

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جلسه ی دوم فیزیکی  
الکتریسیته ی ساکن

قانون کولن و نیروی الکتریکی ، پایداری بار ، کوانتیده  
بودن بار ، اندازه گیری بار الکتریکی

$$\left[ M \frac{\partial}{\partial M} + \beta(g) \frac{\partial}{\partial g} + n\gamma \right] G^n(x_1, x_2, \dots, x_n; M, g) = 0$$

تهیه کنندگان :  
اشکان طاهری درخش  
میلان نیکنامی  
کیارش رضایی  
با تشکر از جناب آقای یوسفی

# قانون کولن و نیروی بار الکتریکی

در سال 1785 ، فیزیکدانی فرانسوی به نام کولن به بررسی تأثیر مقدار بارها و فاصله آن ها بر نیروی الکتریکی ایجاد شده پرداخت . کولن برای اندازه گیری نیروی الکتریکی از ترازوی پیچشی استفاده می کرد . تصویر این وسیله در شکل زیر دیده می شود .

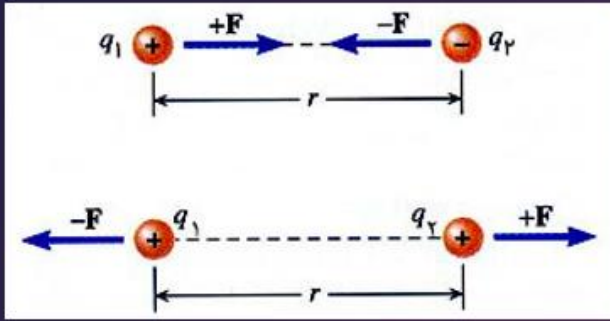
کولن بر اساس آزمایش های متعدد دریافت که اگر فاصله بین بارها دو برابر شود، نیروی بین آن ها يك چهارم و اگر فاصله بین بارها سه برابر شود نیروی بین آن ها يك نهم خواهد شد. چنین رفتاری را رابطه عکس مربع می گویند زیرا با زیاد شدن فاصله، نیرو کم شده و میزان کاهش با مربع فاصله رابطه دارد.

کولن همچنین مشاهده کرد که اگر بار روی یکی از دو جسم را نصف کند ، نیرو نصف شده و اگر بار هر دو جسم نصف شود ، نیرو يك چهارم می گردد . این بدان معنی است که مقدار نیرو با حاصل ضرب دو بار رابطه دارد .  
این دو موضوع در يك قانون به نام قانون کولن ترکیب می شود :

$$F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$$

در این رابطه ،  $Q$  مقدار بار روی دو جسم و  $r$  فاصله بین مراکز بارها می باشد .  $K$  مقدار ثابتی است که بستگی به جنس محیط و واحدهای انتخاب شده برای نیرو ، بار و فاصله دارد .





آزمایش نشان می دهد که راستای نیروی الکتریکی  
منطبق بر خط واصل بین دو بار است . اگر علامت بارها  
مخالف باشد ، نیرو جاذبه و اگر علامت بارها یکی باشد نیرو  
دافعه خواهد بود .

تاکنون بار واحد الکتریکی را تعریف نکرده ایم ، مقدار این واحد به روشی مستقل و با توجه به نیروی بین سیم‌های  
حامل جریان تعیین می‌شود ، این واحد کولن نامیده می‌شود . با مشخص شدن واحد بار ، مقدار  $K$  به وسیله آزمایش به  
دست می‌آید :

$$F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1 \times 1} = 9 \times 10^9 N$$

