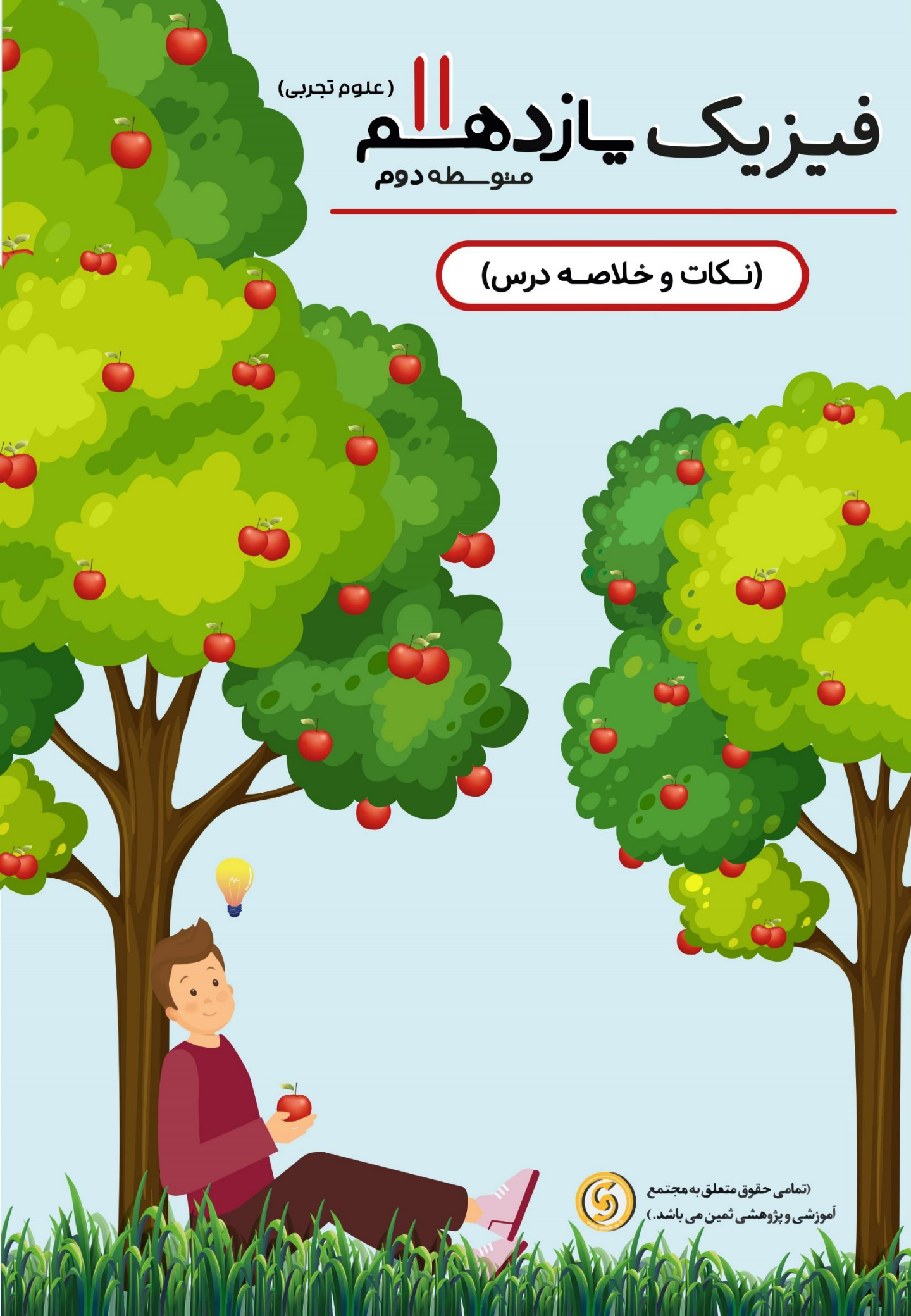


(علوم تجربی)

فیزیک یازدهم

منوچه دوم

(نکات و خلاصه درس)



(تمامی حقوق متعلق به مجتمع
آموزشی و پژوهشی ثمین می باشد.)



$$G_x \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

فصل اول: الکتريسيته ساكن

معمولاً وقتی دو جسم با یکدیگر مالش داده میشوند، هر دوی آنها دارای بار الکتريکی می‌شوند و بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.

