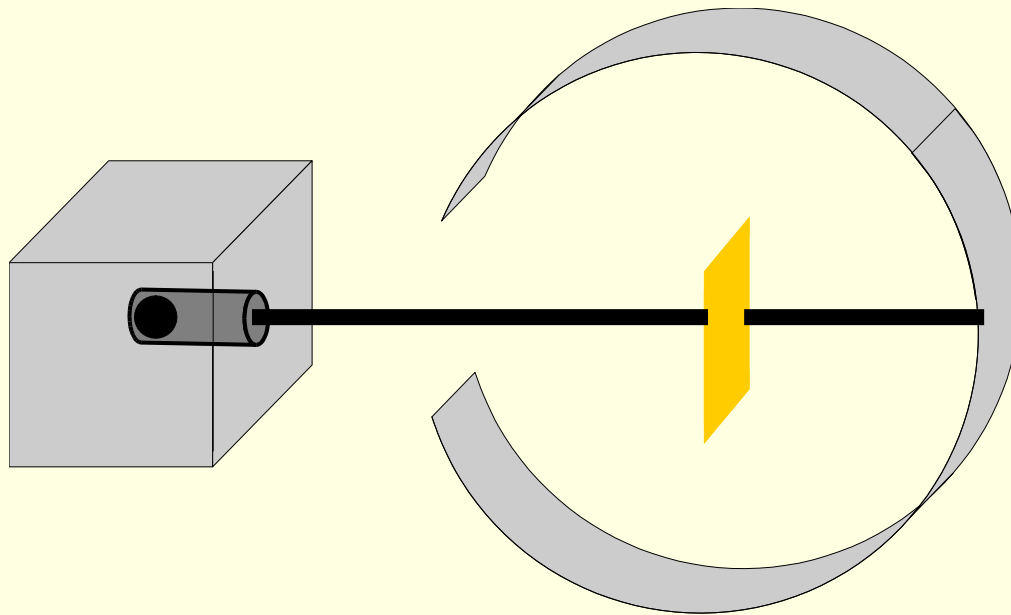
■ نشان دادن میزان پراکندگی ذرات توسط صفحه فلز نازک سولفید روی.

■ اغلب ذرات آلفا ، بدون تغییر و پراکنده شدن ، از صفحه نازک طلا عبور کرده و فقط تعداد کمی با انحراف زیاد از هسته عبور کرده یا بطور کامل بر می گردند.

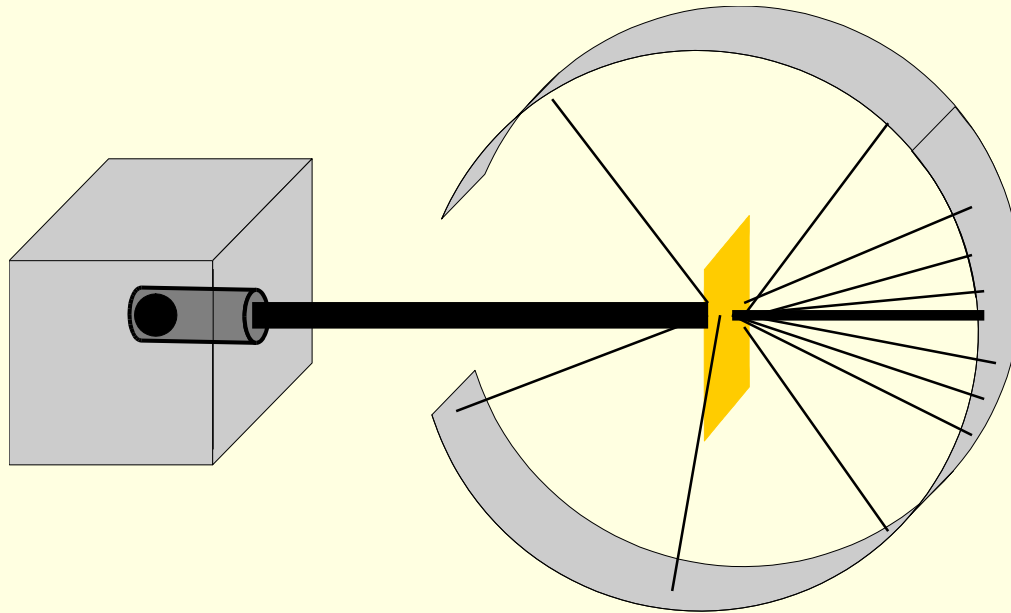
آزمایش رادرفورد در صورت درست بودن مدل تامسون



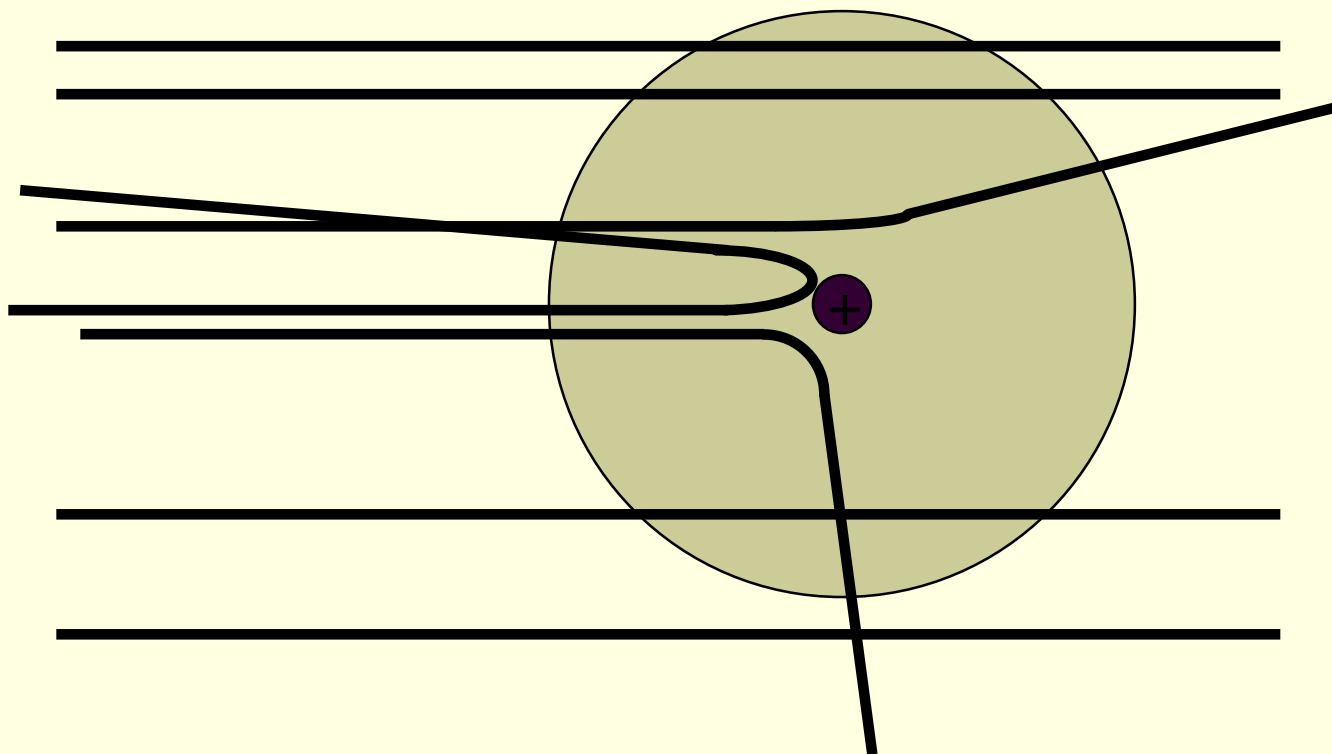
آزمایش رادر فورد روی ورقه نازک طلا

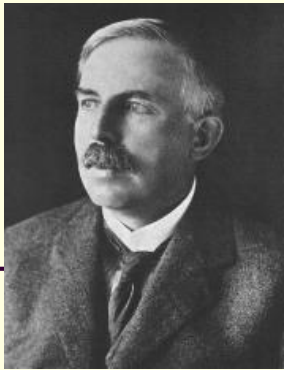


آنچه که رادرفورد مشاهده نمود



آنچه که رادرفورد مشاهده نمود





ارنست رادرفورد

اتم رادرفورد

- قسمت عمده اتم يك فضاي خالي است.
- اتم حاوي يك مركز فشرده و خيلي كوچك بنام هسته است.
- بيشترين جرم اتم در هسته متمرکز است.
- قطر هسته $10000/1$ تا $100000/1$ شعاع اتم مي باشد.

۲. نتایج آزمایش رادرفورد

◆ برخلاف پیش‌بینی‌های اولیه، نتایج آزمایش برای رادرفورد بسیار شگفت‌آور بود:

بیشتر ذرات آلفا که به ورقه‌ی طلا برخورد می‌کردند، از آن عبور می‌کردند بدون اینکه انحراف زیادی پیدا کنند.

چند ذره (حدود ۱ در ۸۰۰۰) مسیرشان به‌طور کامل تغییر کرده و به عقب باز می‌گشتند. ◆ این نتایج نشان داد که بیشتر فضای داخل اتم خالی است، اما یک ناحیه‌ی کوچک و متراکم وجود دارد که از این ذرات آلفا جلوگیری می‌کند و باعث انحراف آنها می‌شود.

