

الکتروسیته‌ی ساکن

هدف‌های رفتاری

- در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود:
- ۱- نظریه‌ی اتمی را در ارتباط با ماهیت الکتروسیته توضیح دهد.
 - ۲- ذرات اصلی اتم و ذرات باردار الکتریکی را نام ببرد.
 - ۳- قانون کولن را تعریف کند.
 - ۴- بار الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.
 - ۵- روش‌های مختلف باردار کردن اجسام را نام ببرد.
 - ۶- خطرهای الکتروسیته‌ی ساکن را شرح دهد و چگونگی رفع هریک را بیان کند.
 - ۷- کاربردهای الکتروسیته‌ی ساکن را نام ببرد و ساختمان وسایلی را که با الکتروسیته‌ی ساکن کار می‌کنند، توضیح دهد.
 - ۸- اختلاف پتانسیل و میدان الکتریکی را توضیح دهد و مقدار آن‌ها را محاسبه کند.
 - ۹- تفاوت هادی‌ها، نیمه‌هادی‌ها و عایق‌ها را از نظر تعداد الکترون‌های آخرین لایه بیان کند و دلایل این تفاوت‌ها را توضیح دهد.
 - ۱۰- اختلاف فلزاتی چون نقره، طلا و مس را با توجه به هدایت الکتریکی آن‌ها بیان کند.

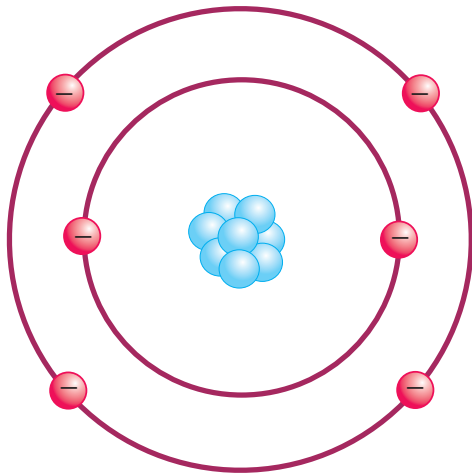
مقدمه

امروزه انرژی الکتریکی بیش از انواع دیگر انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدون انرژی الکتریکی کاربرد وسایل روشنایی، تلویزیون، تلفن و اغلب وسایل خانگی غیرممکن است. به‌علاوه، در بیش‌تر وسایل نقلیه انرژی الکتریکی نقش مهمی بازی می‌کند. به‌این ترتیب، می‌توان گفت انرژی الکتریکی تقریباً در همه‌جا به کار می‌رود.



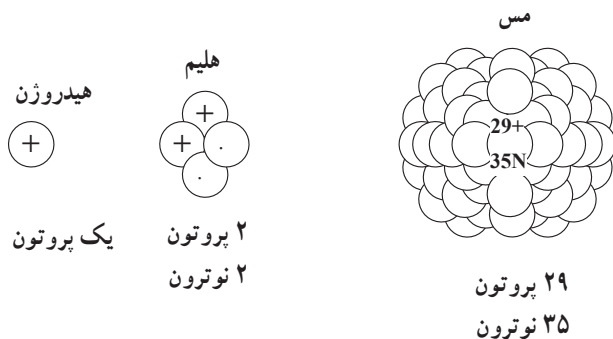
شکل ۱-۱- کاربردهای انرژی الکتریکی

و الکترون‌ها در مدارهایی به دور هسته گردش می‌کنند. شکل ۱-۳ ساختمان اتم کربن را نشان می‌دهد. هسته‌ی اتم کربن از شش پروتون با بار مثبت و شش نوترون (خنثی) تشکیل شده است و شش الکترون با بار منفی به دور هسته می‌چرخند.



شکل ۱-۳- ساختمان اتم کربن

۱- هسته‌ی اتم: قسمت مرکزی اتم، هسته نام دارد که پروتون و نوترون در درون آن قرار گرفته‌اند. تعداد پروتون‌های موجود در هسته باعث تفاوت دو عنصر می‌شود. اتم‌های هر عنصر تعداد معینی پروتون دارند؛ در صورتی که ممکن است تعداد نوترون‌ها با تعداد پروتون‌ها برابر نباشد.



شکل ۱-۴- هسته‌ی چند اتم

اگرچه الکتریسیته در قرون اخیر مورد استفاده قرار گرفته است ولی یونانی‌ها در حدود ۲۰۰۰ سال پیش آن را کشف کردند. آن‌ها بی‌بردند که وقتی ماده‌ای به نام کهربا را به ماده‌ی دیگری مالش دهند، با نیروی مرموزی باردار می‌شود و می‌تواند اجسامی مانند برگ خشک و براده‌های چوب را جذب کند. یونانی‌ها این کهربا را **الکترون** نام نهادند که کلمه‌ی الکتریسیته نیز از آن گرفته شده است.

در سال ۱۷۳۳ یک دانشجوی فرانسوی به نام شارل دوفه^۱ به این نکته پی برد که یک تکه شیشه‌ی باردار بعضی از اجسام باردار را جذب و اجسام باردار دیگر را دفع می‌کند. بنابراین، او چنین نتیجه گرفت که دو نوع الکتریسیته وجود دارد. در اواسط دهه‌ی ۱۷۰۰، **بنجامین فرانکلین** این دو نوع را الکتریسیته‌های مثبت و منفی نام نهاد. امروزه دانشمندان بر این عقیده‌اند که الکتریسیته از ذرات بسیار ریزی به نام **الکترون** و **پروتون** تولید می‌شود.



شکل ۱-۲- یکی از روش‌های تولید الکتریسیته

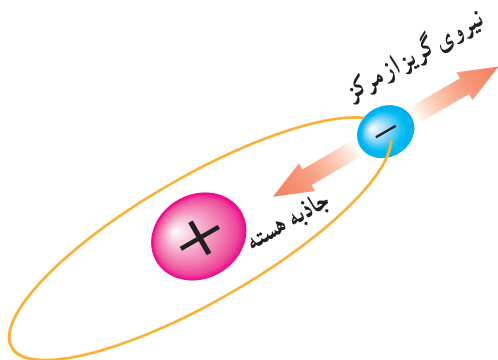
۱-۱- ساختمان اتم

هر اتم از سه نوع ذره تشکیل می‌شود: الکترون، پروتون و نوترون. پروتون‌ها و نوترون‌ها در مرکز یا هسته‌ی اتم قرار گرفته‌اند

الکترون‌ها در مدارهایی به دور هسته‌ی اتم حرکت می‌کنند و بارهای الکتریکی منفی دارند. خطوط نیروی وارد شده از هسته به صورت شعاعی و در تمام جهات به الکترون وارد می‌شوند.