دو نوع بار الکتريکی
 بنیامین فرانکلین

پروتون : مثبت (+)
 الکترون : منفی (-)

نوع باری که دو جسم مختلف بر اثر مالش پیدا می‌کنند، به جنس آنها بستگی دارد.

باردار بودن یک جسم و نوع بار آن را می‌توانیم با الکتروسکوپ (برقنما) تعیین کنیم.

در آذرخش، باری از مرتبه 10^9 C به زمین منتقل می‌شود.
 در مالش شانه پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از
 یکای بار الکتريکی در SI کوئن (C) است
 مرتبه نانوکولن (nC) است.

پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتريکی :

در یک اتم خنثی، تعداد الکترونها برابر با تعداد پروتون های هسته است. بنابراین، جمع جبری همه بارها (بار خالص) دقیقاً برابر با صفر است.

الکترونها تولید نمی‌شوند و یا از بین نمی‌روند، بلکه صرفاً از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند.

اندازه بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازه بار مثبت پروتون است. این مقدار را بار بنیادی (با نماد e)

می‌گویند که برابر است با :

$$e = 1.60217653 \times 10^{-19} \text{ C} \approx 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$



$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

در مالش دو جسم، بار الکتریکی خالص جسمی که الکترون از دست می‌دهد مثبت و جسمی که الکترون به دست می‌آورد منفی است.

به دست آوردن یا از دست دادن الکترون دو جسم در تماس با یکدیگر را میتوان براساس جدولی موسوم به سری الکتروسیته مالشی (تریوالکتریک) مشخص کرد.

هر چه مواد در این جدول پایین‌تر قرار داشته باشند الکترون خواهی بیشتری دارند. یعنی در تماس دو ماده از این جدول، الکترون‌ها از ماده بالاتر به ماده پایین‌تر منتقل می‌شوند.

اصل پایستگی بار الکتریکی:

مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی (ایزوله) ثابت است. یعنی بار میتواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

کوانتیده بودن بار الکتریکی:

بار الکتریکی مشاهده شده در هر جسم در هر لحظه همواره مضرب درستی از بار بنیادی e است. یعنی:

$$q = \pm ne \quad , \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

تعداد اعضای یک خانواده یا تعداد خودروهای داخل یک پارکینگ از جمله مثال‌های کوانتیده بودن یک کمیت هستند. زیرا نمیتوان اعضای یک خانواده را ۴.۷ نفر اعلام کرد یا تعداد خودروهای داخل یک پارکینگ نمیتواند عددی همچون ۸.۲ باشد.

مثال: حتماً برای شما هم پیش آمده است که در منزل هنگام دست زدن به دستگیره فلزی درب شوک

خفیفی به دستتان وارد شده باشد. دلیل این اتفاق این است که گاهی با راه رفتن روی فرش، بدن انسان

$$G_x \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

بار الکتریکی پیدا می‌کند و این بار الکتریکی در هنگام دست زدن به جسمی مانند فلز دستگیره به سرعت

از بدن تخلیه می‌شود. اگر فرض کنیم در این حالت بار منتقل شده بین بدن و دستگیره در حدود ۱

نانو کولن بوده باشد می‌توانیم تعداد الکترون های انتقال یافته در این فرآیند را از طریق فرمول قبلی

بدست آوریم:

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{1 \times 10^{-9} C}{1.60 \times 10^{-19} C} \approx 6 \times 10^9 \text{ الکترون}$$

قانون کولن:

می‌دانیم نیروی الکتریکی که دو جسم باردار برهم وارد می‌کنند می‌تواند جاذبه یا دافعه باشد.