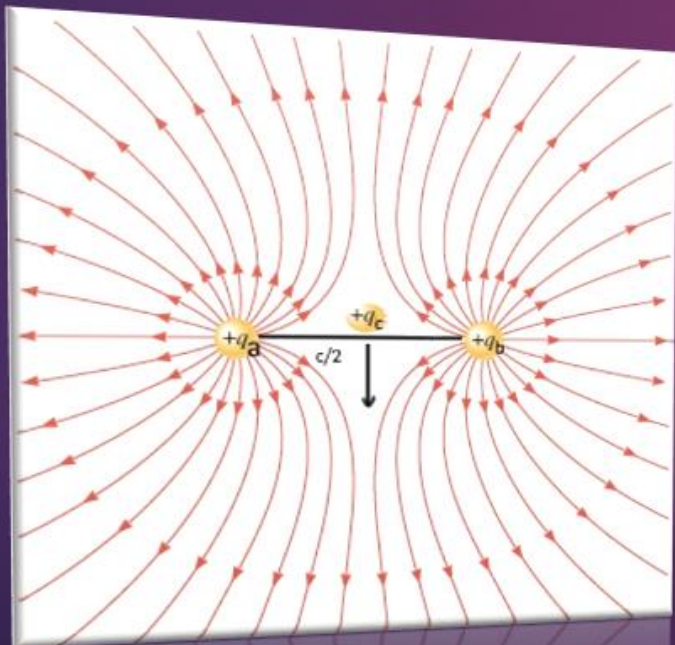
یک کولن بار بسیار بزرگی است، به عنوان مثال دو کره با بار یک کولن و در  
فاصله 1 متر از یکدیگر، نیرویی برابر با:

$$K = 8/988 \times 10^9 N \cdot \frac{m^2}{C^2} \approx 9/0 \times 10^9 N \cdot \frac{m^2}{C^2}$$

مقدار باری که در ابرها باعث رعد و برق شدید می‌شود حدود  
25 کولن است . بارهایی که در آزمایشگاه و اطرافمان مشاهده می‌کنیم  
حدود چند میکروکولن می‌باشند ، به عنوان مثال وقتی روی موکت راه  
می‌روید ، مقدار بار انتقال یافته به بدن شما یک میلیونوم کولن است .

## دید کلی در مورد پایدگی بار

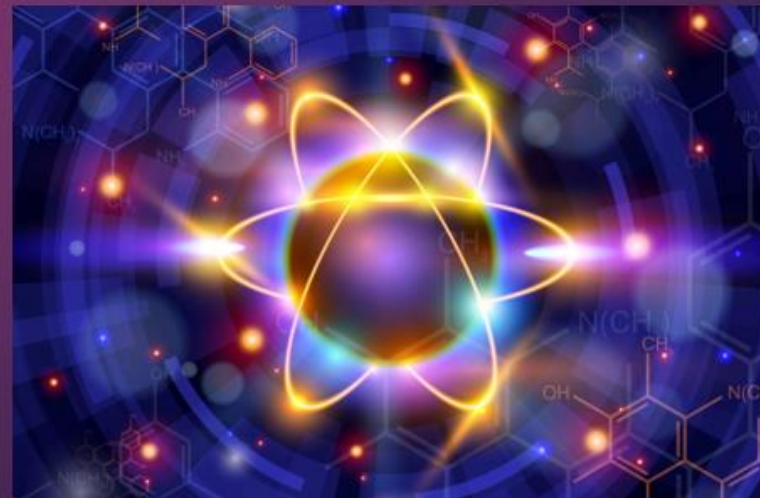
یک توپ را با میله پلاستیکی و دیگر را میله شیشه ای باردار کنید سپس آنها را به هم بچسبانید . گاهی دوبار ناپدید می شوند و همدیگر را از بین می برند . برای بیان این مساله می توان از یک قانون ریاضی مبنی بر اینکه اگر حاصل جمع دو کمیت صفر شود ، یکی از آن دو مثبت و دیگری منفی است ، استفاده نمود . طبق قرارداد به میله پلاستیکی را بار منفی و میله شیشه ای را بار مثبت نسبت داده اند .