۳. مدل اتمی رادرفورد

◆ بر اساس این آزمایش‌ها، رادرفورد به این نتیجه رسید که:

اتم بیشتر فضای خالی دارد.

هسته‌ای کوچک، متراکم و با بار مثبت در مرکز اتم قرار دارد که مسئول انحراف ذرات آلفا است. الکترون‌ها که دارای بار منفی هستند، در فضای اطراف هسته در حرکت‌اند و حجم بیشتری از اتم را اشغال می‌کنند.

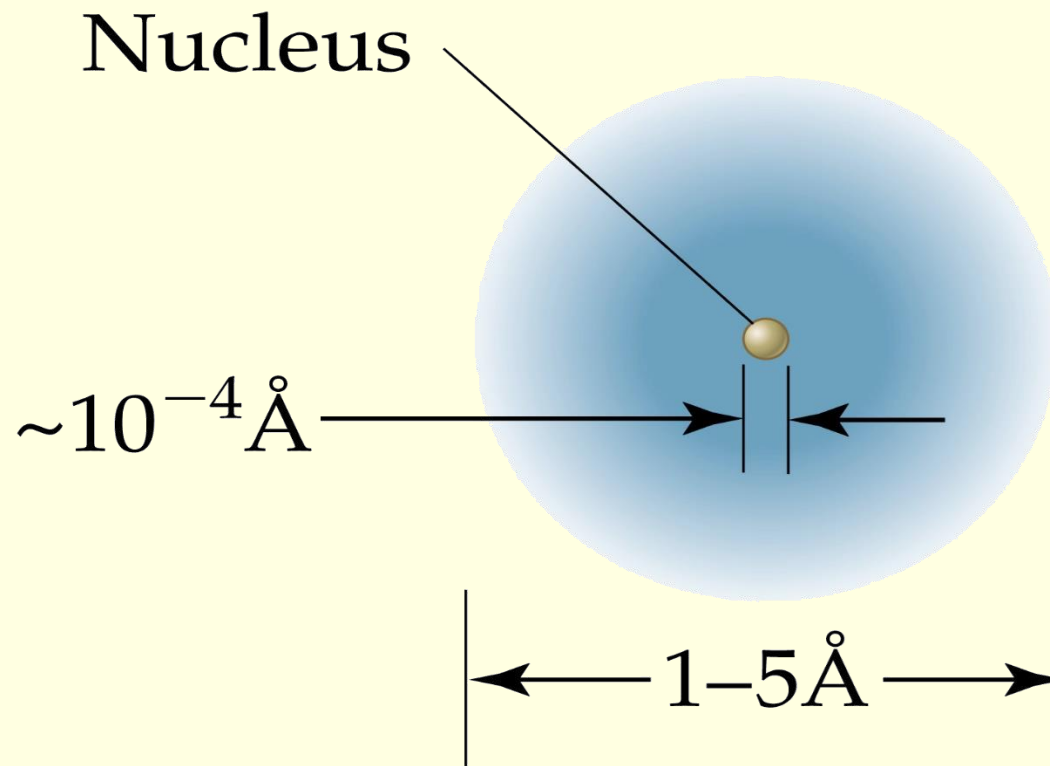
◆ ویژگی‌های مدل رادرفورد:

هسته‌ی اتم حاوی تمام جرم اتم است.

بار مثبت در هسته متمرکز است.

الکترون‌ها در فضای اطراف هسته با سرعت بالا در حال چرخش‌اند.

✓ اهمیت کشف: این مدل نشان داد که اتم نه تنها یک جسم یکنواخت نیست، بلکه از یک هسته‌ی مرکزی و فضای خالی اطراف آن تشکیل شده است.





If the atomic nucleus were the size of this ball bearing, a typical atom would be the size of this stadium.

۲. محدودیت‌های مدل رادرفورد

✗ هرچند مدل رادرفورد تحولی بزرگ در درک ما از ساختار اتم بود، اما چند مشکل اساسی داشت:

طبق قوانین الکترومغناطیس کلاسیک، الکترون‌هایی که در حال حرکت در مدارهای دور هسته هستند، باید انرژی از دست بدهند و در نتیجه باید به سمت هسته سقوط کنند. اما در واقع این اتفاق نمی‌افتاد.

مدل رادرفورد نمی‌توانست توضیح دهد که چرا الکترون‌ها در این حال سقوط نمی‌کنند و به هسته نمی‌افتند.

این مدل نمی‌توانست توضیح دهد که چرا اتم‌ها طیف‌های خاصی از نور را منتشر می‌کنند. +

مدل سیاره‌ای بور - کوانتومی شدن مدارها (۱۹۱۳)

مدل سیاره‌ای بور، که توسط نیلز بور (Niels Bohr) در سال ۱۹۱۳ ارائه شد، یکی از مهم‌ترین تحولات در نظریه‌ی اتمی بود. این مدل که بر اساس اصول مکانیک کوانتومی بنیان گذاشته شده است، برای اولین بار توانست به طور موفقیت‌آمیز طیف‌های نشری عناصر مانند هیدروژن را توضیح دهد.

نیلز هنریک دیوید بور [۱] (دانمارکی: Niels Henrik David Bohr; دانمارکی: ['nɛls 'pɔɡ?'; ۷ اکتبر ۱۸۸۵ – ۱۸ نوامبر ۱۹۶۲) فیزیک‌دان دانمارکی بود. [۲] او نقش بنیادی در شناخت ساختار اتمی و نظریه کوانتومی داشت و به پاس تلاش‌هایش جایزه نوبل فیزیک را در ۱۹۲۲ کسب کرد. بور همچنین فیلسوف و ارتقاءدهنده پژوهش‌های علمی بود.

او مدل اتمی بور را ایجاد و چنین پیشنهاد داد که سطوح انرژی الکترون‌ها جدا از هم هستند و الکترون‌ها در مدارهای ثابت حول هسته اتم می‌چرخند اما می‌توانند از یک سطح انرژی (یا مدار) به سطح انرژی دیگری بپرند.



۵. مدل سیاره‌ای بور - کوانتومی شدن مدارها (۱۹۱۳)

نیلز بور (Niels Bohr) مدل رادرفورد را با مفاهیم کوانتومی
اصلاح کرد.
در مدل بور:

الکترون‌ها فقط در مدارهای خاصی با انرژی مشخص حرکت
می‌کنند.

الکترون‌ها می‌توانند بین سطوح انرژی جابه‌جا شوند و نور
ساطع یا جذب کنند.

این مدل توضیحی برای طیف‌های نشری عناصر ارائه داد.

۱. پیش‌زمینه و نیاز به مدل جدید

◆ مدل رادرفورد نشان داده بود که اتم شامل یک هسته‌ی کوچک و متراکم است که در مرکز اتم قرار دارد و الکترون‌ها در فضای اطراف هسته در حال حرکت‌اند.

◆ با این حال، مدل رادرفورد نتوانست به طور دقیق توضیح دهد که چرا الکترون‌ها در حال حرکت به سمت هسته نمی‌افتند و چرا اتم‌ها طیف‌های خاصی از نور را منتشر می‌کنند.

◆ مکانیک کلاسیک پیش‌بینی می‌کرد که الکترون‌ها باید انرژی خود را از دست بدهند و به سمت هسته سقوط کنند، که این اتفاق نیفتاد.

۲. مفاهیم اصلی مدل سیاره‌ای بور

❖ نیلز بور برای حل این مشکلات، به اصول مکانیک کوانتومی روی آورد و مدل جدیدی را برای اتم پیشنهاد کرد. مهم‌ترین مفاهیم مدل بور عبارتند از:

۱. مدارهای گسسته‌ی الکترون

الکترون‌ها در مدارهای خاص و گسسته با انرژی‌های مشخص به دور هسته در حرکت‌اند. الکترون‌ها نمی‌توانند در مدارهای میانه بین این مدارها قرار بگیرند. بنابراین، این مدارها نه تنها مشخص و گسسته‌اند، بلکه از نظر انرژی هم گسسته‌اند.

۲. جذب و انتشار انرژی

زمانی که یک الکترون از یک مدار با انرژی بالا به مداری با انرژی پایین‌تر منتقل می‌شود، نور با انرژی خاص (که برابر با تفاوت انرژی بین دو مدار است) منتشر می‌کند. برعکس، زمانی که یک الکترون به یک مدار بالاتر منتقل می‌شود، انرژی از محیط جذب می‌کند.

۳. اصل کوانتوم شدن مدارها

طبق مدل بور، الکترون‌ها فقط می‌توانند در مدارهایی با انرژی‌های کوانتومی معین در حرکت باشند. قانون کوانتومی بور: الکترون‌ها تنها در مدارهایی با مقدار معینی از اندازه‌گیری‌های انرژی ممکن است وجود داشته باشند.



مدل منظومه شمسي بور

مدل اتمي بور براي سيليسيوم



هسته



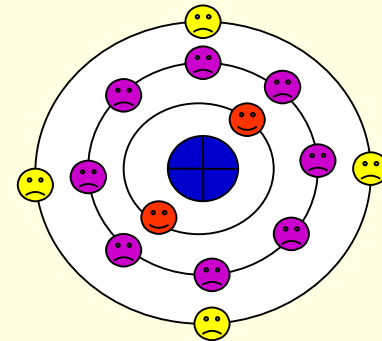
الکترونهاي تراز اول



الکترونهاي تراز دوم



الکترونهاي تراز سوم و ظرفيت



۳. فرمول بندی مدل بور

◆ بور برای توجیه این مدل از قانون کوانتوم پلانک استفاده کرد. او فرض کرد که:

انرژی الکترون ها در مدارهای مختلف بر اساس فرمول $E_n = -13.6 \text{ eV} / n^2$ است که n عدد کوانتومی است.

