☑ بخش۲: محاسبهٔ بار الکتریکی

اندازهٔ بار الکتریکی که یک الکترون و یا یک پروتون با خود دارند، با هم برابر است. مقدار این بار برابر با $e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$ است که به آن **بار بنیادی** گفته می‌شود و یکای آن نیز کولن است. با این تفاوت که علامت بار الکترون منفی و علامت بار پروتون مثبت است.

← معلوم می‌شود که هر الکترون، مقدار $-e$ و هر پروتون مقدار $+e$ بار الکتریکی برای جسم فراهم می‌کند.

← **مقدار بار خالص هر جسم، برابر است با:**
- پس اگر جسمی n الکترون به دست آورد بار آن $-ne$ می‌شود.
- و اگـــر جسمی n الکترون از دست بدهد بار آن $+ne$ می‌شود.

$$q=\pm ne$$

← **q:** مقدار بار جسم (کولُن-C)
← **n:** تعداد بار مثبت یا منفی
← **e:** $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$

$n=۰,۱,۲,...$

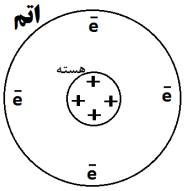
نکته: n فقط بیانگر تعدادِ الکترون‌هایی است که در جریان باردار شدن جسم، انتقال یافته است. مثلاً یک جسم، چه ۵ الکترون بگیرد و چه ۵ الکترون از دست بدهد، n برابر ۵ است. پس **مقدار n همیشه مثبت است** و به علامت بار بستگی ندارد. لذا می‌توان نوشت: $n=\left|\frac{q}{e}\right|$

نکتهٔ مهم: با استفاده از رابطهٔ $q=\pm ne$ می‌توان تعداد بار(n) و مقدار بار (q) را به یکدیگر تبدیل کرد. (همیشه به یاد داشته باشید!)

کتاب درسی ○ مثال ۱-۱

* نحوهٔ محاسبهٔ بار الکتریکی در اتم‌ها و یون‌ها

محاسبهٔ مقدار بار الکتریکی برای یک اتم یا یون، تفاوتی با محاسبهٔ مقدار بار الکتریکی یک جسم ندارد، اما چون اتم از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است، باید آشنایی کافی با ساختار اتم و همچنین نماد علمی اتم و نیز معنای یون داشته باشیم تا قبل از حل یک مسئله، خواستهٔ مسئله را به طور درست تشخیص داده باشیم. از آنجایی که این موارد در درس **شیمی** مورد بررسی قرار می‌گیرد، در بخش زیر، خلاصهٔ تمام آنچه مورد نیاز است را برای یادآوری و فهم بهتر موضوع، ذکر کرده‌ایم.



← هر اتم در نقطهٔ میانی خود دارای یک هسته است و پروتون‌های اتم که دارای بار مثبت هستند درون آن قرار دارند.
← الکترون‌های هر اتم در بیرون هسته قرار دارند و دارای بار منفی هستند.
← در حالت عادی، تعداد الکترون‌های هر اتم با تعداد پروتون‌های آن برابر است و اتم **خنثی** است.
← اگر اتم خنثی، الکترون از دست بدهد یا الکترون بگیرد، باردار می‌شود (به یون + یا - تبدیل می‌شود).

$^{A}_{Z}X$ اتم — A: عدد جرمی — Z: عدد اتمی

← در نماد اتم، دو ویژگی ذکر می‌شود: عدد اتمی و عدد جرمی. در محاسبهٔ بار الکتریکی، فقط عدد اتمی(Z) به کار ما می‌آید.
← عدد اتمی که در پایین نماد اتم نوشته می‌شود، برابر با تعداد پروتون‌های اتم (که در هسته قرار دارند) است.
← در اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها برابر است (**پس در اتم خنثی**: تعداد الکترون **=** تعداد پروتون **=** Z(عدد اتمی)).

$^{n\pm}_{Z}X$ یون

← وقتی اتم **باردار** می‌شود، تبدیل به یون(-یا+) می‌شود و در بالای نماد اتم، یک عدد همراه با علامت - یا + قرار می‌گیرد.
← علامت مثبت به معنای از دست دادن الکترون (گرفتن پروتون)، و علامت منفی به معنای گرفتن الکترون توسط اتم است.
← در این حالت، عدد اتمی(Z) بیانگر تعداد پروتون‌های اتم(هسته) و عدد $n\pm$ بیانگر تعداد بار خالص اتم است.
← تعداد بار خالص اتم برابر است با: جمع جبری بارهای مثبت و منفی (تعداد پروتون **منهای** تعداد الکترون)

توجه: در سوال‌های امتحانی مربوط به این قسمت، **اولین چیزی که باید به آن توجه کنید** این است که ببینید مسئله، مقدار بارِ کدام قسمت از اتم را خواسته است؟ آیا مقدار بار الکترون‌های اتم را می‌خواهد؟ آیا مقدار بار هسته را می‌خواهد؟ یا مقدار بار اتم را می‌خواهد؟ ... توجه کنید که مقدار بار اتم، همان بار خالص اتم است و اگر اتم خنثی باشد، مقدار بار اتم صفر است و اگر باردار باشد، تعداد و علامت این بار در بالای آن نشان داده شده است و باید با استفاده از رابطهٔ $q=\pm ne$ این تعداد بار را به مقدار بار تبدیل کنید. همچنین ممکن است در برخی از مسائل تعداد الکترون یا پروتون اتم را از شما بخواهند که در این صورت، با توجه به این نکته که « تعداد بار خالص اتم = تعداد پروتون **منهای** تعداد الکترون »، می‌توانید آن را محاسبه نمایید... آنچه محاسبهٔ **بار اتم** را از محاسبهٔ **بار جسم** متمایز می‌کند، توجه به همین نکات است.