# پایستگی بار

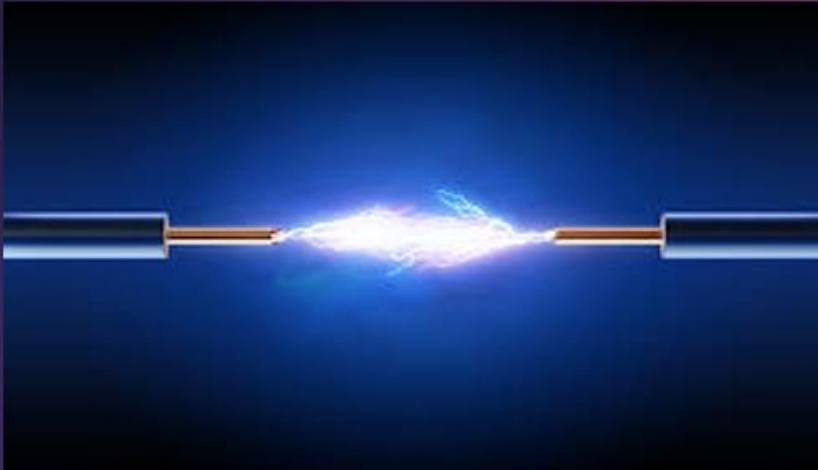
در فیزیک ، پایستگی بار قانونی است که بیان می دارد بار الکتریکی نه به وجود می آید نه از بین می برد . یکسان بودن مجموع بارهای کل جهان باعث می شود به آن یک کمیت پایسته بگویند . اولین بار این قانون توسط فیزیک دان آمریکایی بنجامین فرانکلین در 1747 بیان شد .

اکنون کشف و بیان شده است در اینجا و اروپا که آتش الکتریکی یک عنصر واقعی یا نوعی از ماده است با اصطکاک به وجود نمی آید بلکه فقط جمع آوری می شود .





## در مورد قانون پایستگی بار الکتریکی



همه اجسام دارای ذراتی با بار الکتریکی مثبت و منفی هستند. این ذرات همان اتمهایی هستند که جهان مادی را می‌سازند. ابعاد این اتمها از مرتبه آنگستروم است. چندین میلیون از این اتمها، در کنار هم، چیزی در حدود یک نقطه نمایان می‌شوند. هر اتم از لحاظ بار الکتریکی خنثی است، زیرا به تعداد مساوی بار مثبت و منفی دارد. بار مثبت اتم و تقریباً تمامی جرم آن، در مرکز آن، یعنی در هسته متمرکز شده است. ابعاد هسته ده هزار برابر کوچکتر از ابعاد کل اتم است. هسته یک خوشه محکم به هم چسبیده متشکل از دو نوع ذره پروتونها و نوترونهاست.

تراکم جرم در این ذرات غیر قابل تصور است. یک تفاوت مهم بین پروتونها و نوترونها این است که پروتونها دارای بار الکتریکی مثبت بوده ولی نوترونها از نظر بار الکتریکی خنثی هستند. تعداد پروتونها هسته، عنصر شیمیایی را که هسته به آن تعلق دارد، مشخص می‌کند، با این حال قسمت اعظم فضای اتم خالی است، در ناحیه اطراف هسته تعدادی ذره با بار الکتریکی منفی به نام الکترون وجود دارد. جرم الکترون کم است، اما بار آن منفی و مقدارش برابر مقدار بار روی پروتون است. از اینرو در یک اتم خنثی تعداد الکترونها در فضای اطراف هسته درست برابر تعداد پروتونها در داخل هسته است. الکترونها توسط نیروی جاذبه الکتریکی در نزدیکی هسته به آن مقید می‌شوند.

## قانون بقای الکتریکی

گاهی یک تماس ساده میان اجسام ممکن است باعث شود که تعدادی الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل شود. وقتی میله پلاستیکی با خز مالش داده می‌شود، برخی الکترونها از خز به میله پلاستیکی منتقل می‌شوند. ممکن است تعداد الکترونهايي که به میله پلاستیکی منتقل می‌شوند، در حدود 109 باشد که ظاهراً زیاد است. تعداد کل الکترونهاي موجود در میله پلاستیکی در حدود 10 به توان 24 است.