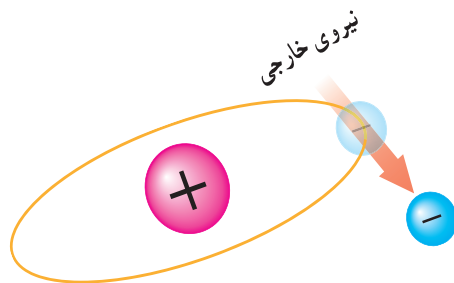
۲-۱- نظریه‌ی الکترونی

همان‌طور که گفتیم، الکترونیسته هنگامی به وجود می‌آید که الکترون‌ها از اتمشان خارج شوند. طبق شکل ۷-۱ الکترون‌ها با سرعت بسیار زیادی در مدار خود به دور هسته‌ی اتم گردش می‌کنند. چون سرعت الکترون‌ها زیاد است، نیروی گریز از مرکز زیادشان، آن‌ها را به ترک مدارشان وا می‌دارد ولی نیروی جاذبه‌ی مثبت هسته از این عمل جلوگیری می‌کند.



شکل ۷-۱- تعادل الکترون در مدار خود

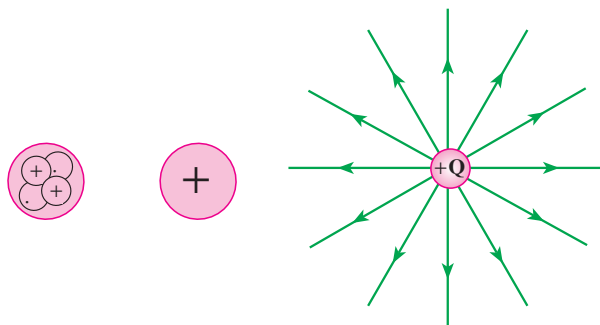
طبق شکل ۸-۱ اگر یک نیروی خارجی خیلی قوی به اتم داده شود تا به این نیروی گریز از مرکز کمک کند، الکترون آزاد می‌شود.



شکل ۸-۱- نیروی خارجی باعث آزادی الکترون می‌شود.

۲- پروتون: پروتون بسیار کوچک است و قطر آن $\frac{1}{3}$ قطر الکترون است. پروتون‌ها در عبور یا انتقال انرژی الکتریکی نقش فعالی ندارند آن‌ها بار الکتریکی مثبت دارند و بنابر قرارداد، خطوط نیروی الکتریکی به صورت شعاعی و به طور مستقیم در تمام جهات از پروتون خارج می‌شوند.

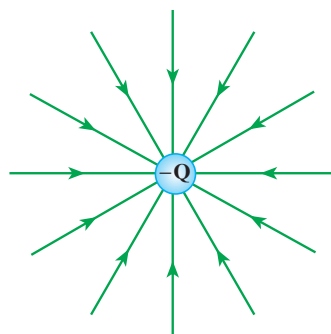
در شکل ۵-۱ هسته‌ی اتم شامل نوترون خنثی و پروتون مثبت است؛ بنابراین، هسته‌ی همه‌ی اتم‌ها همیشه مثبت است. خطوط نیرو به صورت شعاعی در تمام جهات از پروتون خارج می‌شوند.



شکل ۵-۱- خطوط نیروی الکتریکی پروتون

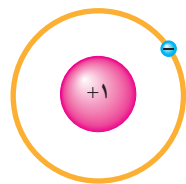
۳- نوترون: نوترون ذره‌ای است که اگر تجزیه شود، یک پروتون و یک الکترون حاصل می‌آید. در اتم تعداد بارهای منفی الکترون‌ها مساوی بار مثبت پروتون‌ها است. نوترون از نظر الکتریکی خنثی است و بنابراین، در ماهیت الکتریکی اتم‌ها چندان مهم تلقی نمی‌شود.

۴- الکترون: الکترون‌ها را به آسانی می‌توان حرکت داد. آن‌ها ذراتی هستند که در انتقال انرژی الکتریکی اثر فعالی دارند.

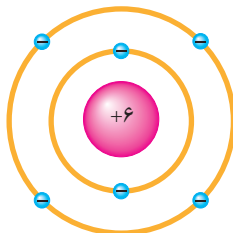


شکل ۶-۱- خطوط نیروی الکتریکی ناشی از الکترون

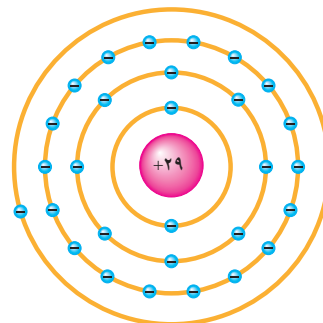
الکترون‌ها را معمولاً لایه (shell) می‌گویند. اتم‌های تمام عناصر شناخته شده می‌توانند تا هفت لایه داشته باشند. در شکل ۹-۱ لایه‌های عناصر مس، کربن و هیدروژن را می‌بینید.



هیدروژن یک لایه دارد.



کربن دو لایه دارد.

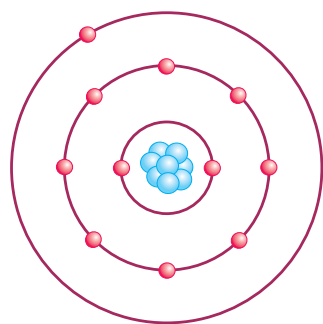


مس چهار لایه دارد.

شکل ۹-۱- لایه‌های عناصر مس، کربن و هیدروژن

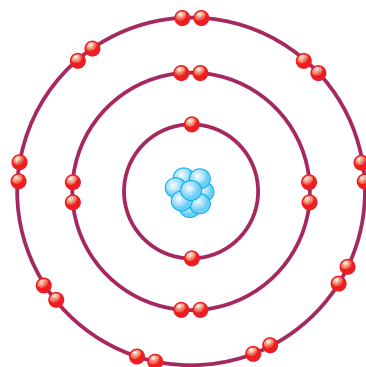
◀ **لایه‌ها:** الکترون‌های مدار نزدیک به هسته به سختی آزاد می‌شوند؛ زیرا به نیروی مثبت نگاه‌دارنده‌ی خود بسیار نزدیک‌اند. هرچه الکترون‌ها از هسته دورتر باشند، شدت این نیروی مثبت کم‌تر می‌شود. هرچه تعداد الکترون‌های یک اتم بیش‌تر باشد، مدارهای بیش‌تری وجود دارند. مسیر مداری

به‌دست آورد که در آن n شماره‌ی لایه است (شکل ۱۰-۱).
 ▶ **لایه‌ی خارجی (طبقه‌ی و آلانس):** لایه‌ی خارجی هر اتمی نمی‌تواند بیش‌تر از ۸ الکترون داشته باشد. لایه‌ی خارجی یک اتم لایه‌ی و آلانس و الکترون‌های آن الکترون‌های و آلانس نام دارند (شکل ۱۱-۱).