$n=1,2,3,\dots$ نشان دهنده ی مدارهای مختلف است.

◆ به این ترتیب، مدار اول (با $n=1$) کمترین انرژی را دارد و در آن الکترون به هسته نزدیکتر است.

◆ مدل بور نشان داد که سطوح انرژی در اتم های هیدروژن می توانند در مقادیر مشخصی افزایش یا کاهش یابند.

۲. نتایج مدل بور

◆ مدل بور به طور موفقیت‌آمیز توانست طیف نشری هیدروژن را توضیح دهد.

◆ در این طیف، الکترون‌ها از یک مدار با انرژی بالا به مدارهای پایین‌تر منتقل شده و انرژی خاصی منتشر می‌کنند که باعث ایجاد خطوط رنگی خاص در طیف می‌شود.

◆ این مدل همچنین قادر بود تا با دقت خوبی پدیده‌هایی مانند اثر هال و پدیده‌های اسپکتروسکوپی را توضیح دهد.

اثر هال Hall effect

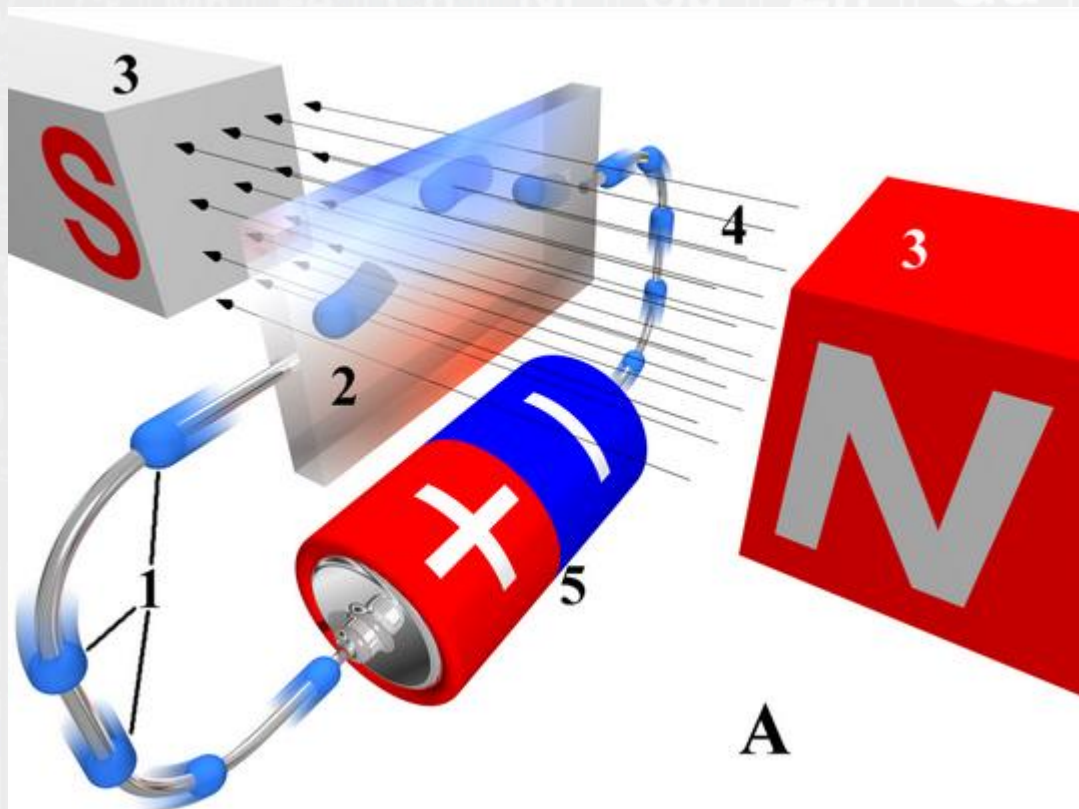
اثر هال (Hall Effect) یک پدیده فیزیکی است که زمانی رخ می‌دهد که یک جریان الکتریکی از داخل یک رسانا یا نیمه‌رسانا عبور کند و همزمان یک میدان مغناطیسی عمود بر جهت جریان به آن وارد شود. در نتیجه، یک اختلاف پتانسیل (ولتاژ) در جهت عمود بر جریان و میدان مغناطیسی به وجود می‌آید که به آن ولتاژ هال می‌گویند. این پدیده به افتخار کاشف آن ادوین هال نام‌گذاری شده‌است.

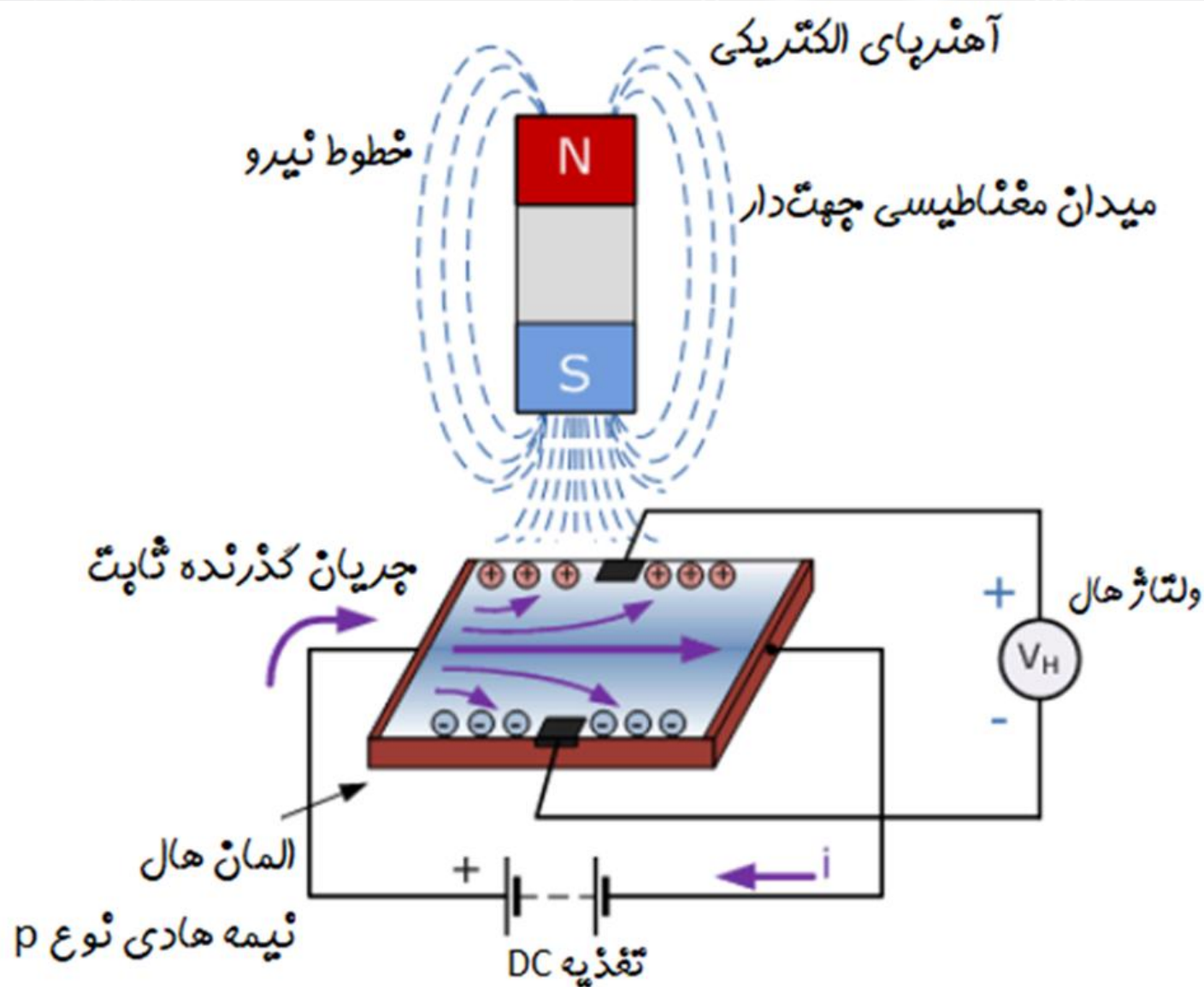
اثر هال در سال ۱۸۷۹ به وسیلهٔ **ادوین هربرت هال** در حالی که داشت روی دکترای خود در دانشگاه جانز هاپکینز در آمریکا کار می‌کرد، کشف گردید. اندازه‌گیری تأثیرات ریز در ابزاری که با آن کار می‌کرد، یک شاهکار تجربی بود که ۱۸ سال پیش از کشف الکترون رخ داد.

اثر هال نتیجه طبیعت جریان عبوری از رسانا است. جریان از حرکت تعداد زیادی حامل‌های بار تشکیل می‌شود که معمولاً الکترون‌ها، حفره‌ها، یونها یا ترکیبی از این سه هستند. حامل‌های بار هنگام حرکت در میدانی که بر مسیر حرکت آن‌ها عمود است، نیرویی را تجربه می‌کنند، که نیروی لورنتس نامیده می‌شود. وقتی چنین میدان مغناطیسی‌ای حاضر نباشد،

بارها تقریباً به صورت مستقیم حرکت می‌نمایند. اما وقتی یک میدان مغناطیسی عمود اعمال شود،

مسیر آن‌ها منحرف می‌شود و روی یکی سطوح ماده تجمع می‌کنند.