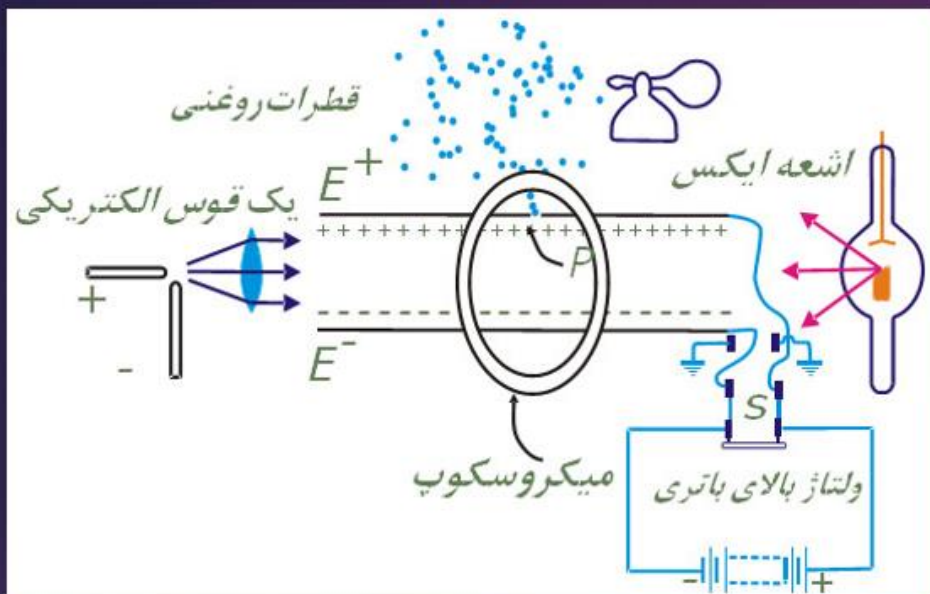




در فلزات بستگی الکترونها به هسته ضعیف است و الکترونها می توانند آزادانه در داخل ماده حرکت کنند . چون بار به راحتی در داخل میله ی فلزی به هم وصل نماییم ، هر دو کره خنثی می شوند . ماده ای که بار الکتریکی را از خود عبور می دهد رسانا نامیده می شود . در جامدات ، فقط الکترونها می توانند حرکت کنند . اما آب شور یا گاز داخل لامپ فلئورسانس رساناهای بسیار خوبی هستند . زیرا حاملین بار مثبت و منفی هر دو تحت تاثیر نیروی الکتریکی می توانند آزادانه حرکت کنند . به دقت ملاحظه می شود .

به عبارتی نحوه مبادله بار به توسط قانون بقای بار صورت مدر تمام فرایندهای مبادله بار و انتقالات اخیر قانون بقای بار الکتریکی می گیرد . در واکنش های شیمیایی این قانون همانند قانون بقای جرم ظاهر می شود و واکنش را از نظر الکتریکی مجاز می داند که در طرفین واکنش مجموع بارهای الکتریکی برابر باشند .