اگر بارهای الکتریکی دو جسم **همنام** باشند، این نیرو **دافعه** است و اگر **ناهمنام** باشند، این نیرو **جاذبه**

است.

این قانون که توسط شارل آگوستین کولن دانشمند فرانسوی کشف شده بیان می‌دارد که:

اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه ای که در راستای خط واصل آنها اثر می‌کند، با

حاصل ضرب بزرگی آنها **متناسب** است و با **مربع فاصله بین آنها** نسبت **وارون** دارد. بر این اساس:

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

که در آن q_1 و q_2 بارهای الکتریکی دو بار نقطه ای برحسب کولن (C)، r فاصله بین دو بار برحسب

متر (m) و F بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر هر بار برحسب نیوتون (N) است. در این رابطه k ثابت

الکتروستاتیکی یا ثابت کولن نام دارد و برابر است با:

$$k = 8.98755179 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2 \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

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

مثال: سه ذره با بارهای $q_1 = +2.5 \mu C$ ، $q_2 = -1.0 \mu C$ ، $q_3 = +4.0 \mu C$ در نقاط A, B, C

مطابق شکل ثابت شده اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 را محاسبه کنید.



پاسخ: نیروی الکتریکی خالصی که بر بار q_2 وارد می شود، برآیند دو نیرویی است که از طرف بارهای

q_1 و q_3 بر آن وارد می شود.

$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \frac{(2.5 \times 10^{-6} \text{ C})(1.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(4.0 \text{ m})^2}$$

$$\approx 1.4 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{32} = k \frac{|q_3||q_2|}{r_{32}^2} = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \frac{(4.0 \times 10^{-6} \text{ C})(1.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(2.0 \text{ m})^2}$$

$$\approx 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

نیرویی که بار q_1 و q_3 به بار q_2 وارد می کنند هر دو از نوع جاذبه است اما در خلاف جهت همدیگر

$$F_T = F_{32} - F_{12} = 7.6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

بنابراین داریم:

اگر این خط واصل بارها را بر روی محور x ها در نظر بگیریم میتوان با استفاده از بردار یگه گفت:

$$\vec{F}_T = (7.6 \times 10^{-3} \text{ N}) \vec{i}$$

$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

ثابت کولن را می توان بر حسب یک ضریب ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلا (ε.) نیز

نوشت:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon.}$$

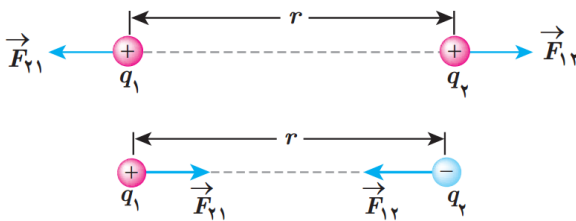
$$\epsilon. = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/N.m^2$$

که در آن:

در شکل زیر \vec{F}_{12} نیرویی است که بار نقطه ای q_1 به بار نقطه ای q_2 وارد می کند و \vec{F}_{21} نیرویی است که

بار نقطه ای q_2 به بار نقطه ای q_1 وارد می کند که بنا به قانون سوم نیوتون این دو نیرو هم اندازه، هم

راستا و در خلاف جهت یکدیگرند.



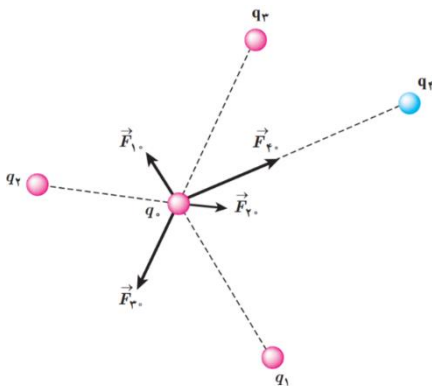
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow F_{12} = F_{21}$$

برهمنهی نیروهای الکتروستاتیکی:

اگر تعدادی بار نقطه ای داشته باشیم نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره، بر آیند نیروهایی است که هر یک

از ذره های دیگر در غیاب سایر ذره ها، بر آن ذره وارد می کنند.