کاربردهای اثر هال:

سنسورهای اثر هال (Hall sensors):

برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی، جریان الکتریکی، و موقعیت یا سرعت چرخشی (در موتورهای الکتریکی یا چرخ خودروها).

اندازه‌گیری شدت میدان مغناطیسی:

در فیزیک و صنعت برای سنجش دقیق میدان‌های مغناطیسی.

تعیین نوع حامل بار (الکترون یا حفره) و تراکم آن‌ها:

در آزمایشگاه‌های فیزیک حالت جامد برای بررسی ویژگی‌های الکتریکی نیمه‌رساناها.

کنترل بدون تماس (contactless switching):

در دستگاه‌هایی مثل گوشی‌های هوشمند (برای تشخیص بسته بودن درب قاب یا کاور)، چاپگرها، و کیبوردهای صنعتی.

طرز کار سنسور اثر هال در خودرو:

وقتی یک میدان مغناطیسی (مثل آهنربا) نزدیک یک سنسور هال قرار بگیرد، این سنسور یک ولتاژ خروجی تولید می‌کند. حالا اگر اون آهنربا حرکت کند یا جابه‌جا بشه، مقدار این ولتاژ هم تغییر می‌کند. این تغییر رو (ECU کامپیوتر ماشین) می‌خونه و طبق اون تصمیم می‌گیره که چی کار کنه.

کاربردهای اصلی در خودرو:

تشخیص موقعیت میل‌لنگ یا میل‌سوپاپ:

سنسور هال موقعیت دقیق میل‌لنگ رو اندازه‌گیری می‌کند.

برای تنظیم زمان جرقه‌زنی (ignition timing) خیلی مهمه.

اگر این سنسور خراب بشه، ماشین روشن نمی‌شه یا بد کار می‌کند.

سنسور سرعت چرخ (ABS):

برای کنترل ترمز ضدقفل (ABS) استفاده می‌شود.

با چرخش چرخ، میدان مغناطیسی تغییر می‌کند و سنسور هال سرعت رو تشخیص می‌دهد.

سنسور موقعیت پدال گاز:

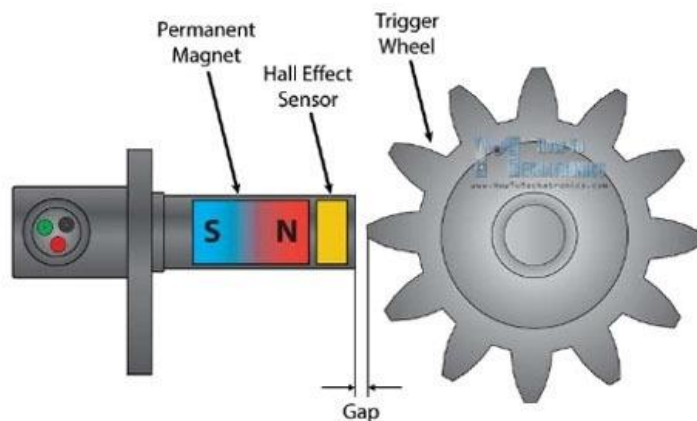
بعضی خودروهای جدید بدون سیم گاز هستن (drive-by-wire). سنسور هال تشخیص می‌ده که پدال گاز چقدر فشار داده شده و سیگنال می‌فرسته به ECU.

موتورهای برف‌پاک‌کن، شیشه‌بالابر، و فن کولر:

برای تشخیص موقعیت و کنترل حرکت دقیق این موتورها.

در این تصویر، سنسور اثر هال در نزدیکی یک چرخ‌دنده (که به آن چرخ هدف یا Trigger Wheel گفته می‌شود) قرار دارد. این چرخ‌دنده به میل‌لنگ متصل است و دارای دندانه‌هایی است که هنگام چرخش میل‌لنگ از مقابل سنسور عبور می‌کنند. با عبور هر دندانه، میدان مغناطیسی در نزدیکی سنسور تغییر می‌کند و سنسور یک سیگنال دیجیتال (پالس مربعی) تولید می‌کند. این سیگنال‌ها به واحد کنترل الکترونیکی (ECU) ارسال می‌شوند تا موقعیت دقیق میل‌لنگ و زمان‌بندی احتراق را تعیین کند.

HALL EFFECT SENSOR



پدیده‌های اسپکتروسکوپی

اسپکتروسکوپی یعنی چی؟

اسپکتروسکوپی (Spectroscopy) یعنی بررسی نحوه‌ی
برهم‌کنش نور (یا هر نوع تابش الکترومغناطیسی) با ماده.
با اسپکتروسکوپی می‌تونیم بفهمیم اتم‌ها، مولکول‌ها یا مواد مختلف
چه ویژگی‌هایی دارن — مثل ساختار، انرژی، غلظت، یا حتی
نوع پیوندهاشون.

پدیده‌های اصلی اسپکتروسکوپی:

جذب (Absorption):

وقتی یک ماده بخشی از نور یا تابش رو جذب می‌کند و انرژی اون رو می‌گیرد.

مثال: در UV-Vis یا IR، مولکول‌ها نور رو جذب می‌کنند و بین حالت‌های انرژی مختلف جابه‌جا می‌شوند.

نشر (Emission):

وقتی یک ماده بعد از جذب انرژی، اون رو به صورت نور یا تابش پس می‌دهد.

مثال: در فلورسانس یا نشر اتمی، ماده نور از خودش ساطع می‌کند.

پراکندگی (:)(Scattering)

وقتی نور برخورد می‌کند و جهت یا انرژی آن تغییر می‌کند.

مثال: پراکندگی رامان ((Raman scattering، که اطلاعات دقیق درباره‌ی پیوندهای شیمیایی می‌دهد.

فتوالکتریک (:)(Photoelectric effect)

وقتی نور به سطح ماده می‌تابد و باعث کندن الکترون می‌شود.

مثال: در اسپکتروسکوپی فوتوالکتریک اشعه ایکس ((XPS، برای بررسی ترکیب شیمیایی سطح مواد استفاده می‌شود.

انتقال انرژی (:)(Energy Transfer)

گاهی انرژی از یک مولکول به مولکول دیگر منتقل می‌شود بدون گسیل مستقیم نور.

مثال: (FRET انتقال انرژی تشدیدی فلورسانس) در بیوشیمی برای بررسی فاصله بین دو مولکول.

۵. محدودیت‌های مدل بور

✗ مدل بور در توضیح طیف‌های پیچیده‌تر (برای مثال، در اتم‌های بزرگتر از هیدروژن) ناتوان بود.

✗ این مدل نتوانست پدیده‌های دقیق‌تری مانند اثر زیمنان و اثر پلنکر را که در اتم‌های چندالکترونی مشاهده می‌شدند، توضیح دهد.

✗ همچنین مدل بور برای اتم‌های پیچیده‌تر که دارای چندین الکترون هستند، مشکلات زیادی داشت.

اثر زیمان ((Zeeman Effect

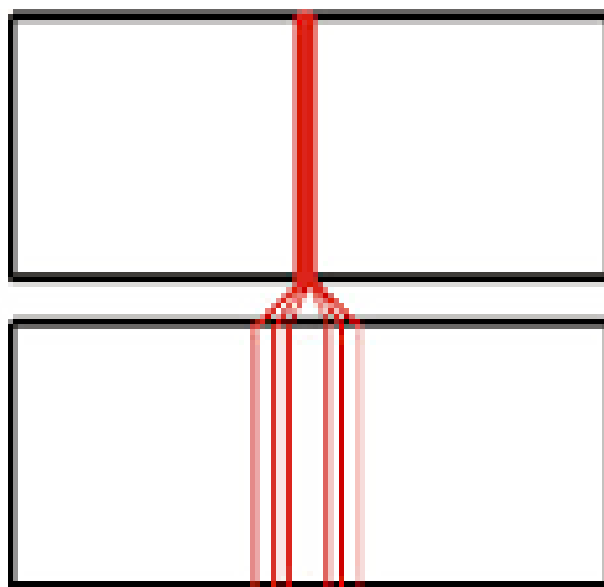
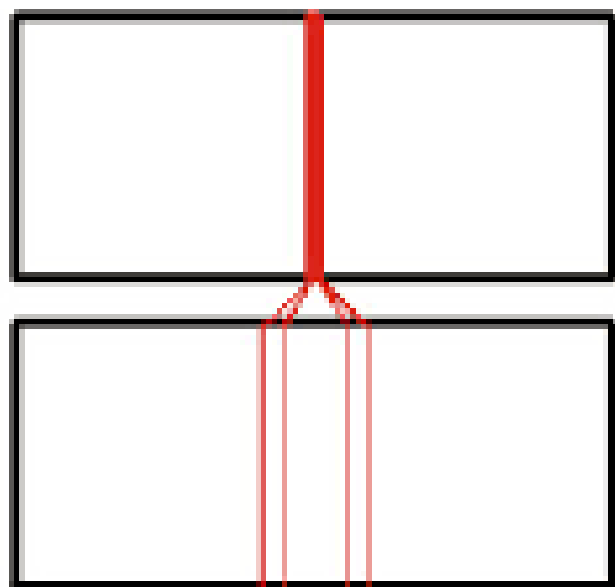
اثر زیمان یعنی:

وقتی یک اتم یا یون در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرد، خطوط طیفی‌ای که در حالت عادی یک خط نازک و دقیق بودن، به چند خط جداگانه تقسیم می‌شوند.