## آزمایش اندازه گیری بار الکتریکی

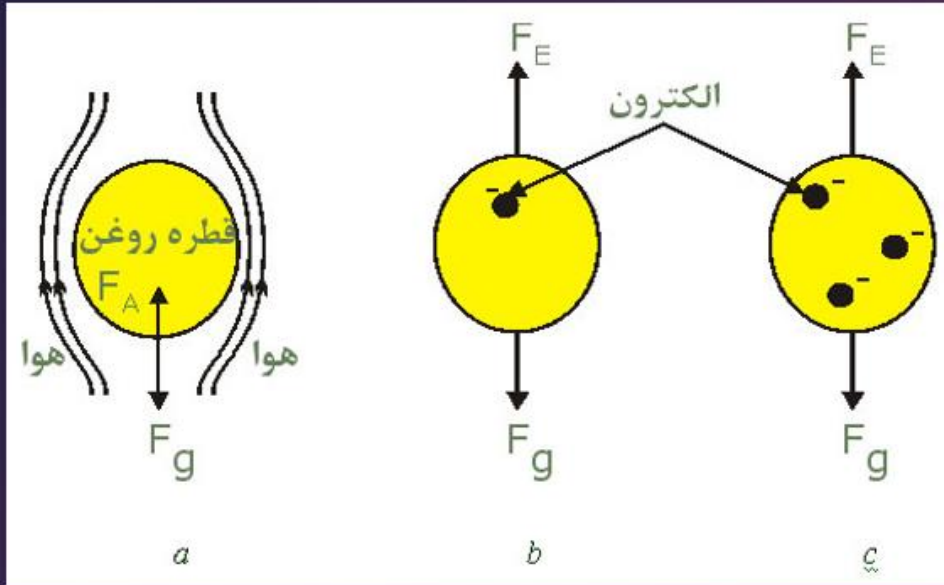


رابرت میلیکان دانشمند امریکایی توانست با طراحی یک آزمایش هوشمندانه مقدار بار الکتریکی الکترون را اندازه گیری نماید . آزمایش میلیکان به این شرح است (در زمان آزمایش رابرت میلیکان به تازگی اشعه ی ایکس کشف شده بود) :

در آن زمان همه می دانستند که تابش این اشعه در یک محیط ، یونیزاسیون ایجاد می کند و مولکولهای هوا را تبدیل به یونهای مثبت می سازد ، تا حدی نظیر آنچه در حباب کروکس در اثر برخورد الکترونها با مولکولها روی می دهد . میلیکان محفظه ای مطابق شکل زیر ساخت که از قسمت بالای آن قطرات ریز روغن را به وسیله قطره چکان رو به پایین می ریخت و هوای محفظه را تحت تأثیر اشعه ی ایکس قرار می داد .



## ادامه ی شرح آزمایش



مشاهده می‌شود که نشانه وجود ذرات با بارهای متفاوت بود . میلیکان اندازه گیری های بسیار زیادی انجام داد و از روابط مربوط به حرکت قطرات باردار ، بار قطره ها را محاسبه نمود و به این نتیجه مهم رسید که این مقادیر بار همواره مضرب صحیحی است از کولن که کوچکترین مقدار بار یافت شده در این آزمایش بود .

از نظر مقداری این بار مساوی یون بود که از راه الکترولیز ، از تقسیم عدد فاراده بر عدد آووگادرو بدست می‌آید . با توجه به نسبت که برای یون های و الکترون توسط تامسون محاسبه شده بود ، منطقی بود که کوچکترین مقدار بار منفی را به الکترون نسبت دهند و بنابراین قبول کنند که جرم الکترون در حدود دو هزار مرتبه کوچکتر از جرم یون (پروتون) است . اولین محاسبات ، جرم الکترون را با دو رقم معنی دار برابر با به دست می‌داد .

الکترونهاى آزاد شده در اثر تابش اشعه به مولكولهاى نيتروژن و اكسيژن هوا و يا يك گاز بى‌اثر به وسيله قطرات ريز روغن جذب مى‌شوند . بدین ترتیب ذره های درشتی بدست می‌آید که بار الکتریکی ذرات ریز را در بر داشتند. در مسیر قطره ها ، خازن مسطحی که در صفحه بالایی آن گذرگاهی برای عبور قطره ها تعبیه شده بود قرار می‌داد . اگر بین دو صفحه اختلاف پتانسیل نباشد ، قطره ها تحت تأثیر وزن خود و مقاومت هوا سقوط می‌کنند . ولی اگر بین دو صفحه اختلاف پتانسیلی برقرار شود ، قطره‌ها تحت تأثیر نیروی الکتریکی نیز واقع می‌شوند .



# کوانتیده بودن بار

اصل کوانتیده بودن بار: یعنی بار الکتریکی يك جسم باردار همواره مضرب درستي از بار بنيادي  $e$  است:

(+) زمانی که جسم الکترون از دست می‌دهد →

$q = \pm ne$  و  $n = 0, 1, 2, \dots$

(-) زمانی که جسم الکترون بگیرد →

در این رابطه  $n$  تعداد الکترون های مبادله شده است.