به طور مثال در شکل زیر:

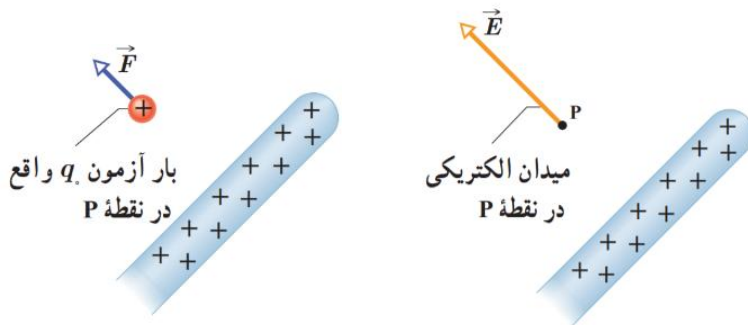


$$\vec{F}_{T.} = \vec{F}_{1.} + \vec{F}_{2.} + \vec{F}_{3.} + \vec{F}_{4.}$$

میدان الکتریکی:

میدان الکتریکی در واقع **خاصیتی** در **فضای پیرامون** هر جسم یا ذره **باردار** است که جسم باردار به واسطه آن بر ذرات و اجسام باردار دیگر نیرو وارد می‌کند.

برای یافتن میدان الکتریکی هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار باید بار کوچک و مثبت q (بار آزمون) را در آن نقطه قرار داده و نیروی وارد بر آن را اندازه بگیریم. میدان الکتریکی ناشی از جسم

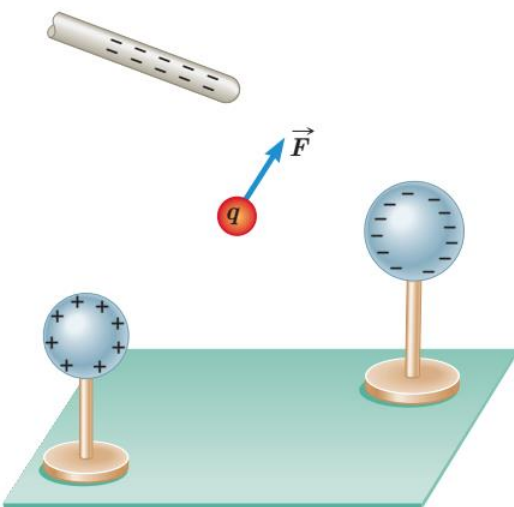


باردار در آن نقطه به این صورت

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

میدان الکتریکی کمیتی **برداری** است و اندازه آن برابر $\frac{F}{q}$ و جهت آن همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون است و یکای آن **نیوتون بر کولن** (N/C) می‌باشد.

مثال: بار آزمون نشان داده شده در شکل



$q = +3.0 \times 10^{-8} C$ است و از سوی دو گوی و یک میله

باردار نیرویی برابر با $F = 6.0 \times 10^{-5} N$ در جهت نشان

داده شده بر آن وارد می‌شود.

الف) میدان الکتریکی در محل بار آزمون را تعیین کنید.

ب) اگر بار $+12 \times 10^{-8} C$ را به جای q قرار دهیم چه

نیرویی به آن وارد می‌شود؟

$$G \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

پاسخ:

الف) بزرگی میدان الکتریکی برابر است با:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{6.0 \times 10^{-5} N}{3.0 \times 10^{-8} C} = 2.0 \times 10^3 N/C$$

که هم جهت با نیروی \vec{F} نشان داده شده در شکل است.