شکل ۱۱-۱- لایه‌ی و آلانس و الکترون و آلانس

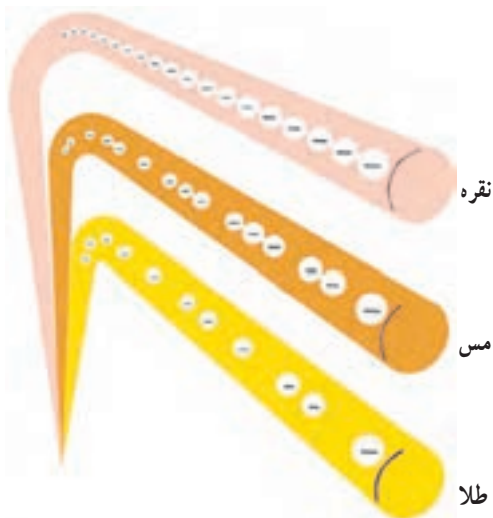
◀ **ظرفیت لایه:** هر لایه می‌تواند تعداد معینی الکترون را در خود جای دهد. نزدیک‌ترین لایه به هسته (لایه‌ی اول) نمی‌تواند بیش از دو الکترون داشته باشد. لایه‌ی دوم نمی‌تواند بیش‌تر از ۸ الکترون و لایه‌ی سوم بیش‌تر از ۱۸ الکترون داشته باشد. لایه‌ی چهارم نیز نمی‌تواند بیش‌تر از ۳۲ الکترون داشته باشد و الی آخر. تعداد الکترون‌های هر لایه را می‌توان از رابطه‌ی $2n^2$



شکل ۱۰-۱- حداکثر تعداد الکترون‌های لایه‌های ۱ تا ۴

به ماده‌ای که الکترون‌هایش به راحتی می‌توانند آزاد شوند، هادی می‌گویند. اتم‌های هادی‌های خوب فقط ۱ یا ۲ الکترون والانس دارند. اجسامی که اتم‌هایشان فقط یک الکترون والانس دارند، بهترین هادی‌ها محسوب می‌شوند.

قابلیت هدایت بعضی فلزات از سایر فلزات بهتر است. برای مثال، با آن‌که اتم‌های مس و نقره و طلا هر یک فقط یک الکترون والانس دارند که به آسانی آزاد می‌شوند اما نقره بهترین هادی است و پس از آن مس و طلا قرار دارند. این بدان علت است که نقره در مقدار معینی ماده، نسبت به فلزات دیگر دارای اتم‌های بیش‌تری است و در نتیجه، قدرت آزادسازی الکترون‌های آزاد بیش‌تری را دارد.



شکل ۱۳-۱- مقایسه‌ی هادی‌های خوب

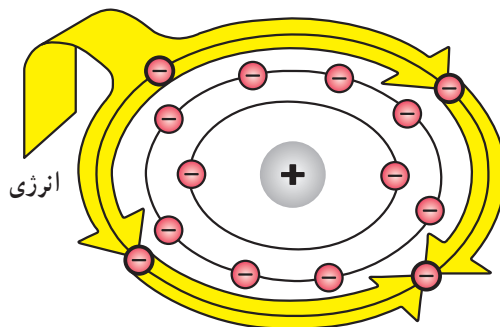
۱-۴- عایق‌ها

عایق‌ها موادی هستند که آزاد کردن الکترون‌های مدار آخر آن‌ها بسیار مشکل است. لایه‌ی والانس اتم‌های عایق، معمولاً ۸ الکترون دارند یا دارای ۴ الکترون یا بیش‌تر هستند. انرژی داده شده به چنین اتمی بین تعداد زیادی از الکترون‌ها تقسیم می‌شود. اتم‌هایی که ۷ الکترون والانس دارند، اغلب فعالانه می‌کوشند که لایه‌ی آخرشان را پر کنند. آن‌ها عایق‌های الکتریکی بسیار خوبی به‌شمار می‌روند.

◀ انرژی الکترون: اگرچه بار منفی الکترون‌ها یکسان است ولی همه‌ی آن‌ها انرژی یکسانی ندارند. الکترون‌هایی که در مدار به هسته نزدیک‌اند، نسبت به الکترون‌های مدارهای دورتر انرژی کم‌تری دارند. هرچه مدار یک الکترون از هسته دورتر باشد، انرژی آن بیش‌تر است.

اگر به یک الکترون انرژی کافی داده شود، می‌تواند از مدار خود خارج گردد و به مدار بالاتری (بعدی) برود. پس اگر به الکترون والانس انرژی کافی داده شود، آن نیز از مدار خود خارج می‌گردد و چون مدار بالاتری وجود ندارد، از اتم جدا می‌شود و به‌صورت الکترون آزاد درمی‌آید.

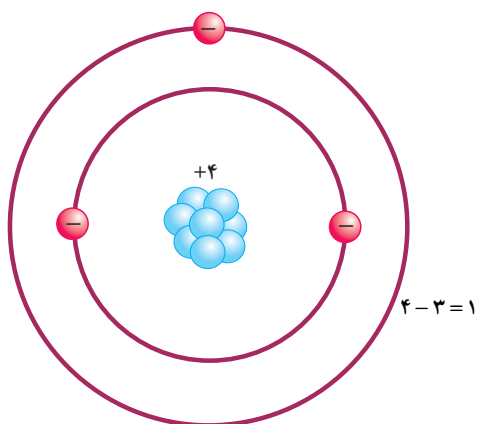
در اثر آزاد شدن الکترون‌ها از اتمشان، الکتریسیته به‌وجود می‌آید. چون الکترون‌های والانس بیش‌از سایر الکترون‌ها از هسته دورند، و هم‌چنین بالاترین سطح انرژی را دارند، به آسانی آزاد می‌شوند. انرژی داده شده به لایه‌ی والانس بین الکترون‌های آن لایه تقسیم می‌شود. در نتیجه، به ازای مقدار معینی انرژی، هرچه الکترون‌های والانس موجود بیش‌تر باشد هر الکترون انرژی کم‌تری دریافت می‌کند.



شکل ۱۲-۱- تقسیم انرژی خارجی به چهار الکترون والانس

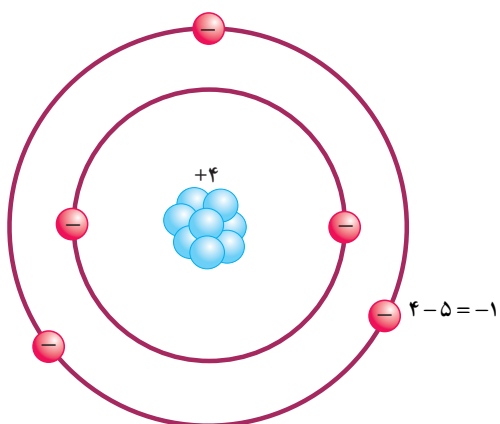
۱-۳- هادی‌ها

لایه‌ی والانس می‌تواند تا ۸ الکترون والانس داشته باشد. چون انرژی اعمال شده بین الکترون‌های والانس تقسیم می‌شود، اتم‌هایی که الکترون‌های والانس کم‌تری دارند به راحتی می‌توانند الکترون‌های خود را آزاد کنند. به این دلیل که هر الکترون انرژی بیش‌تری برای خارج شدن از مدار خود دریافت می‌کند.