تمرین ۱-۱ کتاب درسی عدد اتمی اورانیوم $Z = ۹۲$ است. بار الکتریکی هستهٔ اتم اورانیم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیم (خنثی) چه مقدار است؟ بار الکتریکی اتم اورانیم (خنثی) چقدر است؟

پاسخ: می‌دانیم که عدد اتمی، تعداد پروتون‌های هستهٔ اتم را نشان می‌دهد. پس در هستهٔ اورانیوم ۹۲ پروتون (بار مثبت) وجود دارد.

$$q=+ne \rightarrow q_{\text{هسته}}=+۹۲e \rightarrow q_{\text{هسته}} = ۹۲\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C) = ۱/۴۷\times۱۰^{-۱۷}\,C$$

اتم اورانیوم در این مسئله خنثی است، پس تعداد الکترون‌ها در آن با تعداد پروتون‌ها برابر است. در نتیجه این اتم ۹۲ الکترون (بار منفی) دارد.

$$q=-ne \rightarrow q_{\text{الکترون‌ها}}=-۹۲e \rightarrow q_{\text{هسته}} = -۹۲\times(۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\,C) = -۱/۴۷\times۱۰^{-۱۷}\,C$$

بار الکتریکی اتم، همان بار خالص اتم است که برابر است با جمع جبری بارهای مثبت و منفی (بار مثبت همان بار هسته و بار منفی نیز بار الکترون‌هاست).

$$q_{\text{اتم}} = q_{\text{مثبت هسته}} + q_{\text{منفی الکترون‌ها}} = ۱/۴۷\times۱۰^{-۱۷}\,C + (-۱/۴۷\times۱۰^{-۱۷}\,C) = ۰$$

(می‌دانیم که بار اتمِ خنثی همیشه صفر است، اما در این تمرین خواستیم که آن را با محاسبه نشان دهیم.)

مثال ۱ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۳): الف) بار الکتریکی اتم و هستهٔ اتم کربن ($^{12}_{6}C$) چند کولن است؟

ب) بار الکتریکی اتم کربنِ یک بار یونیده (C^{+}) چقدر است؟

* بیان دو اصل در بارهای الکتریکی

(تعریف این دو اصل، بسیار مهم هستند و باید آن‌ها را حفظ باشید!)

❖ ۱- اصل کوانتیده بودن بارهای الکتریکی: همیشه بار الکتریکی مشاهده شدهٔ اجسام، مضرب درستی(صحیحی) از بار بنیادی e است.

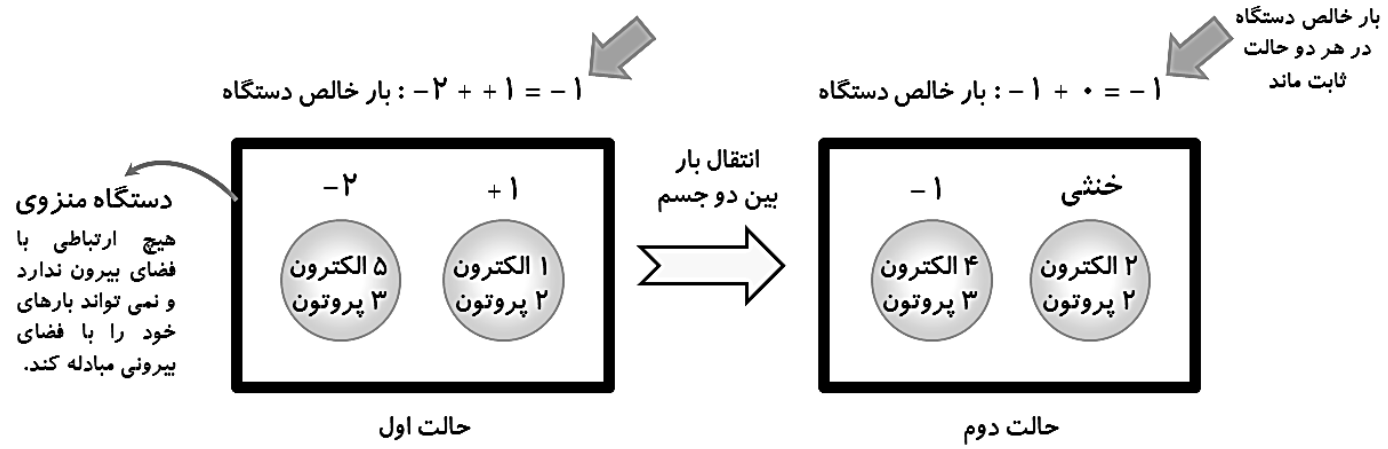
توضیح: این اصل، در واقع شرح رابطهٔ $q=\pm ne$ است. در این رابطه، n همیشه یک مضرب صحیح برای بار بنیادی(e) است، زیرا بیانگر تعداد بار است و تعداد بار نیز نمی‌تواند جز عددی صحیح باشد. هر الکترون، همانند یک شخصیت کامل بوده و متمایز از دیگر الکترون‌هاست و قابل تقسیم هم نیست، یعنی نصف الکترون وجود ندارد. لذا الکترون‌ها و پروتون‌ها، دانه‌دانه شماره می‌شوند. یعنی مقدار بار جسم، در هر دفعه اضافه یا کم شدن هر الکترون به اندازهٔ بار یک الکترون افزایش یا کاهش می یابد و بین دو حالتِ آن، هیچ حالت و مقدار دیگری موجود نیست. مثلاً نمی‌توانیم بگوییم که جسم ۱/۵ ذره الکترون از دست داد! این معنای کوانتیده بودن است. بر این اساس، تعداد دانش آموزان یک کلاس و همچنین تعداد تخم‌مرغ‌های درون یک ظرف نیز، کوانتیده هستند. لذا نمی‌توانیم ۲۴/۳ دانش آموز در یک کلاس و ۱۲/۴ تخم مرغ در یک ظرف داشته باشیم.

کوانتیده بودن به معنای گسسته بودن است که مفهومی در مقابل پیوسته بودن دارد. مثلاً **زمان** یک کمیت پیوسته است و اجزای آن دانه‌دانه و گسسته از هم نیستند. لذا میان ۰ و ۱ثانیه، تعداد بی شماری زمان وجود دارد که می‌توان به آن اشاره کرد. مثل: ۰/۵ ثانیه یا ۰/۰۱۲ ثانیه.

(اینکه هر ۱ ثانیه را واحد زمان قرار می‌دهیم، یک امر قراردادی است، اما هر الکترون واقعاً ۱ الکترون است! و قابل تقسیم نیست.)

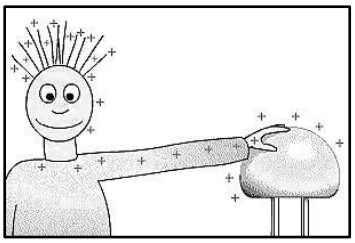
❖ **۲- اصل پایستگی بارهای الکتریکی:** مجموع جبری همهٔ بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

توضیح: چنانکه در شکل زیر مشاهده می‌کنید، اگر جسم باردار سمت چپ، یک الکترون خود را به جسم سمت راست بدهد، بار خالصِ هر کدام از جسم‌ها تغییر می‌کند. یعنی بار جسم سمت چپ از ۲- به ۱- و بار جسم سمت راست از ۱+ به صفر می‌رسد. اما جمع جبری همهٔ بارهای دستگاه (که همان بار خالص دستگاه است) ثابت می‌ماند.