ب) حال که بزرگی میدان را می‌دانیم می‌توانیم نیروی وارد بر هر مقدار باری را بدست آوریم.

$$F = q.E = (12 \times 10^{-8} C)(2.0 \times 10^3 N/C) = 24 \times 10^{-5} N$$

میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار:

میدان الکتریکی ناشی از ذره ای با بار q در نقطه A که به فاصله r از بار q قرار دارد برابر است با:

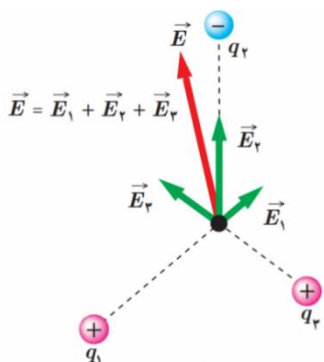
$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

طبق این رابطه، میدان با اندازه بار q نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن، نسبت وارون دارد.

برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی:

میدان الکتریکی ناشی از چند بار الکتریکی در نقطه ای از فضا، برابر مجموع میدان‌هایی است که هر بار

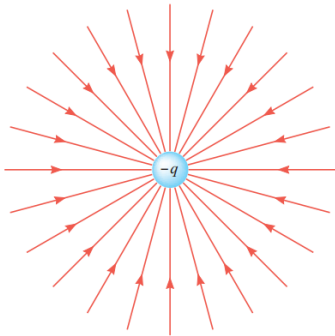
در غیاب سایر بارها در آن نقطه از فضا ایجاد می‌کند.



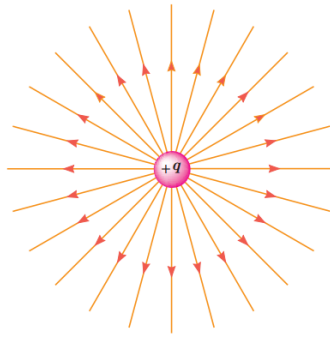
$$E = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

خطوط میدان الکتریکی:



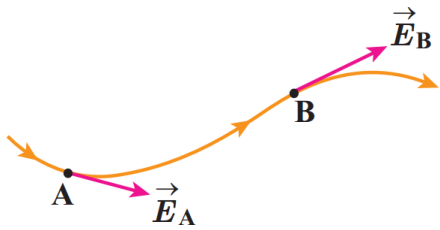
(ب) خطوط میدان الکتریکی به سمت ذره باردار $-q$ است.



(الف) خطوط میدان الکتریکی در جهت دور شدن از ذره باردار $+q$ است.

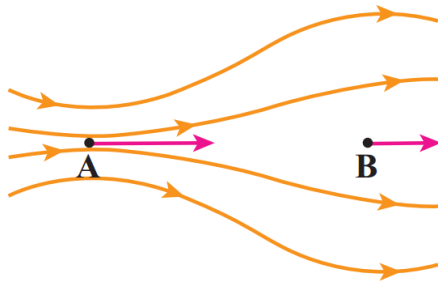
برای مجسم کردن میدان الکتریکی در فضای اطراف اجسام باردار از خطهای جهتداری موسوم به خطوط میدان الکتریکی استفاده میکنیم.

قواعد رسم خطوط میدان الکتریکی:



۱. در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر

خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.



۲. میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان

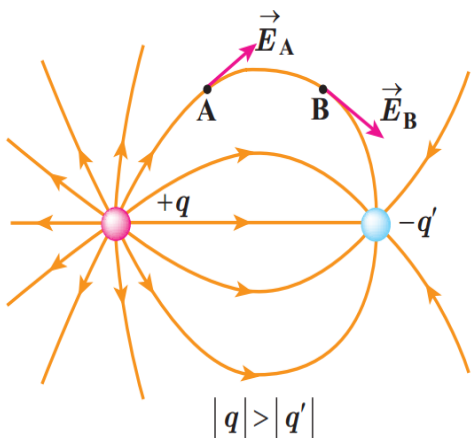
دهنده اندازه میدان در آن ناحیه است؛ هر جا خطوط

میدان متراکمتر باشد، اندازه میدان بیشتر است.