شکل ۱۶-۱- یک یون مثبت

طبق شکل ۱۷-۱ چنانچه تعداد الکترون‌های اتمی از پروتون‌های آن بیش‌تر باشد، اتم بار منفی دارد و یون منفی ایجاد می‌کند.



شکل ۱۷-۱- یک یون منفی

۱-۷- باردار شدن اجسام

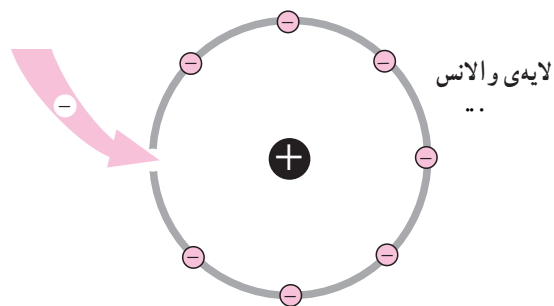
اگر اتم‌های یک جسم خنثی الکترون‌های خود را از دست بدهند یا الکترون زیادی بگیرند، آن جسم باردار خواهد شد.

باردار شدن اجسام از چند راه امکان پذیر است :

۱- باردار شدن اجسام از راه اصطکاک (مالش)

۲- باردار کردن اجسام از طریق تماس

۳- باردار کردن اجسام از طریق القا



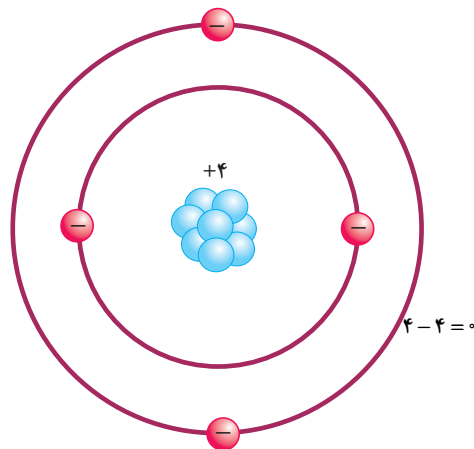
شکل ۱۴-۱- عایق خوب

۱-۵- نیمه هادی‌ها

لایه‌ی والانس هادی‌ها کم‌تر از ۴ الکترون و لایه‌ی والانس عایق‌ها بیشتر از ۴ الکترون دارند. به‌عناصری که اتم‌های آن ۴ الکترون والانس دارند، نیمه‌هادی می‌گویند. مهم‌ترین نیمه‌هادی‌ها عبارت‌اند از: ژرمانیم، سیلیکون (سیلیسیم)، کربن.

۱-۶- اتم‌های باردار

طبق شکل ۱۵-۱ به‌طور طبیعی در هر اتم تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها مساوی است. بنابراین، بارهای مساوی و مخالف مثبت و منفی یک‌دیگر را خنثی می‌کنند و اتم را از نظر الکتریکی خنثی نگه می‌دارند.



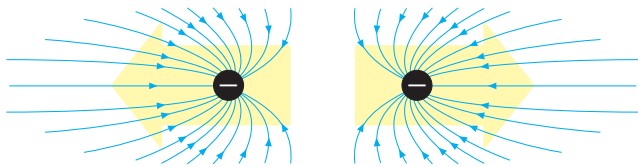
شکل ۱۵-۱- اتم خنثی

فکر کنید

هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می‌شوند، برای تخلیه این بارها چه تدبیری به‌کار می‌توان برد؟

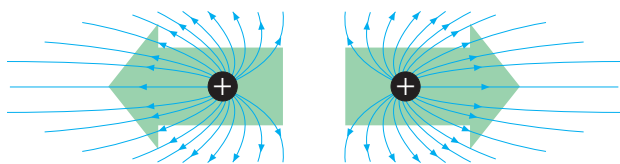
طبق شکل ۱۶-۱ اگر در اتمی تعداد الکترون‌ها از پروتون‌ها کم‌تر باشد، اتم بار مثبت دارد و یون مثبت ایجاد می‌کند.

طبق شکل ۲۰-۱ الکترون (-)، الکترون (-) دیگر را دفع می‌کند.



شکل ۲۰-۱- نیروی دافعه‌ی بین دو الکترون

طبق شکل ۲۱-۱ پروتون (+)، پروتون (+) را دفع می‌کند.



شکل ۲۱-۱- نیروی دافعه‌ی بین دو پروتون

پروتون‌ها مثبت هستند و باید یک‌دیگر را دفع کنند اما نوعی نیروی جاذبه درون هسته‌ی اتم وجود دارد که آن‌ها را در کنار هم نگه می‌دارد. این نیرو از نیروی دافعه‌ی پروتون‌ها قوی‌تر است و مانع از هم پاشیدن هسته‌ی اتم می‌شود.

تحقیق کنید

هنگامی که هسته‌ی یک اتم می‌شکند یا متلاشی می‌شود انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. به این انرژی آزاد شده انرژی هسته‌ای می‌گویند که پایه و اساس کار نیروگاه‌های برق هسته‌ای است. در یک فعالیت گروهی در مورد تولید انرژی الکتریکی با این انرژی تحقیق کرده و به کلاس گزارش دهید.

۱-۹- میدان‌های الکترواستاتیک

نیروهای جاذبه و دافعه‌ی دو جسم باردار از طریق خطوط نیروی الکترواستاتیکی که در اطراف جسم باردار وجود دارند، اعمال می‌شوند.

در یک جسم باردار منفی، خطوط نیروی الکترون‌های

فکر کنید

نحوه کار دستگاه فتوکپی چگونه است؟



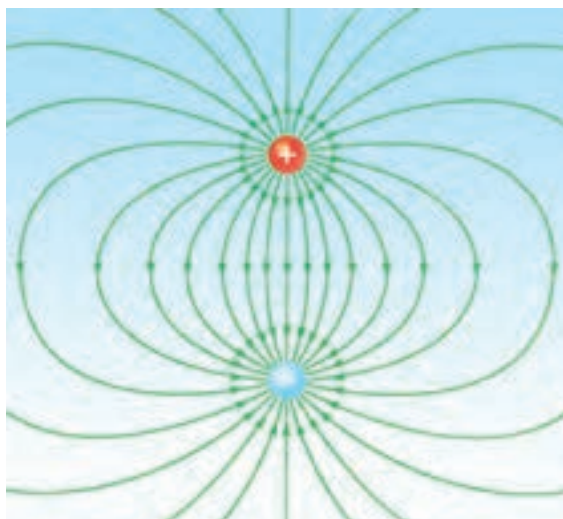
شکل ۱۸-۱- نمایی از یک دستگاه فتوکپی

۸-۱- قانون بارهای الکتریکی

بار منفی الکترون از نظر مقدار، مساوی ولی از نظر جهت خطوط نیرو، مخالف بار مثبت پروتون است. به بارهای الکترون و پروتون، **بارهای الکترواستاتیک** نیز می‌گویند.