این پدیده رو "پیتر زیمان" در سال ۱۸۹۶ کشف کرد.

کشف اثر زیمان باعث شد فیزیکدان‌ها بفهمند که الکترون‌ها ویژگی‌های مغناطیسی دارند.

بعداً این اثر به عنوان یکی از شواهد مهم برای مدل‌های کوانتومی اتم شناخته شد.



در خارج از میدان
مغناطیسی

در میدان مغناطیسی

نمایش چندگانگی دو خط طیفی اصلی اتم سدیم در میدان مغناطیسی ضعیف

چرا این اتفاق می افتد؟

اتم‌ها معمولاً در حالت عادی انرژی‌های مشخصی دارند.

ولی وقتی داخل میدان مغناطیسی می‌شن، این میدان روی حرکت الکترون‌ها اثر می‌ذاره.

این باعث میشه که حالت‌های انرژی الکترون‌ها کمی از هم جدا بشن.

در نتیجه، نور تابشی که باید یک طول موج ثابت داشته باشه، چند طول موج مختلف پیدا می‌کنه یعنی چند خط طیفی!

کاربردهای اثر زیمان:

اندازه‌گیری میدان مغناطیسی در ستارگان و خورشید.

در فیزیک اتمی و اسپکتروسکوپی برای بررسی ساختار انرژی الکترون‌ها.

در تکنولوژی‌های خاص مثل (MRI) تصویربرداری تشدید مغناطیسی).

اثر پلتیر ((Peltier Effect)

وقتی یک جریان الکتریکی از اتصال دو ماده‌ی متفاوت (مثلاً دو فلز یا نیمه‌رسانا) عبور می‌کند، در محل اتصال گرما جذب یا دفع می‌شود.

اگر برق از دو فلز متفاوت رد شود، در جایی که این دو به هم چسبیدن، یا سرد می‌شود یا گرم می‌شود.

اثر پلتیر معکوس اثر سیبک است.

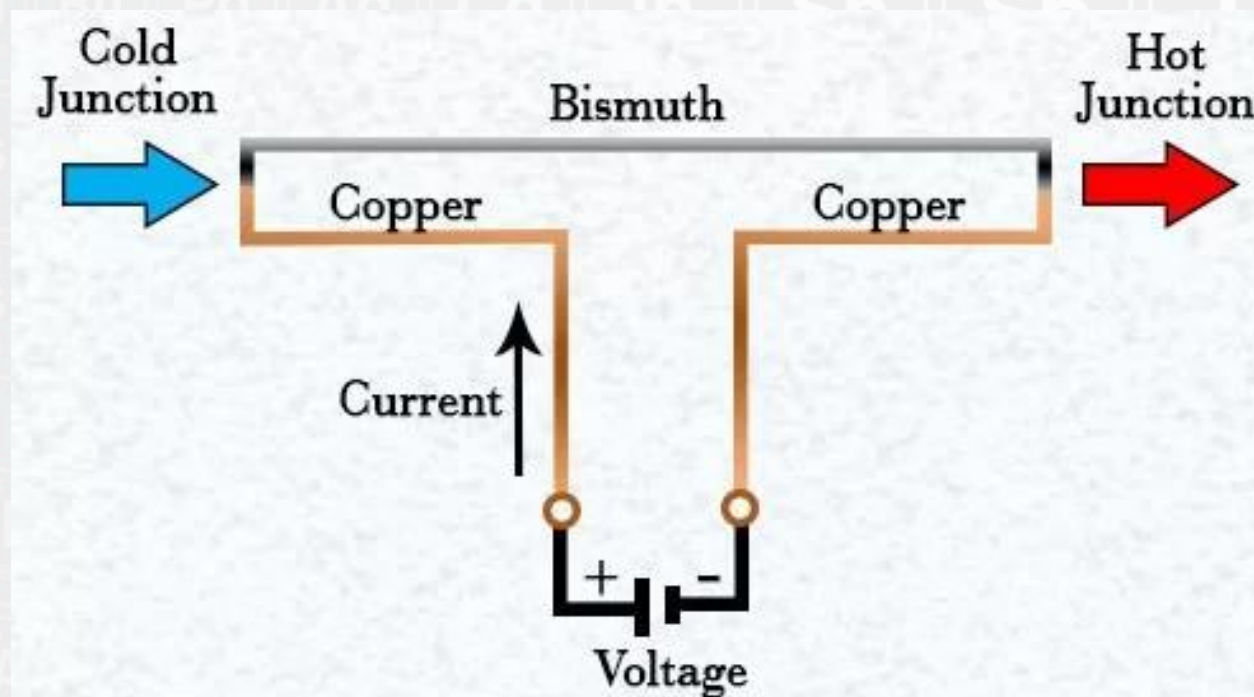
(وقتی دو فلز یا نیمه‌رسانای متفاوت رو به هم وصل کنیم و بین اونها اختلاف دما ایجاد کنیم، ولتاژ الکتریکی به وجود میاد، یعنی جریان برق تولید میشه

این پدیده را در سال ۱۸۳۴ دانشمند فرانسوی ژان شارل پلتیر کشف کرد.

به همین دلیل اسم این پدیده شده اثر پلتیر (Peltier Effect).

چرا این اتفاق می افتد؟

الکترون هایی که از یک ماده وارد ماده دیگر می شوند، باید خودشان را با انرژی ماده دوم هماهنگ کنند. این جابجایی انرژی باعث می شود در نقطه ی اتصال یا انرژی جذب شود (خنک شدن) یا انرژی آزاد شود (گرم شدن).



کاربردهای اثر پلتیر:

خنک‌کننده‌های الکتریکی (مثل کولرهای کوچک، خنک‌کننده پردازنده لپتاپ).

یخچال‌های بدون گاز (ترموالکتریک کولر).

خنک‌کننده‌های پزشکی (مثلاً برای نگهداشتن دارو در دمای خاص).

حسگرهای گرمایی.

اثر سبیک ((Seebeck Effect

اثر سبیک ((Seebeck Effect، اثری است که وقتی یک اختلاف دما در هر دو انتهای یک ماده اعمال می گردد، یک اختلاف پتانسیل (نیروی محرکه الکتریکی) بین انتهای آن ایجاد می شود. این اثر Seebeck در همه مواد رخ می دهد، اما مقدار نیروی الکتروموتور بسته به ماده متفاوت است.

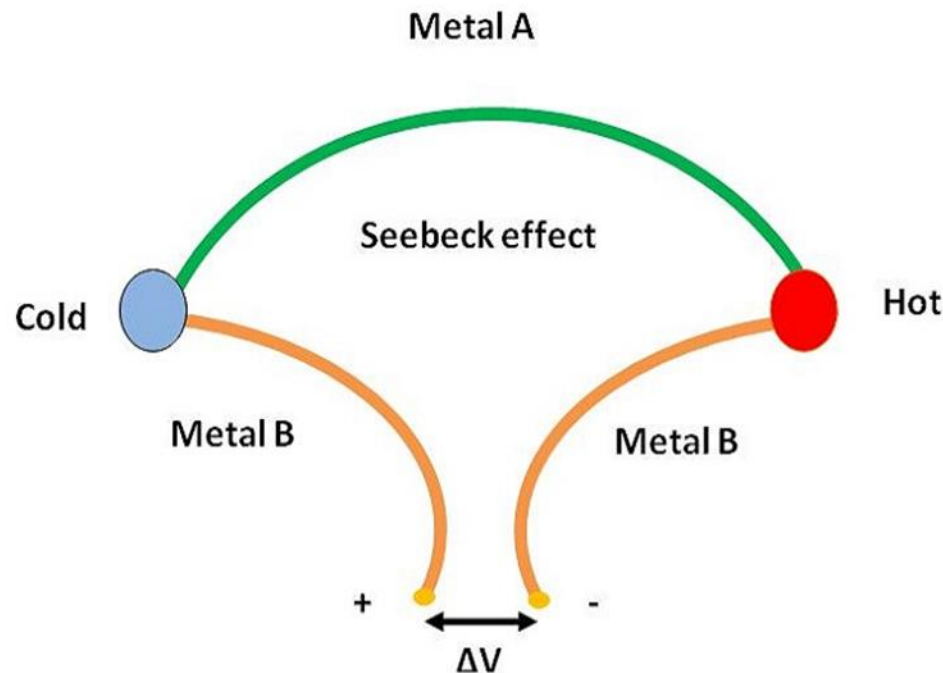
توماس سبیک ((Thomas Johann Seebeck، دانشمند آلمانی، این پدیده رو در سال ۱۸۲۱ کشف کرد.

برای همین اسمش شده اثر سبیک ((Seebeck Effect).

چرا این اتفاق می افتد؟

در قسمت گرم‌تر، الکترون‌ها انرژی بیشتری دارند و سریع‌تر حرکت می‌کنند.

این باعث می‌شود الکترون‌ها از سمت گرم به سمت سرد حرکت کنند. این حرکت بار الکتریکی باعث تولید یک ولتاژ یا جریان در مدار می‌شود.



کاربردهای اثر سیبک:

ترموکوپل‌ها:

وسیله‌هایی که دما رو اندازه میگیرن (مثلاً در کوره‌ها، یخچال‌ها، یا در پزشکی).