۳. در آرایشی از بارها، خطوط میدان الکتریکی

از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم

می شوند.



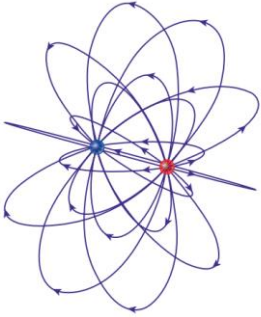
۴. خطوط میدان بر آیند هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند یعنی

از هر نقطه فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می گذرد.

$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



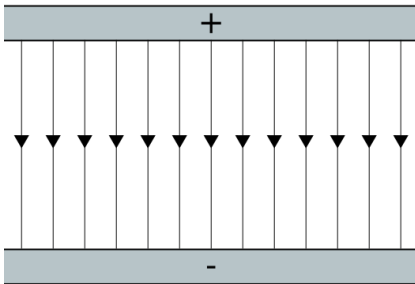
تجسم واقعی خطوط میدان، در فضاست و بنابراین طرحی سه بعدی دارد.



میدان الکتریکی یکنواخت:

میدان الکتریکی یکنواخت عبارت است از میدانی که در

تمام نقاط اندازه و جهت آن یکسان است.



نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی:

اگر بار الکتریکی q در میدان الکتریکی \vec{E} ناشی از اجسام باردار دیگری قرار گیرد، این میدان بر آن

نیروی \vec{F} را وارد می‌کند.

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

بزرگی این نیرو از رابطه $F = |q| E$ به دست می‌آید و جهت آن اگر q مثبت باشد هم جهت میدان و

اگر q منفی باشد در خلاف جهت میدان است.

مثال: روی سطح بادکنکی به جرم $10g$ بار الکتریکی $-200nC$ ایجاد می‌کنیم و آن را در یک میدان

الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین

کنید. (از نیروی شناوری وارد به بادکنک چشم پوشی کنید.)



$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

پاسخ: برای اینکه بادکنک در هوا معلق بماند نیروی وارد شده بر آن باید با نیروی گرانش زمین مقابله

کند. بنابراین این نیرو باید به سمت بالا باشد. از آنجایی که بار بادکنک از نوع منفی است جهت میدان

الکتریکی برای وارد آوردن نیروی رو به بالا به بادکنک باید به سمت پایین باشد. با توجه به معلق بودن

داریم:

$$F_{\text{گرانش}} = m \cdot g = 0.01 \text{ Kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 9.8 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_{\text{گرانش}} = F_E \Rightarrow F_E = 9.8 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$E = \frac{F_E}{|q|} = \frac{9.8 \times 10^{-2} \text{ N}}{2.00 \times 10^{-9} \text{ C}} = 4.9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

و جهت میدان **رو به پایین** (هم جهت با نیروی گرانش) است.

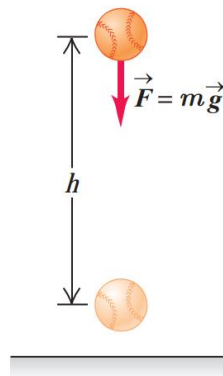
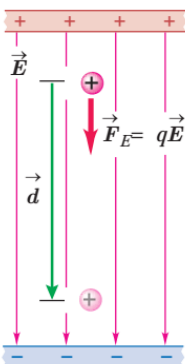
انرژی پتانسیل الکتریکی:

انرژی پتانسیل الکتریکی، انرژی لازم برای جابجایی ذره باردار در میدان الکتریکی است و مشابه با انرژی

پتانسیل گرانشی تعریف می شود و وابسته به فاصله ذره از میدان الکتریکی است. همانگونه که در سقوط

یک توپ رفته رفته از انرژی پتانسیل گرانشی آن کاسته و به انرژی جنبشی آن اضافه می شود در مورد

ذره باردار مثبت نیز در هنگام حرکت در میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می یابد و



انرژی جنبشی ذره باردار افزایش می یابد.