برای مثال می‌توان گفت که اگر چند نفر که با هم دوست هستند، بخشی از پول‌های نقدی که در جیب دارند را به یکی از افراد خودشان قرض بدهند، پس از قرض دادن پول، مقدار پول‌های داخل جیب هرکدام از آن‌ها تغییر می‌کند (آن‌ها که قرض داده‌اند پولشان کم شده و شخصی که قرض گرفته پولش زیاد شده) اما باز هم جمع همهٔ پول‌های آن‌ها مانند قبل است، زیرا پول جدیدی تولید یا نابود نشده، بلکه فقط بین افراد جابه‌جا شده است.

* روش‌های باردار کردن اجسام

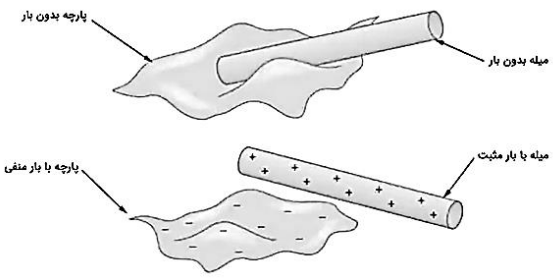


در درس علوم تجربی پایهٔ هشتم، با روش‌های باردار کردن اجسام آشنایی اولیه پیدا کردید. در این فصل نیاز داریم که این روش‌ها را با بار دیگر به صورت دقیق‌تر بررسی نماییم.

به طور کلی، اجسام به ۳ روش باردار می‌شوند: ۱- مالش ۲- تماس ۳- القا

روش اول: مالش اجسام

در این روش که معمولاً برای اجسام نارسانا مورد استفاده قرار می‌گیرد، وقتی دو جسم خنثی (بدون بار) را با یکدیگر مالش می‌دهیم، تعدادی الکترون از یک جسم جدا شده و به جسم دیگر منتقل می‌شوند.



در نتیجه:

- جسمی که الکترون گرفته است، دارای بار منفی می‌شود.
- جسمی که الکترون از دست داده، دارای بار مثبت می‌شود.

ویژگی‌های اجسام بعد از باردار شدن به روش مالشی:

- **بار آن‌ها مخالف هم می‌شود:** *چون یکی الکترون داده(+ شده) و دیگری گرفته(- شده).*
- **اندازهٔ بار هردو مساوی می‌شود:** *چون در ابتدا هر دو خنثی بودند و پس از مالش، همان‌قدر که یکی الکترون داده، دیگری نیز الکترون گرفته است.*
- **بین اجسام باردار، جاذبه ایجاد می‌شود** : *چون بار یکی مثبت و بار دیگری منفی شده است، و بارهای ناهمنام همدیگر را جذب می‌کنند.*

(توجه کنید که در این روش، هر دو جسم در ابتدا خنثی هستند و پس از مالش، هر دو باردار می‌شوند.)

سِری الکتریسیتهٔ مالشی: در رابطه با باردار شدن اجسام به روش مالشی، سوالی پیش می‌آید: **در مالش میان دو جسم، کدام الکترون می‌گیرد و کدام الکترون می‌دهد؟** در پاسخ باید گفت: هرکدام از دو جسم که تمایل بیشتری به گرفتن الکترون داشته باشد (الکترون‌خواهیِ بیشتری داشته باشد) از دیگری الکترون می‌گیرد. بر این اساس، جدولی تنظیم شده است که نشان می‌دهد وقتی دو جسم خنثی در تماس و مالش با یکدیگر قرار می‌گیرند، کدام‌یک الکترون می‌گیرد و کدام‌یک الکترون می‌دهد. این جدول موسوم به **سری الکتریسیتهٔ مالشی** یا **تِریبو الکتریک** است. (شکل مقابل، جایگاه برخی اجسام را در این سری نشان می‌دهد)

جدول۱ـ۱ سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)[1]

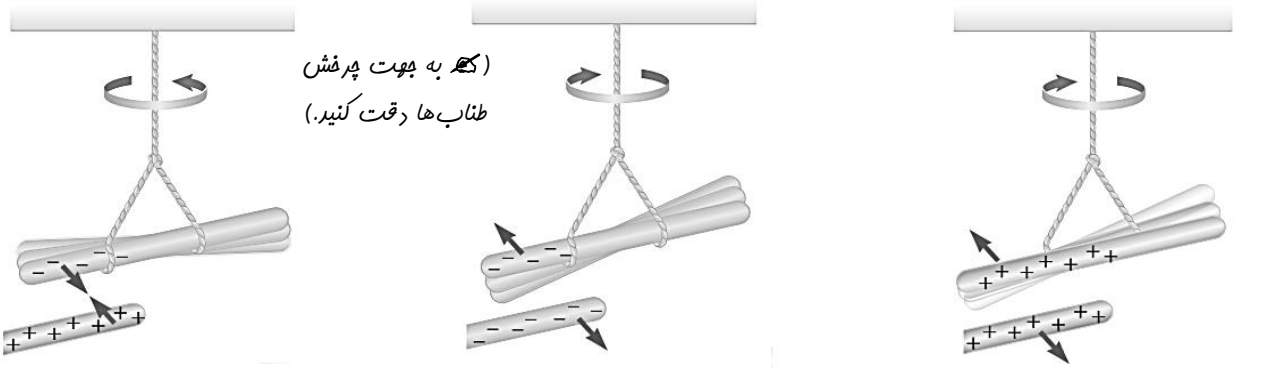
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
ابریشم ⇐
آلومینیم
کاغذ ⇐
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
پلاستیک، پلی‌اتیلن
لاستیک ⇐
تفلون
انتهای منفی سری

❖ **روش استفاده از جدول تریبو الکتریک:** در مالش میان دو جسم، هر جسمی که به انتهای مثبتِ سری، نزدیکتر باشد دارای **بار مثبت** می‌شود (الکترون از دست می‌دهد)؛ و هر جسمی که به انتهای منفیِ سری، نزدیکتر باشد دارای **بار منفی** می‌شود (الکترون می‌گیرد).