تولید برق از گرمای هدررفته:

مثلاً در نیروگاه‌ها یا ماشین‌ها میشه گرمای اضافه رو به برق تبدیل کرد.

ژنراتورهای ترموالکتریک:

برای تولید برق در جاهایی که برق‌رسانی سخته (مثل فضاپیماها).

کشف پروتون

هسته اتم توسط ارنست رادرفورد در سال 1911 در آزمایش معروف ورق طلا کشف شد.

او نتیجه گرفت که تمام ذرات دارای بار مثبت در یک اتم در یک هسته منفرد متمرکز شده اند و بیشتر حجم اتم خالی است. او همچنین بیان کرد که تعداد کل ذرات با بار مثبت در هسته برابر است با تعداد کل الکترون های با بار منفی موجود در اطراف آن.

پروتون چگونه کشف شد؟

ارنست رادرفورد مشاهده کرد که آشکارسازهای سوسوزن او هسته‌های هیدروژن را هنگامی که پرتوی از ذرات آلفا به هوا پرتاب می‌شد، شناسایی کردند.

پس از بررسی بیشتر، رادرفورد دریافت که این هسته‌های هیدروژن از اتم‌های نیتروژن موجود در جو تولید می‌شوند. او سپس اقدام به شلیک پرتوهای ذرات آلفا به گاز نیتروژن خالص کرد و مشاهده کرد که تعداد بیشتری از هسته‌های هیدروژن تولید می‌شود.

او به این نتیجه رسید که هسته های هیدروژن از اتم نیتروژن منشاء می گیرند و ثابت می کند که هسته هیدروژن بخشی از تمام اتم های دیگر است.

این آزمایش اولین آزمایشی بود که یک واکنش هسته ای را گزارش کرد که با معادله ارائه شد:



که α یک ذره آلفا است که شامل دو پروتون و دو نوترون است و 'p' یک پروتون است).

هسته هیدروژن بعدها "پروتون" نام گرفت و به عنوان یکی از اجزای سازنده هسته اتم شناخته شد.

کشف پروتون

مزلي

مزلي 1912 به اين واقعيت پي برد كه عدد اتمي عناصر را بهتر توصيف مي نمايد.

■ هر عنصر با عنصر قبلي خود فقط در يك بار مثبت اضافه در هسته اش فرق دارد.

■ اين امر همراه با آزمایشات رادرفورد و ديگر فيزيكدانان منجر به كشف پروتون شد.

■ عناصر با يکديگر در تعداد پروتونها در هسته خود فرق دارند.



پیش‌زمینه و نیاز به کشف نوترون

◆ تا سال ۱۹۳۰، دانشمندان می‌دانستند که هسته‌ی اتم شامل پروتون‌های مثبت است، اما یک مشکل بزرگ وجود داشت:

جرم اتم‌ها بیشتر از مجموع جرم پروتون‌هایشان بود.

مدل‌های موجود نمی‌توانستند توضیح دهند که چرا هسته با این جرم سنگین، بدون بار الکتریکی اضافی باقی می‌ماند.

◆ برخی دانشمندان مانند رادرفورد (۱۹۲۰) حدس می‌زدند که نوعی ذره‌ی خنثی در هسته وجود دارد، اما هیچ مدرک تجربی برای اثبات آن وجود نداشت.

کشف نوترون - مدل اتمی چادویک (۱۹۳۲)

پس از مدل بور و توسعه‌ی بیشتر نظریه‌های اتمی، هنوز یک نکته‌ی مهم درباره‌ی ساختار اتم ناشناخته باقی مانده بود: چرا جرم هسته بیشتر از مجموع جرم پروتون‌ها است؟

در سال ۱۹۳۲، جیمز چادویک (James Chadwick) با کشف نوترون این معما را حل کرد. این کشف، مدل اتمی را کامل‌تر کرد و توضیح دقیقی از ساختار هسته ارائه داد.

سر جیمز چادویک (به انگلیسی: Sir James Chadwick) در
برخی منابع فارسی: چدویک) (زاده ۲۰ اکتبر ۱۸۹۱ - در گذشته
۲۴ ژوئیه ۱۹۷۴) فیزیک‌دان انگلیسی بود. در سال ۱۹۳۲
نوترون را که رادرفورد در سال ۱۹۲۰ وجود آن را پیش‌بینی
کرده بود، کشف کرد و به همین سبب، در سال ۱۹۳۵ جایزه نوبل
فیزیک را دریافت کرد.

۲. آزمایش چادویک و کشف نوترون

◆ در سال ۱۹۳۲، جیمز چادویک آزمایشی انجام داد که منجر به کشف نوترون شد.

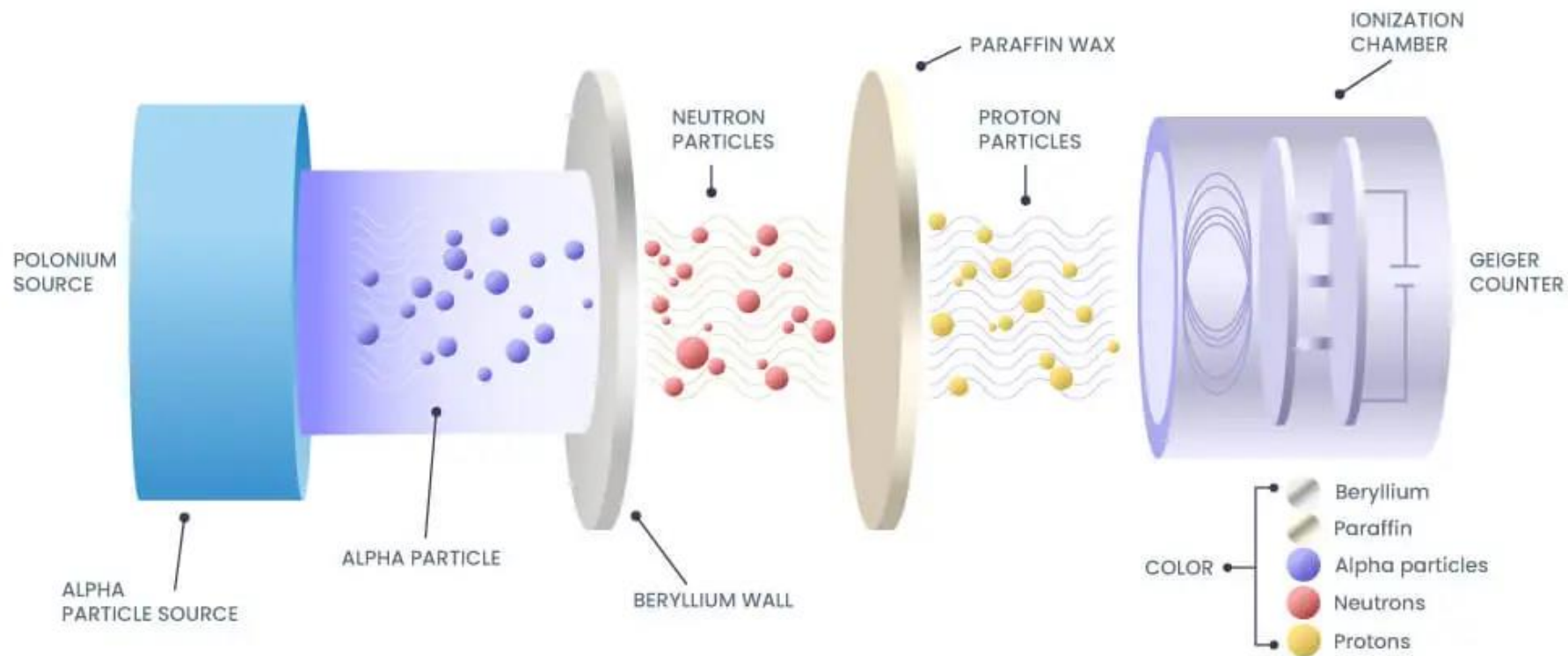
◆ او یک ورقه‌ی بریلیم (Be) را با ذرات آلفا (هسته‌ی هلیوم) بمباران کرد.

◆ در نتیجه، پرتویی بدون بار الکتریکی از بریلیم خارج شد که ویژگی‌های آن قابل توضیح با پرتوهای گاما نبود.

◆ این پرتوها هنگام برخورد به مواد دیگر، باعث پرتاب پروتون‌ها با انرژی بالا می‌شدند.

◆ چادویک این نتایج را تحلیل کرد و نشان داد که این ذرات جدید دارای جرمی تقریباً برابر با جرم پروتون هستند، اما بار الکتریکی ندارند.

✓ نتیجه: این ذرات نوترون نامیده شدند و وجود آن‌ها در هسته تأیید شد.



نوترون ها چگونه کشف شدند؟

- جیمز چادویک تابش آلفا را به ورقه بریلیم از منبع پولونیوم شلیک کرد. این منجر به تولید یک تشعشع بدون بار و نافذ شد.
- این تشعشع بر روی موم پارافین، هیدروکربنی که محتوای هیدروژن نسبتاً بالایی دارد، ایجاد شد.
- پروتون های خارج شده از موم پارافین (هنگامی که توسط تابش بدون بار برخورد می شود) با کمک یک محفظه یونیزاسیون مشاهده شدند.
- محدوده پروتون های آزاد شده اندازه گیری شد و برهمکنش بین تابش بدون بار و اتم های چند گاز توسط چادویک مورد مطالعه قرار گرفت.
- او به این نتیجه رسید که تشعشع نافذ غیرمعمول شامل ذرات بدون بار است که (تقریباً) جرم یکسانی با یک پروتون دارند. این ذرات بعدها “نوترون” نامیده شدند.