خطوط نیروی هریک از این بارها میدان‌های الکترواستاتیک تولید می‌کنند. به علت اثر متقابل این دو میدان، ذرات باردار یک‌دیگر را جذب یا دفع می‌کنند. بر اساس قانون بارهای الکتریکی، ذراتی که بارهای همنام دارند، یک‌دیگر را دفع و ذراتی که بارهای مخالف دارند، هم‌دیگر را جذب می‌کنند.

طبق شکل ۱۹-۱ پروتون (+)، الکترون (-) را جذب می‌کند.



شکل ۱۹-۱- نیروی جاذبه‌ی بین الکترون و پروتون

۱۰-۱- قانون کولن

کولن آزمایش‌های خود را در دو مرحله انجام داد؛ در مرحله‌ی نخست به دو کره‌ی ساکن و متحرک بارهای الکتریکی یکسان (مساوی و هم‌نام) داد و نیروی دافعه‌ی بین آن‌ها را در فاصله‌های مختلف اندازه‌گیری کرد. او نتیجه گرفت که این نیرو با عکس مجذور فاصله‌ی دو بار الکتریکی متناسب است؛ یعنی، وقتی که فاصله‌ی دو بار الکتریکی دو برابر شود، نیروی بین آن‌ها به $\frac{1}{4}$ مقدار اولیه می‌رسد و هنگامی که فاصله‌ی بین دو بار الکتریکی سه برابر شود، نیروی بین آن‌ها به $\frac{1}{9}$ مقدار نخستین می‌رسد.

در مرحله‌ی بعد، کولن بارهای متفاوتی را به دو کره داد و نیروهای آن‌ها را در فاصله‌ی ثابت اندازه‌گیری کرد. او نتیجه گرفت که نیروی جاذبه یا دافعه‌ای که میان کره‌ها به وجود می‌آید، به‌طور مستقیم با مقدار بار الکتریکی روی هر یک از کره‌ها متناسب است و در نتیجه، حاصل ضرب آن‌ها تناسب دارد.

اگر دو بار الکتریکی را با q_1 و q_2 و فاصله‌ی بین آن‌ها را با d و نیرو را با F نمایش دهیم، قانون کولن به‌صورت رابطه‌ی زیر نوشته می‌شود:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

K ضریبی است که به واحدهای انتخاب شده و جنس محیطی بستگی دارد که دو جسم باردار در آن قرار گرفته‌اند. اگر اندازه‌گیری نیرو در خلأ صورت گیرد، در دستگاه بین‌المللی واحدها (SI) که در آن F برحسب نیوتن و q برحسب کولن و d برحسب متر است، K تقریباً برابر است با $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$.

اگر به هنگام محاسبه نیروی بین دو بار، بار مثبت را با علامت مثبت و بار منفی را با علامت منفی نشان دهیم، نیروی دافعه‌ی بین دو بار هم‌نام با علامت مثبت و نیروی جاذبه‌ی بین دو بار غیرهم‌نام با علامت منفی به دست می‌آید.

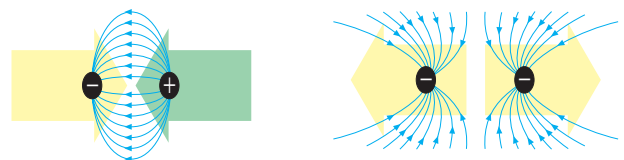
اضافی با یک‌دیگر جمع می‌شوند و میدان الکترواستاتیکی به وجود می‌آورند که جهت خطوط نیروی آن در تمام جهات از بیرون به طرف درون جسم است.

در جسم باردار مثبت، کمبود الکترون‌ها باعث می‌شود که خطوط نیروی پروتون‌های اضافی با هم جمع شوند و میدان الکترواستاتیکی تولید کنند که در آن خطوط نیرو در تمام جهات از درون جسم به طرف بیرون است.

تحقیق کنید

با ساختمان و اصول کار الکتروسکوپ (برق‌نما) در درس فیزیک ۱ آشنا شدید، با دوستان خود تشکیل یک گروه داده و یک الکتروسکوپ بسازید.

میدان‌های الکترواستاتیک در هنگام جذب به طرف یک‌دیگر متمایل می‌شوند و در هنگام دفع با هم مخالفت می‌کنند. نیروی جذب و دفع به سه عامل بستگی دارد: (۱) مقدار باری که در هر جسم وجود دارد، (۲) فاصله‌ی بین دو جسم و (۳) جنس محیط بین دو جسم. هرچه بارهای الکتریکی اجسام بیش‌تر باشد، نیروی الکترواستاتیک بزرگ‌تر خواهد بود و هرچه دو جسم باردار به یک‌دیگر نزدیک‌تر باشند، نیروی الکترواستاتیک بین آن‌ها بیش‌تر خواهد بود. اگر از بارها کاسته شود یا دو جسم از یک‌دیگر دور شوند، نیروهای جاذبه و دافعه ضعیف‌تر خواهند شد. در قرن هجدهم یک دانشمند فرانسوی به نام **کولن** با بارهای الکترواستاتیک آزمایش‌هایی انجام داد و قانونی در مورد جاذبه و دافعه‌ی الکترواستاتیکی کشف کرد که به آن **قانون کولن** می‌گویند.



شکل ۲۲-۱- میدان‌های الکترواستاتیک

$$E = \frac{F}{q_0}$$

در این رابطه F برحسب نیوتن (N)؛ q_0 برحسب کولن (C) و E برحسب نیوتن بر کولن ($\frac{N}{C}$) است.

مثال ۲: در نقطه‌ای از یک میدان الکتریکی، بر بار الکتریکی مثبتی معادل 10^{-5} کولن نیرویی برابر با $2/^\circ$ نیوتن وارد می‌شود. شدت میدان الکتریکی در این نقطه چه قدر است؟

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{2/^\circ}{10^{-5}} = 2 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

شدت میدان الکتریکی مانند نیرو، کمیتی برداری است که اندازه و راستا دارد. راستای E و F همواره یکی است ولی نیروی وارد بر بار مثبت، هم جهت با میدان و نیروی وارد بر بار منفی، در خلاف جهت میدان است.

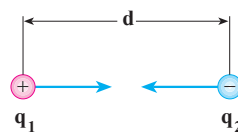
۱۲-۱- اختلاف پتانسیل الکتریکی

وقتی یک جسم رسانا که بار الکتریکی منفی دارد به زمین متصل می‌شود، الکترون‌ها (یعنی بارهای منفی) از آن جسم به زمین می‌روند. هم‌چنین، اگر یک جسم رسانا با بار الکتریکی مثبت با زمین اتصال پیدا کند، تعدادی الکترون از زمین به جسم منتقل می‌شود. حرکت الکترون‌ها و به عبارت دیگر انتقال الکتریسیته به این علت صورت می‌گیرد که بین جسم رسانا و زمین اختلاف پتانسیل وجود دارد. بنابراین، می‌توان اختلاف پتانسیل را عامل یا شرطی دانست که سبب جاری شدن الکتریسیته از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر می‌شود. با توجه به این واقعیت، می‌توان اختلاف پتانسیل را با اختلاف دما - که سبب انتقال گرما در یک جسم می‌شود - یا اختلاف فشار مایع بین دو ظرف به هم پیوسته - که سبب جاری شدن مایع بین دو ظرف می‌گردد - مقایسه کرد.