مثال:
مالش بین: **کاغذ و ابریشم** ← **کاغذ:** منفی **ابریشم:** مثبت
مالش بین: **کاغذ و لاستیک** ← **کاغذ:** مثبت **لاستیک:** منفی

(چنانکه در این مثال مشاهده کردید، کاغذ در تماس با یک جسم، الکترون گرفت و در تماس با جسم دیگر الکترون داد.)

شکل زیر، مثال دیگری از باردار شدن اجسام از روش مالش و همچنین قانون جاذبه و دافعهٔ بارهای الکتریکی است.



(به جهت چرخش طناب‌ها دقت کنید.)

الف) وقتی دو میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

ب) وقتی دو میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

پ) وقتی میلهٔ پلاستیکی مالش داده شده با پارچهٔ پشمی را به میلهٔ شیشه‌ای مالش داده شده با پارچهٔ ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.

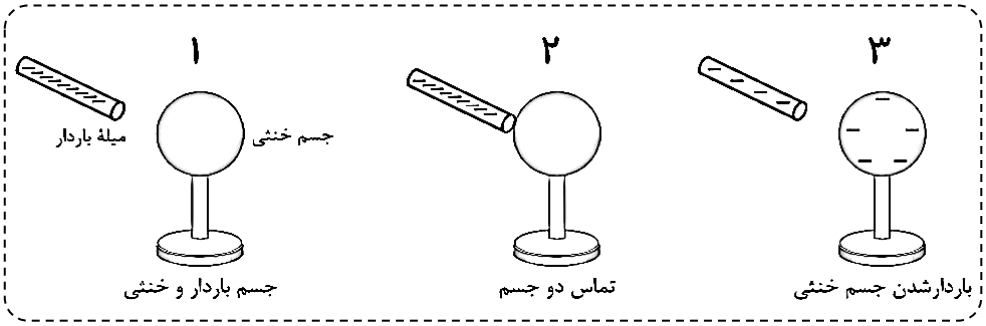
مثال ۲ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲): یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچهٔ پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میلهٔ پلاستیکی $-12/8\ nC$ می‌شود.

الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچهٔ پشمی چقدر است؟

ب) تعداد الکترون‌های منتقل شده از پارچهٔ پشمی به میلهٔ پلاستیکی را محاسبه کنید.

روش دوم: تماس اجسام

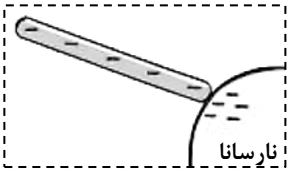
در این روش که معمولاً برای باردار کردن اجسام **رسانا** مورد استفاده قرار می‌گیرد، یک جسم باردار (+ یا -) را به یک جسم خنثی تماس می‌دهند. در اثر این تماس، بخشی از بار الکتریکی جسم باردار به جسم خنثی منتقل شده و جسم خنثی نیز دارای باری همنام با جسم باردار می‌شود.



چنانکه در شکل مقابل مشاهده می‌کنید، میله که دارای مقداری بار منفی است، پس از تماس با کرهٔ خنثی، بخشی از بار منفیِ خود را به کره منتقل می‌کند. لذا از بار منفیِ میله کاسته می‌شود اما همچنان منفی باقی می‌ماند.

o: جسم باردار، در این روش می‌تواند از جنس نارسانا هم باشد، اما جسم خنثی که قرار است باردار شود معمولاً از جنس رسانا می‌باشد.

o: اگر جسم باردار را با جسم خنثای **نارسانا** تماس دهیم، تعدادی از بارها در همان محل تماس بر روی جسم نارسانا باقی می‌مانند و در آن پخش نمی‌شوند. چون الکترون‌ها در جسم نارسانا نمی‌توانند آزادانه حرکت کنند.



ویژگی‌های اجسام بعد از باردار شدن به روش تماسی:

o بار آن‌ها همنام می‌شود: *چون جسم باردار، بار خود را (چه + و چه -) به جسم خنثی داده است و آن را مانند خود کرده است.*

o بین اجسام باردار، دافعه ایجاد می شود: *چون بار هر دو همنام است و بارهای همنام همدیگر را دفع می‌کنند.*

o تفاوت این روش با روش مالش در این است که در مالش، هر دو جسم در ابتدا خنثی هستند اما در اینجا یکی از اجسام از ابتدا باردار است. همچنین در این روش، بر خلاف مالش، دو جسم دارای بار همنام می‌شوند.

نکاتی پیرامون تماس اجسام:

۱- اجسام رسانا، تا هنگامی که در تماس با یکدیگر قرار دارند، همانند یک جسم پیوسته محسوب می‌شوند.

(اتصال اجسام به هم می‌تواند از طریق سیم و یا با تماس مستقیم باشد)

۲- اگر دو یا چند جسم رسانا که **ابعاد مشابه** دارند، در تماس با هم قرار بگیرند، و سپس جدا شوند، بار الکتریکی آن‌ها به گونه‌ای به هم منتقل می‌شود که بار نهاییِ همه یکسان، و برابرِ میانگین مجموع بار اولیهٔ همهٔ آن‌ها شود.

(اگر دقت کنید می‌بینید که این نتیجه‌ای است که از نکتهٔ اول به دست می‌آید. زیرا وقتی چند رسانا با ابعاد مشابه، به هم می‌چسبند همانند یک جسم می‌شوند و بار همهٔ آن‌ها با هم جمع جبری می‌شود و در کلِ جسم به طور یکنواخت پخش می‌گردد. حال اگر اجسام از هم جدا شوند همه به یک اندازه بار خواهند داشت.)

مثلاً برای ۳ کرهٔ هم‌اندازه:

بار کره‌ها قبل از تماس با یکدیگر

بار هر کدام ازکره‌ها بعد از تماس با یکدیگر

$$q = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3}$$

۳- اگر دو یا چند جسم رسانا که **ابعاد متفاوت** دارند، در تماس با هم قرار بگیرند، و سپس جدا شوند، بار الکتریکی به نسبت بزرگیِ اجسام، میان آن‌ها تقسیم می‌شود (یعنی هرچه جسم بزرگتر باشد، بار بیشتری را به خود می‌گیرد).

(در امتحانات، فقط از حالتی که اجسام، مشابه هم باشند سوال محاسباتی طرح می‌شود. به همین علت برای اجسام نامتشابه فرمولی ذکر نکردیم.)