مدل اتمی چادویک (۱۹۳۲)

◆ پس از کشف نوترون، مدل هسته‌ای اتم تغییر کرد:

هسته‌ی اتم از دو نوع ذره تشکیل شده است:
پروتون‌ها (ذرات با بار مثبت)

نوترون‌ها (ذرات بدون بار)

نوترون‌ها و پروتون‌ها توسط نیروی هسته‌ای قوی در کنار یکدیگر نگه داشته می‌شوند.

نوترون‌ها به پایدار ماندن هسته کمک می‌کنند، زیرا بدون آن‌ها، نیروی دافعه‌ی بین پروتون‌های مثبت باعث فروپاشی هسته می‌شد.

✓ این مدل توانست جرم اضافی هسته را توضیح دهد و شکاف‌های باقی‌مانده در نظریه‌ی اتمی را پر کند.

۴. اهمیت کشف نوترون

◆ کشف نوترون تأثیر بسیار زیادی در فیزیک هسته‌ای داشت:

توضیح بهتر ایزوتوپ‌ها: وجود نوترون‌ها باعث شد دانشمندان بفهمند که چرا اتم‌های یک عنصر می‌توانند جرم‌های متفاوتی داشته باشند (ایزوتوپ‌ها).

آغاز عصر انرژی هسته‌ای: کشف نوترون زمینه‌ساز شکافت هسته‌ای و توسعه‌ی راکتورهای هسته‌ای و بمب اتمی شد.

مدل‌های پیچیده‌تر اتمی: این کشف به توسعه‌ی مدل‌های مکانیک کوانتومی و نظریه‌ی نیروهای هسته‌ای کمک کرد.

مکانیک کوانتومی و مدل موجی اتم (دهه‌ی ۱۹۲۰)

در دهه‌ی ۱۹۲۰، فیزیکدانان وارد مرحله‌ای جدید از درک ساختار اتم‌ها و رفتار ذرات شدند. مکانیک کوانتومی به عنوان نظریه‌ای جدید به طور اساسی مدل‌های قبلی را تغییر داد و فهم ما از طبیعت در مقیاس‌های زیراتمی را تکامل بخشید. در این دوره، مدل موجی اتم که توسط لوئیس دیبروئی ((Louis de Broglie، ارنست شرودینگر (Erwin Schrödinger) و ورنر هایزنبرگ (Werner Heisenberg) معرفی شد، بر اساس اصول کوانتومی شکل گرفت.

۷. مکانیک کوانتومی و مدل موجی اتم (دهه‌ی ۱۹۲۰)

ورنر هایزنبرگ (Werner Heisenberg) اصل عدم قطعیت را معرفی کرد.

اروین شرودینگر (Erwin Schrödinger) معادله‌ی موجی خود را مطرح کرد.
در مدل کوانتومی:

الکترون‌ها به عنوان موج در نظر گرفته می‌شوند.
احتمال حضور الکترون در اطراف هسته به صورت ابری از چگالی احتمال توصیف می‌شود.

۱. پیش زمینه: مشکلات مدل‌های قبلی

◆ مدل‌های قبلی مانند مدل سیاره‌ای بور که الکترون‌ها را در مدارهای مشخص حول هسته می‌دید، قادر به توضیح رفتار دقیق‌تر الکترون‌ها نبودند.

◆ طبق مکانیک کلاسیک، الکترون‌ها باید انرژی خود را از دست می‌دادند و به سمت هسته می‌افتادند، اما چنین چیزی در عمل مشاهده نمی‌شد.

◆ همچنین، مدل بور قادر به توضیح رفتار الکترون‌ها در اتم‌های پیچیده‌تر (مثل اتم‌های چند الکترونی) نبود.

۲. مکانیک کوانتومی: اصول اولیه

◆ مکانیک کوانتومی یک نظریه جدید برای توصیف ذرات زیراتمی است که بر خلاف قوانین کلاسیک فیزیک، از اصول کوانتوم شدن انرژی‌ها و موجی-ذره‌ای بودن ذرات استفاده می‌کند.
◆ برخی از مفاهیم کلیدی مکانیک کوانتومی عبارتند از:

کوانتیده بودن انرژی‌ها: انرژی‌های خاص و گسسته برای الکترون‌ها و دیگر ذرات.

دوگانگی موجی-ذره‌ای: ذرات مانند الکترون‌ها می‌توانند هم ویژگی‌های ذره‌ای و هم ویژگی‌های موجی داشته باشند.

اصل عدم قطعیت هایزنبرگ: هیچ‌گاه نمی‌توان موقعیت و سرعت یک ذره را همزمان با دقت نامحدود اندازه‌گیری کرد.

۳. مدل موجی اتم: مفاهیم اصلی

۱. دوگانگی موجی-ذره‌ای (دییروئی)

❖ در سال ۱۹۲۴، لوئیس دیبروئی پیشنهاد کرد که تمام ذرات، از جمله الکترون‌ها، ویژگی‌های موجی دارند. این بدان معناست که الکترون‌ها می‌توانند همانطور که نور به صورت موج عمل می‌کند، رفتار کنند.

❖ این دوگانگی (ویژگی‌های همزمان ذره‌ای و موجی) باعث شد که فیزیکدانان به دنبال نظریه‌ای جدید برای توصیف الکترون‌ها در اتم‌ها باشند.

طول موج دیبروئی: برای هر ذره‌ای، طول موج مربوط به آن $h\lambda = hp$ است که در آن h ثابت پلانک و p مقدار تکانه (پیمانه‌ی حرکت) است.

۲. معادله شرودینگر (۱۹۲۶)

❖ ارنست شرودینگر در سال ۱۹۲۶ معادله‌ی موجی معروف خود را برای توصیف رفتار الکترون‌ها در اتم‌ها ارائه داد.

❖ این معادله، که به معادله شرودینگر معروف است، نشان می‌دهد که رفتار الکترون‌ها در اتم به صورت موجی است و هر الکترون را می‌توان با یک تابع موجی توصیف کرد.

$$\hat{H}\Psi = E\Psi$$

$$\hat{H}\Psi = E\Psi$$

در این معادله:

$\hat{H}$ اپراتور هامیلتونی است (نمایش‌دهنده‌ی انرژی سیستم).

Ψ تابع موجی است که وضعیت الکترون را توصیف می‌کند.

E انرژی کل سیستم است.

❖ تابع موجی Ψ اطلاعاتی درباره‌ی احتمال یافت شدن الکترون در هر نقطه از فضا فراهم می‌کند. مربع تابع موجی (یعنی $|\Psi|^2$) احتمال یافتن الکترون در یک ناحیه خاص را نشان می‌دهد.

۴. اصل عدم قطعیت هایزنبرگ

◆ ورنر هایزنبرگ در سال ۱۹۲۷ اصل عدم قطعیت را مطرح کرد، که بیان می‌کند هیچ‌گاه نمی‌توان موقعیت و تکانه (سرعت و حرکت) یک ذره را همزمان با دقت نامحدود اندازه‌گیری کرد:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq 2\hbar$$

در این معادله:

Δx خطای اندازه‌گیری موقعیت.

Δp خطای اندازه‌گیری تکانه.

$\hbar$ ثابت پلانک تقسیم بر 2π .

◆ این اصل، اساساً از طبیعت موجی-ذره‌ای الکترون‌ها ناشی می‌شود و نشان می‌دهد که در مقیاس‌های زیراتمی، اندازه‌گیری دقیق ویژگی‌های ذرات ممکن نیست.

۵. پی‌آمدها و تغییرات در مدل اتمی

◆ بر اساس مکانیک کوانتومی و معادله شرودینگر، الکترون‌ها دیگر به‌طور کلاسیک در مدارهای ثابت حرکت نمی‌کنند، بلکه به‌صورت احتمالی در نواحی خاص اطراف هسته وجود دارند. این مناطق احتمالاً به نام مدارهای اتمی یا اوربیتال‌ها شناخته می‌شوند. ◆ در این مدل:

الکترون‌ها به جای قرار داشتن در مسیرهای ثابت، در حال جابه‌جایی در فضا هستند.

مناطق با چگالی بالاتر احتمال پیدا شدن الکترون را نشان می‌دهند و این مناطق به صورت اوربیتال‌های اتمی مدل می‌شوند.

کشف کوارک‌ها و مدل استاندارد (دهه‌ی ۱۹۶۰)

در دهه‌ی ۱۹۶۰، فیزیکدانان وارد مرحله‌ای جدید از درک ساختار ماده شدند که در آن کوارک‌ها به عنوان اجزای بنیادی و اصلی سازنده‌ی ذرات هادرونی (مانند پروتون‌ها و نوترون‌ها) معرفی شدند. این کشف و مدل‌هایی که از آن زمان توسعه یافت، به مدل استاندارد فیزیک ذرات بنیادی تبدیل شد. مدل استاندارد، یک چارچوب نظری است که تمامی ذرات بنیادی و نیروهای حاکم بر آن‌ها را توضیح می‌دهد.

۸. کشف کوارک‌ها و مدل استاندارد (دهه‌ی ۱۹۶۰)

موری گل‌مان (Murray Gell-Mann) و جرج زویگ (George Zweig) مفهوم کوارک را پیشنهاد کردند. ذراتی مانند پروتون و نوترون از کوارک‌ها تشکیل شده‌اند.