همان‌طور که اختلاف دما جهت انتقال گرما را در جسم مشخص می‌کند یا اختلاف فشار مایع جهت حرکت مایع را نشان می‌دهد، اختلاف پتانسیل الکتریکی هم جهت جریان یافتن الکتریسیته را تعیین می‌کند.

از رابطه‌ی $F = K \frac{q_1 q_2}{d^2}$ فقط اندازه‌ی نیروی کولن

به دست می‌آید. راستای این نیرو همواره در امتداد خطی است که دو جسم را به هم وصل می‌کند و جهت نیرو به نوع بارهای الکتریکی دو جسم بستگی دارد. چنان که گفتیم، بارهای همنام یک‌دیگر را دفع و بارهای غیر همنام یک‌دیگر را جذب می‌کنند.



مثال ۱: نیروی بین دو بار الکتریکی مثبت که مقدار بار هر کدام یک کولن است، وقتی که فاصله‌ی آن‌ها یک کیلومتر باشد چه قدر است؟

$$q_1 = q_2 = 1C$$

$$d = 1000m \quad F = K \frac{q_1 q_2}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 1}{(10^3)^2} = 9000N$$

نیروی 9000 نیوتن نیروی زیادی است. مقدار بارهای ساکن معمولاً از یک کولن بسیار کم‌ترند.

۱۱-۱- شدت میدان الکتریکی

نیرویی که در یک میدان الکتریکی بر واحد بار آزمون (بار مثبت) الکتریکی واقع در هر نقطه از این میدان وارد می‌شود، **شدت میدان الکتریکی** در آن نقطه نام دارد و آن را با E نمایش می‌دهند. بنابراین، اگر بار مثبت q_0 در نقطه‌ی معینی از میدان الکتریکی واقع شود و بر آن نیروی F اثر کند، شدت میدان الکتریکی در آن نقطه برابر خواهد بود با:

مثبت است. برعکس، اگر در این ارتباط الکتریکی، الکترون‌ها از جسم به زمین بروند پتانسیل جسم منفی است. بنابراین، پتانسیل اجسام باردار رسانا پس از اتصال به زمین صفر می‌شود.

اندازه‌ی پتانسیل الکتریکی: پتانسیل الکتریکی یک

جسم باردار که آن را با U نمایش می‌دهیم، بنا به تعریف عبارت است از کاری که باید انجام گیرد تا واحد بار الکتریکی مثبت از زمین به جسم انتقال یابد. واحد پتانسیل الکتریکی ولت است؛ بنابراین، اگر برای انتقال بار مثبت q کار W لازم باشد، پتانسیل جسم براساس رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$U = \frac{W}{q} \quad \begin{matrix} \text{(ژول)} \\ \text{(کولن)} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{(ولت)} \\ \text{(کولن)} \end{matrix}$$

اختلاف پتانسیل بین دو جسم باردار: اختلاف پتانسیل

بین دو جسم باردار که پتانسیل آن‌ها V_1 و V_2 است، بنا به تعریف عبارت است از انرژی‌ای که باید مصرف شود تا واحد بار الکتریکی مثبت از یک جسم به جسم دیگر انتقال یابد. اگر این اختلاف پتانسیل را نیز با U نمایش دهیم، بنا به این تعریف خواهیم داشت:

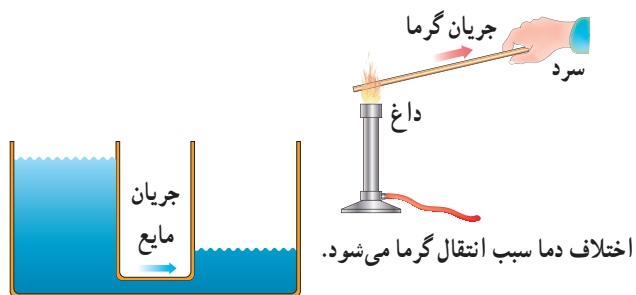
$$U = V_2 - V_1$$

مثلاً وقتی می‌گوییم اختلاف پتانسیل میان دو قطب یک

باتری اتومبیل ۱۲ ولت است، یعنی برای انتقال واحد بار الکتریکی (یعنی یک کولن) از یک قطب به قطب دیگر ۱۲ ژول انرژی مصرف یا آزاد می‌شود. اگر قطب منفی این باتری را به زمین وصل کنیم، پتانسیل آن صفر و پتانسیل قطب مثبت ۱۲+ ولت می‌شود. برعکس، اگر قطب مثبت باتری را به زمین متصل کنیم، پتانسیل این قطب صفر و پتانسیل قطب منفی ۱۲- ولت می‌شود. بنابراین، اختلاف میان دو قطب در هر حال ۱۲ ولت و ثابت است.

فرض می‌کنیم که دو قطب این باتری ۱۲ ولتی را مطابق

شکل ۱-۲۵ به دو صفحه‌ی فلزی V_1 و V_2 وصل کرده‌ایم. اگر صفحه‌ی V_1 را که دارای پتانسیل منفی است به زمین وصل کنیم، پتانسیل آن صفر می‌شود و پتانسیل صفحه‌ی V_2 همان ۱۲+ ولت باقی می‌ماند. اگر بخواهیم در این حالت بار منفی



اختلاف دما سبب انتقال گرما می‌شود.

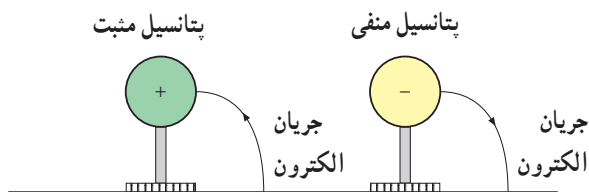
اختلاف فشار مایع را جابه‌جا می‌کند.

شکل ۱-۲۳- مقایسه‌ی اختلاف پتانسیل الکتریکی با اختلاف دما و اختلاف فشار در مایع

زمین و پتانسیل الکتریکی صفر: در اندازه‌گیری‌های

پتانسیل الکتریکی لازم است مبدأ مقایسه‌ی مناسبی با پتانسیل الکتریکی صفر انتخاب شود. درست همان‌طور که در اندازه‌گیری دما، نقطه‌ی ذوب یخ به عنوان مبدأ مقایسه یا نقطه‌ی صفر قبول شده است، در عمل زمین را نیز به عنوان مبدأ مقایسه‌ای که پتانسیل الکتریکی آن صفر است، انتخاب کرده‌اند.