مثال ۳: دو کرهٔ رسانای مشابه با بارهای $q_1 = -8\ \mu C$ و $q_2 = 24\ \mu C$ را با یک سیم رسانا به هم وصل، و سپس جدا می‌کنیم.

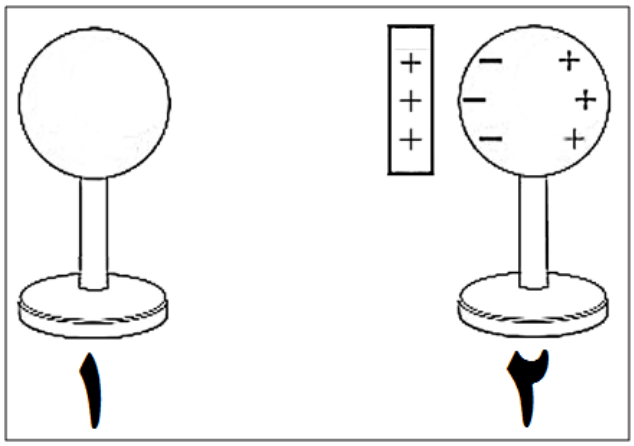
الف) بار هریک از کره‌ها چقدر می‌شود؟

ب) کدام کره الکترون گرفته است؟

پ) چه تعداد الکترون بین دو کره مبادله شده است؟

روش سوم: اِلــقای الکتریکی

القای بار الکتریکی، روشی است که باردار کردن اجسام را بدون برخورد دو جسم با یکدیگر امکان‌پذیر می‌کند.. این روش بر اساس دافعه و جاذبه‌ای که میان بارهای همنام و ناهمنام وجود دارد عمل می‌کند. توضیحات زیر، این موضوع را روشن می‌کند:



شکل۱: یک کرهٔ رسانای خنثی است. در جسم خنثی، الکترون‌ها (بارهای منفی) و پروتون‌ها (بارهای مثبت) وجود دارند اما چون تعداد آن‌ها برابر است. یکدیگر را خنثی می‌کنند و بار خالصی ایجاد نمی‌کنند.

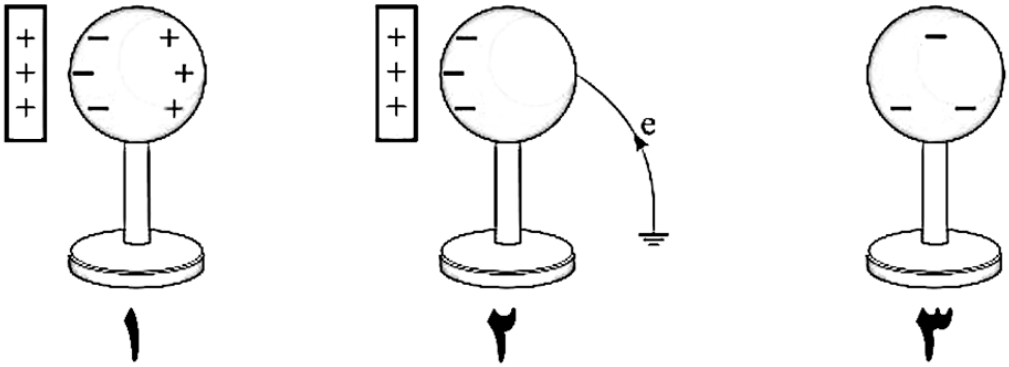
شکل۲: نشان می‌دهد که اگر یک میلهٔ دارای بار مثبت (که می‌تواند رسانا یا نارسانا باشد) به این کرهٔ رسانا نزدیک شود، بارهای مثبت و منفیِ موجود در کره تغییر آرایش می‌دهند و از هم جدا می‌شوند، به‌طوری که بارهای منفیِ موجود در کره، به علت وجود جاذبه میان بارهای ناهمنام، به سوی میله که بار مثبت دارد جذب می‌شوند، و بارهای مثبت کره نیز به دلیل همنام بودن با بار مثبتِ میله، از آن دور می‌شوند و در طرف دیگرِ کره جمع می‌شوند.

← اگر بار میله، منفی بود عکس این حالت اتفاق می‌افتاد. یعنی بارهای مثبت کره به سمت میله کشیده می‌شدند و بارهای منفی کره از میله دور می‌شدند و در طرف دیگر کره جمع می‌شدند. *(در این روش بر خلاف روش تماسی، هیچ باری از میلهٔ القا کننده به کره‌ها منتقل نمی‌شود.)*

نکته: توجه کنید که در هنگام القا، فقط الکترون‌های آزاد هستند که در درون رسانا حرکت می‌کنند نه بارهای مثبت. مثلاً در فرایند بالا وقتی که الکترون‌ها (بارهای منفی) از اتم‌ها و جایگاه‌های اولیهٔ خود در کره، به سمت میلهٔ دارای بار مثبت حرکت می‌کنند، آن اتم‌ها به علت از دست دادن الکترون، دارای بار مثبت می‌شوند و آن بخش از کره پر از بار مثبت می‌گردد. اما برای آسان شدن تحلیل، فرایند را این‌گونه توضیح می‌دهیم که: پروتون‌ها(بارهای مثبت) از میله دور شده و در سمت دیگر کره تجمع می‌کنند.

توجه: تا این مرحله، هنوز کره باردار نشده است! چون هنوز هم تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها در آن برابر است؛ تا اینجا فقط عمل **القا** صورت گرفته و باعث شده تا بارهای موجود در کره از هم تفکیک شوند. حال در ادامه، به کمک تکنیک‌هایی که معرفی خواهند شد، این بارهای تفکیک شده را به گونه‌ای هدایت می‌کنیم که باعث باردار شدن جسم رسانای خنثی (کره) گردند.