$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذره باردار در میدان الکتریکی \vec{E} در یک جابه‌جایی مشخص برابر

با منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است:

$$W_E = -\Delta U_E$$

با توجه به شکل بالا می‌دانیم کار انجام شده توسط نیروی الکتریکی ثابت \vec{F}_E در طی جابه‌جایی \vec{d} از رابطه

$$W_E = (F_E \cos\theta)d = F_E d \cos\theta \quad \text{زیر بدست می‌آید:}$$

می‌دانیم: $F = |q|E$ بنابراین رابطه بالا به صورت زیر در می‌آید:

$$W_E = |q|E d \cos\theta$$

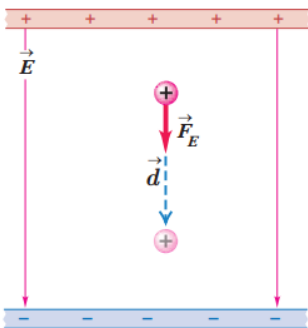
که با توجه به رابطه کار و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی داریم:

$$\Delta U_E = -|q|E d \cos\theta$$

که در آن θ زاویه بین نیروی \vec{F}_E و جابه‌جایی \vec{d} است. بار الکتریکی (q) بر حسب کولن (C)، بزرگی

میدان الکتریکی (E) بر حسب نیوتون بر کولن (N/C)، اندازه جابه‌جایی (d) بر حسب متر (m) و تغییر

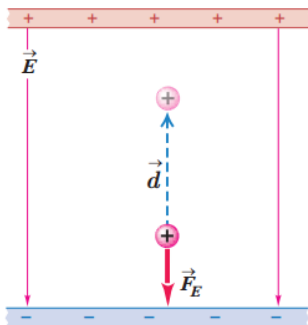
انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU_E) بر حسب ژول (J) است.



(۱) اگر بار مثبت را در جهت میدان الکتریکی \vec{E} جابجا کنیم،

میدان الکتریکی کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد و

انرژی پتانسیل الکتریکی بار (U_E) کاهش می‌یابد.



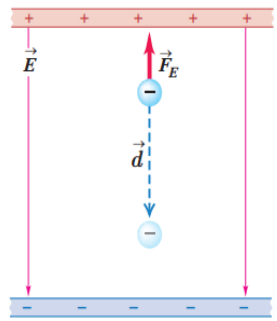
(۲) اگر بار مثبت را خلاف جهت میدان الکتریکی \vec{E} جابجا

کنیم، میدان الکتریکی کار منفی W_E را روی بار انجام

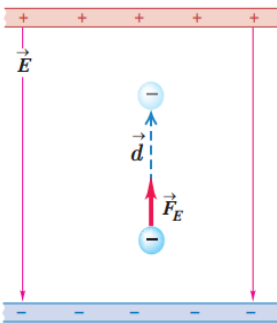
می‌دهد و انرژی پتانسیل الکتریکی بار (U_E) افزایش

می‌یابد.

$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



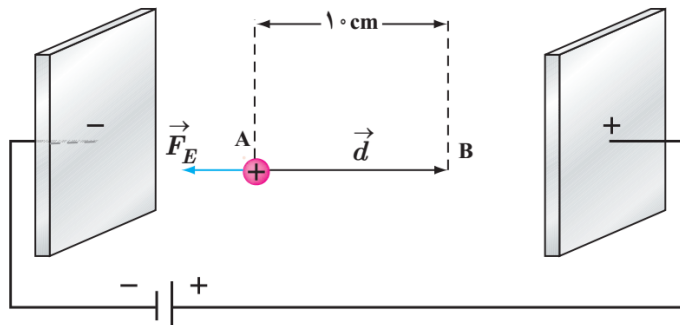
۳) اگر بار منفی را در جهت میدان الکتریکی \vec{E} جابجا کنیم، میدان الکتریکی کار منفی W_E را روی بار انجام می‌دهد و انرژی پتانسیل الکتریکی بار (U_E) افزایش می‌یابد.