این انتخاب برای آسان شدن کار صورت گرفته است و معنایش این نیست که زمین بار الکتریکی ندارد. همان‌طور که نمی‌توان گفت یخ صفر درجه دارای انرژی داخلی نیست. درحقیقت، زمین بار منفی دارد ولی اندازه‌ی این بار منفی به قدری زیاد است که دادن مقداری بار الکتریکی به آن یا گرفتن بار از آن در بار الکتریکی‌اش، تأثیر محسوسی نخواهد داشت.



شکل ۱-۲۴- زمین در حکم پتانسیل صفر

پتانسیل الکتریکی یک جسم باردار: معمولاً پتانسیل

اجسام باردار را نسبت به زمین می‌سنجند. در این سنجش، پتانسیل زمین را بنا به قرارداد، صفر در نظر می‌گیرند. هنگامی که یک جسم باردار به وسیله‌ی یک رشته سیم به زمین متصل می‌شود، اگر الکترون‌ها از زمین به سوی جسم جریان یابند پتانسیل جسم

حاصل ضرب نیرو در تغییر مکان برابر است؛ یعنی $W = Fd$ برای به دست آوردن هم‌ارز الکتریکی این معادله، کافی است روابط $W = Uq$ و $F = qE$ را به کار ببریم. بنابراین، اگر در رابطه‌ی $W = Fd$ به جای W و F معادل آن‌ها را قرار دهیم، خواهیم داشت:

$$Uq = qE \cdot d$$

$$E = \frac{U}{d}$$

در این رابطه، U اختلاف پتانسیل میان دو صفحه بر حسب ولت و d فاصله‌ی دو صفحه بر حسب متر و E شدت میدان بر حسب $\frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$ است. با توجه به واحد شدت میدان الکتریکی که قبلاً تعریف شد، خواهیم داشت:

$$1 \frac{\text{نیوتن}}{\text{کولن}} = 1 \frac{\text{ولت}}{\text{متر}}$$

مثال ۳: بین دو صفحه‌ی موازی که به فاصله‌ی ۲ سانتی‌متر از یکدیگر قرار دارند، اختلاف پتانسیل ۱۰۰۰ ولت برقرار شده است. الف) شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه را حساب کنید. ب) اگر یک پروتون با بار مثبت $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ بین این دو صفحه قرار گیرد، چه نیرویی بر آن وارد می‌شود؟
— مقادیر داده شده عبارت‌اند از: $d = 0.02 \text{ m}$ و

$$U = 1000 \text{ V} \quad \text{و} \quad q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$E = \frac{U}{d} = \frac{1000}{0.02} = 50000 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 50000 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad (\text{الف})$$

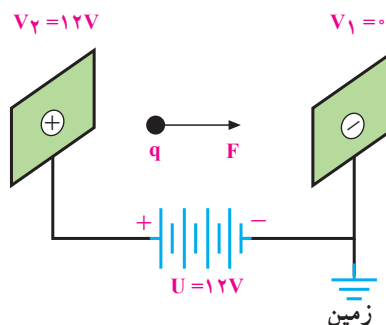
(ب)

$$F = Eq = 50000 \cdot 1.6 \times 10^{-19} = 8 \times 10^{-15} \text{ N}$$

۱۳-۱- خطرات الکتریسیته‌ی ساکن و چگونگی خنثی کردن آن

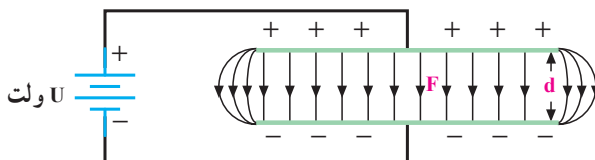
برقی که بین دو توده ابر باردار (از نوع مخالف) یا یک توده ابر و زمین می‌جهد، در اصطلاح علمی **تخلیه‌ی الکتریکی** نامیده می‌شود. این تخلیه‌ی الکتریکی (صاعقه) ممکن است به ساختمان‌های بلند آسیب برساند.

$-q$ را از V_1 به V_2 انتقال دهیم، باید به اندازه‌ی $W = U \cdot q$ انرژی مصرف کنیم. برعکس، اگر همین بار الکتریکی را از V_2 به V_1 برگردانیم، انرژی به مقدار $W = U \cdot q$ آزاد خواهد شد. در این مثال، اگر V_1 و V_2 با یک رشته سیم به هم متصل شوند، الکترون‌ها به سوی V_2 جریان می‌یابند و انرژی آزاد شده به گرما تبدیل می‌شود.



شکل ۲۵-۱- وقتی بار الکتریکی q از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر که بین آن‌ها اختلاف پتانسیل U موجود است انتقال می‌یابد، انرژی $U \cdot q$ آزاد می‌شود.

میدان الکتریکی یک نواخت: میدان یک نواخت، میدانی است که شدت و جهت آن در حجم محدودی از فضا ثابت باشد. برای ایجاد چنین میدانی، می‌توانیم دو صفحه‌ی فلزی را که مطابق شکل ۲۶-۱ به طور موازی در مقابل یکدیگر قرار گرفته‌اند، به دو قطب یک باتری متصل کنیم. در این صورت، در فضای بین دو صفحه میدان الکتریکی یک نواختی ایجاد می‌شود ولی در فضای بیرون دو صفحه و در مجاورت لبه‌ی صفحه‌ها — همان‌طور که در شکل دیده می‌شود — میدان الکتریکی یک نواخت نیست.



شکل ۲۶-۱- میدان الکتریکی یک نواخت

فرض کنید می‌خواهیم بار مثبت $+q$ را از صفحه‌ی بالایی به صفحه‌ی پایینی منتقل کنیم. انرژی لازم برای انجام این کار، با

۱۴-۱- کاربرد الکتروسیسته‌ی ساکن

تاکنون تنها در مورد چگونگی خنثی کردن الکتروسیسته‌ی ساکن سخن گفته‌ایم. اما الکتروسیسته‌ی ساکن کاربردهای فراوانی نیز دارد.

الف- دستگاه غبارگیر الکترواستاتیکی: در این دستگاه هوای آلوده به ذرات معلق از میان یک میدان الکترواستاتیکی قوی عبور می‌کند و ذرات آن دارای بار منفی می‌شوند.

این ذرات باردار از میدان الکترواستاتیکی دیگری عبور داده می‌شوند، ذرات غبار که بار منفی گرفته‌اند جذب بارهای مثبت می‌شود و هوا از ذرات معلق تمیز می‌شود.

ب- دستگاه رنگ‌پاش: در این دستگاه جسمی که قرار است رنگ شود را مثبت باردار می‌کنند و رنگ را در رنگ‌پاش منفی باردار می‌کنند. رنگ باردار را با رنگ‌پاش به جسم می‌پاشند ذرات باردار رنگ جذب جسم می‌شوند و سطح آن به طور کاملاً یکنواخت با رنگ پوشیده می‌شود.