❖ تکنیک اول: باردار کردن یک رسانا با استفاده از روش القا



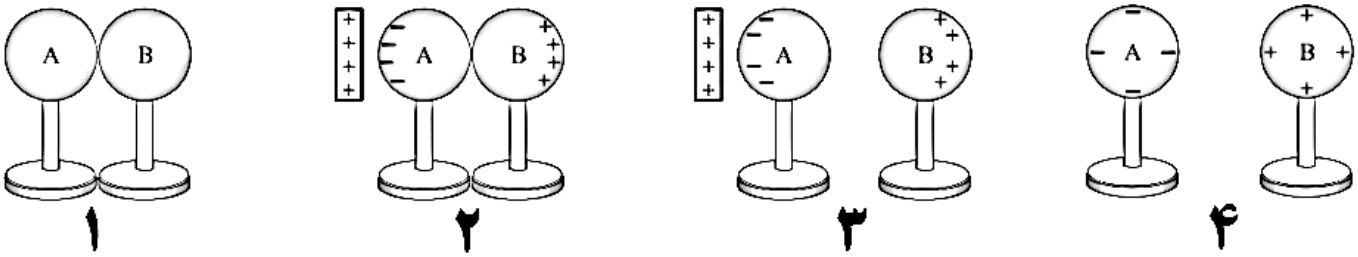
شکل۱: ابتدا یک میلهٔ باردار را به کرهٔ خنثی نزدیک می‌کنیم و بارهای کره را با استفاده از عمل القا از هم جدا (تفکیک) می‌کنیم.

شکل۲: سپس کره را با یک سیم به زمین متصل می‌کنیم. با توجه به این‌که میلهٔ باردار، بارهای ناهمنام با خود (در این شکل: بارهای منفی کره) را جذب کرده و نزدیک به خود نگه داشته است، بارهای همنام با میله (در این شکل: بارهای مثبت کره) که دوست دارند از میله دور شوند، از طریق سیم از کره خارج شده و وارد زمین می‌شوند. (✍ *فرقی نمی‌کند که سیم را به کدام طرف کره وصل کنیم*)

شکل۳: با جدا کردن سیم، فقط بارهای ناهمنام با میله (در این شکل: بارهای منفی) در کره باقی می‌مانند و کرهٔ خنثی، باردار می‌شود.

○ نکته: در واقع آن چه در شکل ۲ اتفاق افتاده است چنین است که: اتصال کره به زمین باعث می‌شود تعدادی از الکترون‌هایی که در زمین وجود دارند به کره وارد شوند و بارهای مثبت کره را خنثی کنند. حال اگر میلهٔ القا کننده به جای بار مثبت، بار منفی داشت، بارهای منفی در طرف دیگر کره جمع می‌شدند تا از القا کننده فاصله بگیرند. در این حالت، با وصل کردن کره به زمین، الکترون‌های دارای بار منفی از کره به سمت زمین می‌رفتند تا از میلهٔ القا کننده دورتر شوند. یعنی در هر دو حالت، این الکترون‌ها (بارهای منفی) هستند که به داخل کره یا خارج از کره منتقل می‌شوند. اما برای سادگی می گوییم که بارهای مثبت از کره خارج شدند.

❖ تکنیک دوم: باردار کردن دو (یا چند) رسانا با استفاده از روش القا



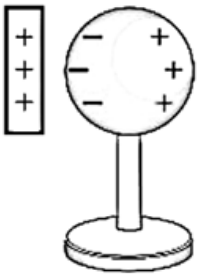
شکل۱: ابتدا دو کرهٔ خنثی را به هم می چسبانیم (در این حالت همانند یک جسمِ پیوسته هستند).

شکل۲: سپس با عمل القا، بارهای این دو کره (جسم پیوسته) را از هم جدا می‌کنیم (بارهای همنام با بارِ جسم القا کننده در کرهٔ A جمع می‌شوند و بارهای ناهمنام با آن در انتهای کرهٔ B قرار می‌گیرند)

شکل۳: همزمان که جسمِ القا کننده (جسم باردار) را نزدیک کرهٔ A نگاه داشته‌ایم، کرهٔ B را از آن جدا می‌کنیم.

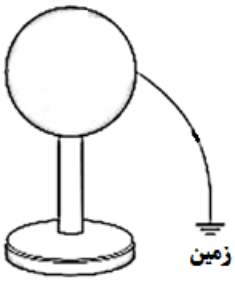
شکل۴: هر کره دارای باری مخالف کرهٔ دیگر خواهد شد (*بار ایجاد شده در کره‌ها، هم‌اندازه اما ناهمنام هستند*).

❖ نکاتی از روش القای بار الکتریکی:

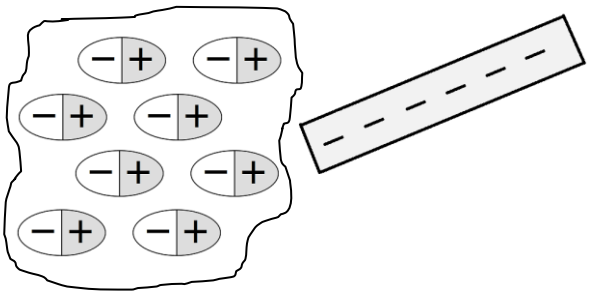


o چنانکه در شکل مقابل مشاهده می‌کنید، جسم القا کننده، بارهای همنام با خود را در کره دفع کرده و بارهای همنام با خود را جذب می‌کند. در این حالت، چون فاصلهٔ بارهای ناهمنام کمتر از فاصلهٔ بارهای همنام است، نیروی جاذبهٔ میان بارها **بزرگتر** از نیروی دافعهٔ آن‌ها می‌شود.

در نتیجه: القا کننده و القا شونده (کره)، بعد از عمل القا، **یکدیگر را جذب می‌کنند.**



o در علم فیزیک، **زمین** یک خنثی کنندهٔ بزرگ و بی‌نهایت محسوب می‌شود. لذا همانطور که در عمل القا قابل مشاهده است، اگر یک جسم با بار منفی به زمین وصل شود، الکترون‌های اضافی جسم را از آن می‌گیرد و به خود جذب می‌کند تا جسم خنثی شود؛ و اگر جسمی با بار مثبت به زمین وصل شود، تعدادی از الکترون‌های خود را به آن جسم می‌دهد تا خنثی گردد. پس زمین، هم گیرندهٔ الکترون است و هم بخشندهٔ الکترون. اتصال به زمین را با نماد ⏚ نشان می‌دهند.

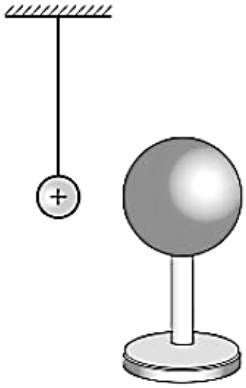


o القای اجسام نارسانا: اجسام نارسانا الکترون‌های آزاد ندارند که در اثر القا جابه‌جا گردند و باعث تفکیک بار در جسم شوند، لذا در اثر القا، ذرات تشکیل دهندهٔ جسم در همان مکان اولیهٔ خود باقی می‌مانند اما همانند شکل مقابل، متناسب با نوع بارِ جسم القا کننده می‌چرخند و جهت گیری می‌کنند (*به این حالت، **قطبیدگی** می‌گویند که در پایان این فصل، به‌طور دقیقتری به آن می‌پردازیم*).