مدل استاندارد فیزیک ذرات شکل گرفت که شامل الکترون‌ها، نوترینوها، کوارک‌ها و ذرات بوزون مانند فوتون و گلئون است.

۱. پیش‌زمینه: مشکلات و سوالات پیشین

◆ پیش از دهه‌ی ۱۹۶۰، فیزیک‌دانان می‌دانستند که پروتون‌ها و نوترون‌ها هادرون‌هایی هستند که در هسته‌ی اتم قرار دارند، اما آن‌ها نمی‌دانستند که این ذرات از چه چیزهایی تشکیل شده‌اند.

◆ در اواسط قرن بیستم، آزمایش‌ها نشان دادند که این ذرات به نظر می‌رسند به ذرات کوچک‌تری تجزیه‌پذیر باشند، اما ماهیت و ویژگی‌های این ذرات هنوز مبهم بود.

◆ به علاوه، پایداری هادرون‌ها و وجود خانواده‌های مختلف ذرات (مانند مزون‌ها) به پیچیدگی‌های زیادی دامن می‌زد.

۲. معرفی کوارک‌ها: آغاز نظریه‌ی کوارک‌ها

◆ در دهه‌ی ۱۹۶۰، ماریو زیویو (Murray Gell-Mann) و جورج زویکا (George Zweig) به طور مستقل از یکدیگر فرضیه‌ای برای توضیح ساختار هادرون‌ها ارائه دادند.

◆ آن‌ها پیشنهاد کردند که پروتون‌ها، نوترون‌ها و دیگر هادرون‌ها از ذرات بنیادی کوچکتری به نام کوارک ساخته شده‌اند.

◆ این نظریه به این صورت بود که هر هادرون می‌تواند از ترکیب سه کوارک با ویژگی‌های خاصی تشکیل شده باشد.

۳. ویژگی‌های کوارک‌ها

◆ کوارک‌ها به طور مستقیم قابل مشاهده نیستند، چرا که آن‌ها همیشه به صورت ترکیب‌های پایدار درون ذرات بزرگتر (مثل پروتون‌ها و نوترون‌ها) وجود دارند و در طبیعت به صورت آزاد یافت نمی‌شوند.

◆ ویژگی‌های مهم کوارک‌ها عبارتند از:

شش نوع (فامیلی) کوارک:

کوارک بالا ((up

کوارک پایین ((down

کوارک شگفت‌انگیز ((charm

کوارک عجیب ((strange

کوارک سنگین ((top

کوارک پایین ((bottom

ویژگی‌های کوارک‌ها

بار الکتریکی: هر کوارک دارای بار الکتریکی خاص خود است. مثلاً، کوارک بالا دارای بار $+2/3e$ و کوارک پایین دارای بار $-1/3e$ است.

رنگ: کوارک‌ها همچنین خاصیت رنگ دارند، که مفهومی است در فیزیک کوانتومی مربوط به نیروهای هسته‌ای قوی. همچنین کوارک‌ها دارای ویژگی‌هایی مثل اسپین و جرم خاص خود هستند.

◆ ترکیب‌های مختلف کوارک‌ها به هادرون‌ها (مانند پروتون‌ها و نوترون‌ها) و مزون‌ها (ذرات بوزونی که از دو کوارک ترکیب می‌شوند) تبدیل می‌شوند.

۴. آزمایش‌ها و تأیید نظریه‌ی کوارک‌ها

◆ ایده‌ی کوارک‌ها ابتدا به صورت نظری مطرح شد، اما آزمایش‌های مختلف در دهه‌های بعدی کمک کردند تا وجود کوارک‌ها تأیید شود.

◆ مهم‌ترین شواهد آزمایشگاهی که منجر به تأیید وجود کوارک‌ها شدند، مربوط به پراکنده‌سازی ذرات در برخورددهنده‌ها بود. در این آزمایش‌ها، پراکنده‌سازی الکترون‌ها با پروتون‌ها و دیگر هادرون‌ها نشان داد که هادرون‌ها می‌توانند به ذرات کوچک‌تر تجزیه شوند که همان کوارک‌ها بودند.

کشف بوزون هیگز (۲۰۱۲) - آخرین قطعه‌ی مدل استاندارد

یکی از بزرگ‌ترین دستاوردهای فیزیک مدرن، کشف بوزون هیگز در سال ۲۰۱۲ بود که آخرین قطعه‌ی گمشده‌ی مدل استاندارد فیزیک ذرات را تکمیل کرد. این کشف نه تنها به درک ما از چگونگی جرم گرفتن ذرات بنیادی کمک کرد، بلکه صحت مدل استاندارد را نیز تأیید نمود.

در آزمایش‌های سرن (CERN) با استفاده از برخورددهنده‌ی بزرگ هادرونی (LHC)، بوزون هیگز کشف شد. این ذره نقش اساسی در توضیح جرم سایر ذرات دارد.

۱. پیش زمینه: چرا بوزون هیگز مهم است؟

◆ مدل استاندارد فیزیک ذرات، تمام ذرات بنیادی و نیروهای حاکم بر آن‌ها را توصیف می‌کند، اما یک سؤال اساسی تا پیش از ۲۰۱۲ بی‌پاسخ مانده بود: چرا برخی از ذرات مانند پروتون و نوترون جرم دارند، اما فوتون (ذره‌ی نور) بدون جرم است؟

◆ در دهه‌ی ۱۹۶۰، پیتر هیگز (Peter Higgs) و همکارانش (فرانسوا انگلرت، رابرت بروت و دیگران) پیشنهاد دادند که یک میدان جدید، به نام میدان هیگز (Higgs Field)، در سراسر جهان وجود دارد.

◆ این میدان باعث می‌شود که برخی ذرات بنیادی هنگام حرکت در فضا، جرم کسب کنند. اما برای اینکه این میدان وجود داشته باشد، باید یک ذره‌ی بنیادی خاص نیز وجود داشته باشد که به آن بوزون هیگز (Higgs Boson) می‌گویند.

۲. نظریه‌ی بوزون هیگز و میدان هیگز

◆ میدان هیگز را می‌توان به یک مایع نامرئی در فضا تشبیه کرد که تمام ذرات در آن شناورند.

◆ زمانی که یک ذره از این میدان عبور می‌کند، بسته به نوع برهم‌کنش آن با میدان، می‌تواند جرم به دست آورد.

◆ ذراتی که برهم‌کنش بیشتری دارند، جرم بیشتری خواهند داشت، و ذراتی که برهم‌کنش ندارند (مانند فوتون) بدون جرم باقی می‌مانند.

◆ بوزون هیگز در واقع نمایانگر یک حالت برانگیخته از میدان هیگز است که می‌توان آن را در شتاب‌دهنده‌های ذرات تولید و آشکارسازی کرد.

۳. تلاش برای کشف بوزون هیگز

◆ از زمان پیشنهاد این نظریه در دهه‌ی ۱۹۶۰، دانشمندان برای یافتن شواهد تجربی بوزون هیگز تلاش می‌کردند.

◆ برای این کار، نیاز به برخورددهنده‌های پرانرژی بود که بتوانند این ذره را تولید کنند.

◆ آزمایش‌هایی در شتاب‌دهنده‌های Fermilab (Tevatron) و CERN (LHC - Large Hadron Collider) انجام شد تا سرانجام بتوان بوزون هیگز را کشف کرد.

۴. کشف بوزون هیگز در سرن (۲۰۱۲)

◆ در ۴ ژوئیه ۲۰۱۲، دانشمندان در مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا (CERN) اعلام کردند که در برخورددهنده‌ی بزرگ هادرونی (LHC) موفق به کشف ذره‌ای شده‌اند که خواص آن با بوزون هیگز مطابقت دارد.

◆ این کشف در دو آزمایش مهم ATLAS و CMS تأیید شد و نشان داد که ذره‌ای با جرم حدود ۱۲۵ گیگا الکترون‌ولت (GeV) وجود دارد.

◆ در سال ۲۰۱۳، جایزه‌ی نوبل فیزیک به پیتر هیگز و فرانسوا انگلرت اهدا شد، چرا که این کشف نظریه‌ی آن‌ها را تأیید کرد.

۵. اهمیت کشف بوزون هیگز

- ◆ کشف بوزون هیگز تأییدی بر این بود که میدان هیگز واقعاً وجود دارد و مدل استاندارد فیزیک ذرات کامل است.
- ◆ این کشف به درک چگونگی ایجاد جرم در جهان کمک کرد.
- ◆ همچنین، راه را برای کشف فیزیک فراتر از مدل استاندارد، مانند ماده تاریک و گرانش کوانتومی، باز کرد.

۶. پرسش‌های باقی‌مانده و آینده‌ی تحقیقات

◆ آیا بوزون هیگز تنها یک ذره است، یا ممکن است انواع دیگری از هیگز وجود داشته باشند؟

◆ چگونه میدان هیگز با انرژی‌های بالاتر (مانند انرژی‌های اولیه‌ی جهان) رفتار می‌کند؟

◆ آیا بوزون هیگز می‌تواند ارتباطی با ماده‌ی تاریک داشته باشد؟

✓ دانشمندان همچنان به مطالعه‌ی دقیق‌تر بوزون هیگز و نقش آن در فیزیک ذرات ادامه می‌دهند.