شکل ۲۷-۱- صاعقه

تحقیق کنید

در مورد نحوه عملکرد برق‌گیر در ساختمان‌ها به صورت گروهی تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

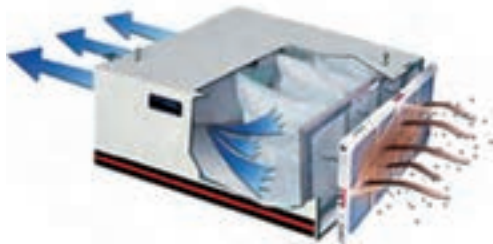
در بیمارستان‌ها برای بیهوش کردن بیماران از ماده‌ای به نام اتر استفاده می‌شود. اتر ماده‌ای فرار است و بخار آن در فضای اتاق پخش می‌شود. اگر چرخ‌های تخت‌حامل بیمار لاستیکی باشد، بر اثر مالش این چرخ‌ها با پتو یا روکش بیمار ممکن است در آن‌ها الکتروسیسته‌ی ساکن تولید شود و جرقه بزند. همین جرقه باعث انفجار خواهد شد. امروزه برای جلوگیری از این خطر احتمالی زنجیر فلزی کوتاهی به بدنه‌ی فلزی تخت‌حامل بیمار آویزان می‌کنند که با سطح زمین تماس دارد. بارهای الکتریکی تولید شده از راه این زنجیر به زمین منتقل می‌گردد و در نتیجه، از تولید جرقه و بروز پیش‌آمد ناگوار جلوگیری می‌شود.

فکر کنید

در بعضی از دستگاه‌های صنعتی برای به حرکت درآوردن بار (انتقال قدرت) از تسمه لاستیکی استفاده می‌شود. برای از بین بردن الکتروسیسته ساکن تولید شده چه می‌کنند؟



الف) دستگاه رنگ‌پاش الکترواستاتیکی



ب) دستگاه غبارگیر الکترواستاتیکی

شکل ۲۸-۱- کاربردهایی از الکتروسیسته‌ی ساکن

تحقیق کنید

در مورد نحوه رنگ کردن بدنه خودروها به شیوه الکترواستاتیکی تحقیق و نتیجه‌ی آن را به کلاس گزارش کنید.



- ۱- چه ذراتی الکتریسیته تولید می کنند؟
- ۲- پروتون بار و الکترون بار دارد.
- ۳- اگر یک الکترون در نزدیکی یک پروتون باشد، آیا پروتون، الکترون را جذب می کند یا دفع؟
- ۴- چرا پروتون های داخل هسته با نیروی کافی یک دیگر را دفع نمی کنند تا هسته منهدم شود؟
- ۵- سه راه برای باردار کردن یک جسم را نام ببرید.
- ۶- آیا نیروی دافعه ی بین دو الکترون با فاصله ی کم بیش تر است یا با فاصله ی زیاد؟ اگر فاصله ی بین یک پروتون و یک الکترون دو برابر شود، اندازه ی نیروی جاذبه در مقایسه با نیروی قبلی چه قدر است؟
- ۷- قانون کولن را شرح دهید.
- ۸- چرا به عقب بدنه ی فلزی تانکرهای حمل سوخت زنجیر کوتاهی که با سطح زمین تماس دارد، آویزان می کنند؟
- ۹- لایه چیست و دور هر اتم چند لایه وجود دارد؟
- ۱۰- الکترون آزاد یا والانس چیست؟
- ۱۱- آیا عنصری که شش الکترون والانس دارد، هادی خوبی است؟ دو الکترون والانس چه طور؟
- ۱۲- شدت میدان الکتریکی را شرح دهید.
- ۱۳- اختلاف پتانسیل الکتریکی را تعریف کرده و واحد اندازه گیری آن را بیان کنید.
- ۱۴- چرا هنگام تمیز کردن صفحه ی تلویزیون با پارچه ی خشک، پُرزهای پارچه به صفحه ی تلویزیون می چسبند؟
- ۱۵- چرا هنگام بیرون آوردن لباس از بدن، جرقه هایی در لباس زده می شود؟
- ۱۶- شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه ای از آب تشکیل شود. با یک شانه پلاستیکی چند بار سر خود را شانه بزنید شانه را به باریکه آب نزدیک کنید چه اتفاقی می افتد؟ چرا؟

- ۱- دو بار نقطه ای مثبت و مساوی، هریک برابر 10^{-4} کولن به فاصله ی دو متر از یک دیگر قرار دارند. نیروی بین آن ها چند نیوتن است؟
ج) $22/5N$
- ۲- اندازه و نوع نیروی بین یک بار منفی ۵ میکروکولنی و یک بار مثبت ۲ میکروکولنی را که به فاصله ی ۹ سانتی متر از یک دیگر قرار دارند، تعیین کنید.
ج) $11/11N$

۳- دو بار همنام وقتی به فاصله‌ی d از یک‌دیگر واقع شوند، نیروی معین F را به هم وارد می‌کنند. الف) اگر فاصله‌ی دو بار را نصف، دوبرابر یا سه برابر کنیم، F به چه نسبتی تغییر خواهد کرد؟ ب) اگر در فاصله‌ی ثابت d اندازه‌ی یکی از بارهای الکتریکی را نصف یا دوبرابر یا سه برابر کنیم، F به چه نسبتی تغییر می‌کند؟

۴- بار مثبت $۵ \cdot ۱۰^{-۷}$ کولنی وقتی در نقطه‌ای از یک میدان الکتریکی قرار گیرد، نیرویی برابر $۰/۰۴N$ بر آن وارد می‌شود. شدت میدان الکتریکی را در این نقطه حساب کنید.

$$\text{ج) } E = ۸ \cdot ۱۰^۴ \frac{N}{C}$$

۵- شدت میدان الکتریکی در یک میدان یک‌نواخت (یعنی میدانی که شدت آن ثابت و خطوط نیروی آن موازی و هم‌جهت است) برابر $۱۰۰۰ \frac{N}{C}$ است. اندازه‌ی نیروی وارد بر یک الکترون را وقتی که در این میدان قرار می‌گیرد، حساب کنید. بار الکتریکی الکترون را $۱/۶ \cdot ۱۰^{-۱۹}$ بپذیرید.

$$\text{ج) } F = ۱/۶ \cdot ۱۰^{-۱۶} N$$

۶- بار الکتریکی q در میدان الکتریکی یک‌نواخت به شدت $۲۰ \frac{N}{C}$ قرار گرفته و نیرویی برابر $۳ \cdot ۱۰^{-۴} N$ بر آن وارد شده است. مقدار بار q چند کولنی بوده است؟

$$\text{ج) } q = ۱/۵ \cdot ۱۰^{-۵} C$$

۷- اگر یک الکترون که بار الکتریکی آن در حدود $۱/۶ \cdot ۱۰^{-۱۹}$ e کولن است، از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B که اختلاف پتانسیل میانی آن دو نقطه یک ولت است برود، کار حاصل از انتقال آن چند ژول است؟

$$\text{ج) } W = ۱/۶ \cdot ۱۰^{-۱۹} \text{ ژول}$$