← این جهت‌گیری باعث ایجاد جاذبه بین دو جسم می‌شود (*البته نه به اندازهٔ اجسام رسانا*) چون همانطور که در شکل معلوم است، هر ذرهٔ جسم نارسانا، به گونه‌ای قرار گرفته که جاذبهٔ آن با جسم القا کننده قوی‌تر از دافعهٔ آن شده است (چون فاصله میان بارهای ناهمنام کمتر از بارهای همنام است). جذب شدن خرده‌های کاغذ به شانهٔ پلاستیکی باردار، از این طریق اتفاق می‌افتد.

o نکته: اجسام نارسانا(عایق) را نمی‌توان از روش القا باردار کرد چون به علت عدم حرکت الکترون‌ها امکان انتقال الکترون‌ها به زمین یا جسم دیگر، و در نتیجه امکان کم و زیاد کردن تعداد الکترون‌ها در جسم وجود ندارد.

مثال ۴ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۱): یک کرهٔ فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایهٔ نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد.



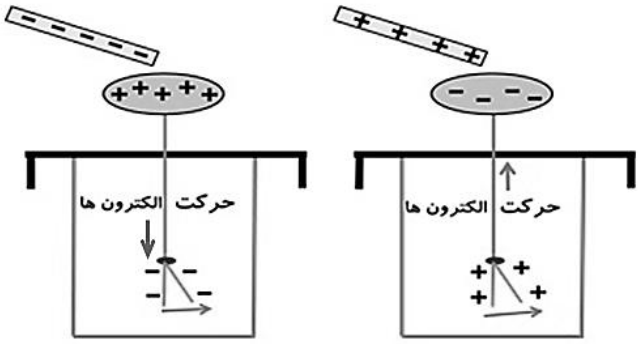
* الکتروسکوپ (برق نما)

در درس علوم تجربی با وسیله‌ای به نام **الکتروسکوپ** یا **برق‌نما** آشنا شدید. چنانکه در تصویر دیده می‌شود، الکتروسکوپ، از یک میلهٔ برنجی در قسمت میانی تشکیل شده است که از طرف بالا به کلاهک و از طرف پایین به دو ورقهٔ طلا یا آلومینیوم متصل می‌باشد. این میلهٔ برنجی توسط یک عایق، درون یک محفظه، ثابت و محکم شده است تا با زمین یا شیء دیگری ارتباط نداشته باشد.

کاربرد: از این وسیله برای تشخیص باردار بودن یک جسم و نوع بار آن، و همچنین تعیین رسانا یا نارسانا بودن اجسام استفاده می‌شود.

کاربرد اول: تشخیص باردار بودن جسم

جسمی را که می‌خواهیم باردار بودن آن را امتحان کنیم، به آرامی به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار(خنثی) نزدیک می‌کنیم و آن را نگه می‌داریم.



← اگر جسم دارای بار الکتریکی باشد (چه + و چه -)، به‌علت القای ایجاد شده، بارهای ناهمنام با آن، از درون میلهٔ الکتروسکوپ حرکت کرده و به سمت کلاهک می‌آیند تا به جسم باردار نزدیک شوند، و همزمان، بارهای همنام از جسم باردار فرار می‌کنند و در ورقه‌های پایینی که دورتر از جسم هستند جمع می‌شوند. در این حالت، ورقه‌ها دارای بارهای همنام شده و میان آن‌ها نیروی دافعه ایجاد می‌شود. در نتیجه از هم جدا شده و **باز می‌شوند**.

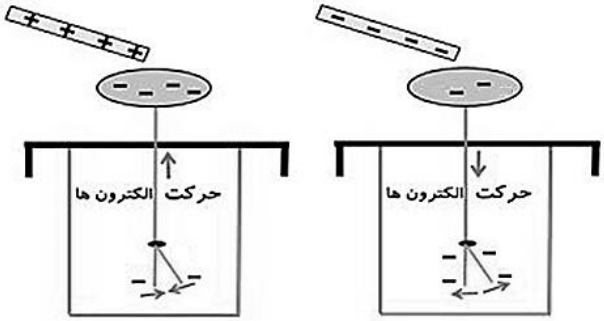
← اما اگر جسم بدون بار الکتریکی باشد در ورقه‌ها هیچ تغییری مشاهده نمی‌شود.

o نکته: به جای استفاده از روش **القا** می‌توان همین آزمایش را از طریق **تماس** جسم با کلاهک نیز انجام داد. در این‌صورت اگر جسم باردار باشد، بار خود را به الکتروسکوپ می‌دهد و ورقه‌های پایینی دارای بار همنام می‌شوند و از یک دیگر فاصله می‌گیرند (باز می‌شوند).

o مقایسهٔ میزان بار دو جسم: اگر دو جسم باردار را به طور جداگانه به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، هرکدام که بار بیشتری داشته باشد ورقه‌ها را بیشتر از هم باز می‌کند، چون بار بیشتری در ورقه‌ها القا می‌کند. از این روش می‌توان برای مقایسهٔ میزان بار دو جسم استفاده کرد.

کاربرد دوم: تشخیص نوع بار جسم

در این مورد، الکتروسکوپ باید دارای بارالکتریکی باشد (و لذا ورقه های آن از ابتدا با هم فاصله دارند) و نوع بار آن نیز باید برای ما معلوم باشد. اما نوع بار جسم، نامشخص است و می‌خواهیم با استفاده از الکتروسکوپ آن را معلوم کنیم. ابتدا جسم را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم.

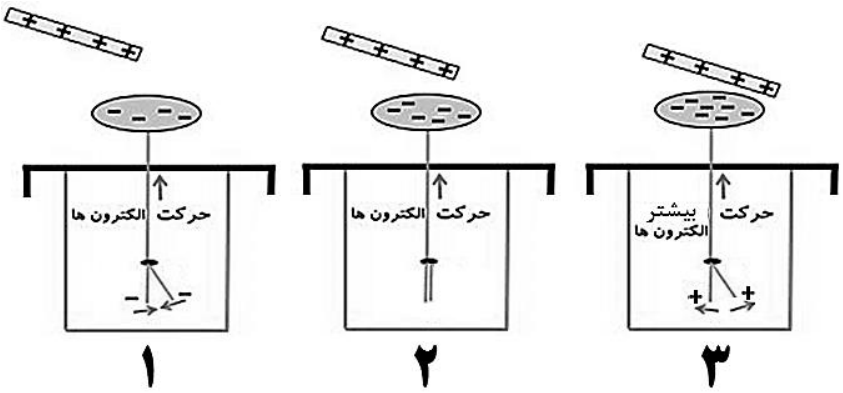


← اگر بار هر دو **همنام** باشد، به علت نیروی دافعهٔ ایجاد شده، بارهای الکتروسکوپ از کلاهک به سمت ورقه‌های پایین حرکت می‌کنند تا از جسم باردار دور شوند. این حالت باعث تجمع بیشتر بارها در ورقه‌ها می‌شود و این ورقه‌ها که از ابتدا به خاطر وجود بارهای همنام از هم فاصله داشتند حالا با افزایش بارهای همنام و افزایش نیروی دافعه، از هم دورتر می‌شوند (بازتر می‌شوند).

← اگر بار آن‌ها **ناهمنام** باشد، به علت نیروی جاذبهٔ ایجاد شده، بارهای الکتروسکوپ به سمت کلاهک می‌آیند و از تجمع بارها در ورقه‌ها کاسته شده و نیروی دافعهٔ بین دو ورقه کم می‌شود. لذا ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند (بسته‌تر می‌شوند).

اما در این حالت یک اتفاق خاص هم می‌تواند رخ دهد: اگر جسم را بیشتر به کلاهک نزدیک کنیم، دوباره ورقه‌ها باز می‌شوند! (توضیح در ادامه)

برای توضیح این پدیده به شکل زیر توجه کنید:



شکل۱: میلهٔ دارای بار مثبت به الکتروسکوپ دارای بار منفی نزدیک می‌شود. لذا بارهای منفی بالا آمده و به سمت کلاهک حرکت می‌کنند. در نتیجه ورقه‌ها کمی بسته می‌شوند.

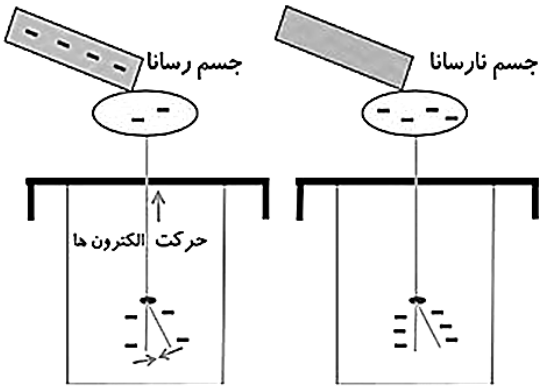
شکل۲: با نزدیکتر شدن میلهٔ باردار به کلاهک، تمام بارهای منفی خالصی که در الکتروسکوپ وجود دارد به سمت کلاهک می‌رود و ورقه‌ها بدون بار و خنثی می‌شوند. لذا کاملاً بسته شده و بر روی هم قرار می‌گیرند.

شکل۳: با نزدیکتر شدن بیشتر میله (و یا بزرگ بودن مقدار بار میله)، الکتروسکوپ که دیگر بار خالص منفی ندارد، از الکترون‌هایی که با پروتون‌ها خنثی شده بودند استفاده می‌کند. لذا تعدادی از آن الکترون‌ها از ورقه‌ها جدا شده و به سمت کلاهک می‌روند. ورقه‌ها با از دست دادن الکترون، بار مثبت می‌گیرند و دافعهٔ بارهای همنام در آن‌ها باعث می‌شود که از هم باز شوند.

در نتیجه: اگر با نزدیک شدن جسم به الکتروسکوپ، ورقه‌ها ابتدا به هم نزدیک و سپس از هم دور شوند، دلیل بر این است که بار جسم و الکتروسکوپ ناهمنام است. البته نیاز نیز که همیشه قسمت دوم (باز شدن ورقه‌ها) اتفاق افتد.

نکته: به‌دلیل وجود این حالت خاص، باید جسم را به طور آهسته و از فاصلهٔ دور به الکتروسکوپ نزدیک کرد. چون اگر این کار سریع انجام شود ممکن است بسته شدن ابتداییِ ورقه‌ها دیده نشود و تنها با مشاهدهٔ باز شدن نهاییِ ورقه‌ها گمان کنیم که بار جسم و الکتروسکوپ همنام است.

کاربرد سوم: تشخیص رسانا یا نارسانا بودن جسم



برای آنکه تعیین کنیم جسم رسانا است یا نارسانا، باید آن را در حالتی که بدون بار است به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار تماس دهیم.

اگر جسم رسانا باشد، قسمتی از بارهای الکتریکی الکتروسکوپ به جسم منتقل شده و میزان بار در ورقه‌ها کاهش می‌یابد و لذا فاصلهٔ دو ورقه از هم کم می‌شود.

اگر جسم نارسانا باشد، بار الکتریکی به جسم منتقل نشده و فاصلهٔ ورقه‌ها از هم تغییری نمی‌کند.

مثال ۵ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۱): چگونه توسط برق‌نما(الکتروسکوپ) می‌توانیم تشخیص دهیم که:

الف) یک میله باردار است یا نه؟ ب) میله رساناست یا نارسانا؟ پ) نوع بار میلهٔ باردار چیست؟

پاسخ: **الف)** میله را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار(خنثی) نزدیک می‌کنیم، اگر ورقه‌ها (عقربهٔ الکتروسکوپ) باز شدند یعنی میله باردار است و اگر تغییری نکردند یعنی میله بدون بار است. **ب)** میله را در حالی که بدون بار است به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس می‌دهیم، اگر ورقه‌ها به هم نزدیک شدند میله رساناست و اگر تغییر ایجاد نشد میله نارساناست. **پ)** میلهٔ باردار را به کلاهک الکتروسکوپ باردار که نوع بار آن مشخص است نزدیک می‌کنیم اگر عقربه‌ها بازتر شدند یعنی بار میله و الکتروسکوپ همنام است و اگر عقربه‌ها بسته‌تر شدند (و سپس باز شدند) یعنی بار میله و الکتروسکوپ ناهمنام است.