۴) اگر بار منفی را خلاف جهت میدان الکتریکی \vec{E} جابجا کنیم، میدان الکتریکی کار مثبت W_E را روی بار انجام می‌دهد و انرژی پتانسیل الکتریکی بار (U_E) کاهش می‌یابد.

مثال: در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = 2.0 \times 10^3 \text{ N/C}$ پروتونی از نقطه A با سرعت \vec{V} در خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است. پروتون سرانجام در نقطه B متوقف می‌شود. بار پروتون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن $1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ است.

الف) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در این جابه‌جایی چقدر است؟
 ب) تندی پرتاب پروتون را پیدا کنید. (از وزن پروتون و مقاومت هوا چشمپوشی شود)





$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



پاسخ:

(الف)

$$\begin{aligned} \Delta U_E &= -W_E = -|q|Ed\cos\theta \\ &= -(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})(2.0 \times 10^3 \text{ N/C})(1.0 \times 10^{-2} \text{ m})(\cos 180^\circ) \\ &= 3.2 \times 10^{-17} \text{ J} \end{aligned}$$

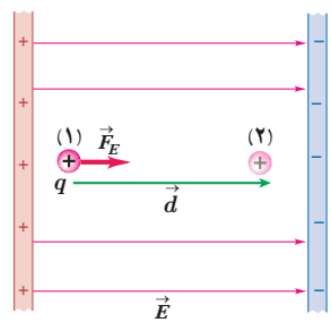
(ب)

$$\begin{aligned} W_E = \Delta K &\Rightarrow -\Delta U_E = \frac{1}{2}m(0 - V_f^2) \Rightarrow \\ -3.2 \times 10^{-17} \text{ J} &= \frac{1}{2}(1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg})(-V_f^2) \Rightarrow V_f \approx 2.0 \times 10^5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

پتانسیل الکتریکی:

تغییرات پتانسیل الکتریکی یا اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه از مسیر حرکت ذره باردار عبارتست

از نسبت تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی در این دو نقطه به مقدار بار ذره.



$$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{\Delta U_E}{q}$$



$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

در این رابطه V کمیتی **نرده ای** است که به آن **پتانسیل الکتریکی** گویند و مقدار آن در نقطه های

۱ و ۲ به ترتیب برابر V_1 و V_2 است. اختلاف پتانسیل الکتریکی ΔV بر حسب ژول بر کولن

(J/C) به دست می آید که آن را به افتخار الساندر وولتا، ولت نامیده و با نماد V نمایش می دهند.

به یاد داشته باشید که نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار ذره (یا همان اختلاف پتانسیل

الکتریکی)، **مستقل از نوع و اندازه بار الکتریکی** است.

با انتخاب کردن مرجعی که در آن انرژی پتانسیل الکتریکی ذره و پتانسیل الکتریکی در آن نقطه صفر

باشند (مشابه انرژی پتانسیل گرانشی)، **پتانسیل الکتریکی** در هر نقطه از میدان الکتریکی از رابطه

$$V = \frac{U_E}{q}$$

به دست می آید.

باتری ها به اشکال و اندازه های مختلف و در ولتاژ های متفاوت وجود دارند. هر باتری دارای دو پایانه

است که یکی **مثبت** و دیگری **منفی** نشان داده می شود. بنا به قرارداد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر

باتری برابر با **پتانسیل پایانه مثبت** منهای **پتانسیل پایانه منفی** است.

$$\Delta V = V_+ - V_-$$

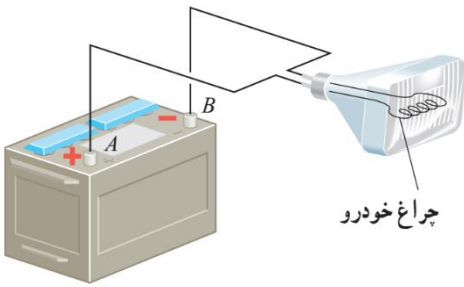
وقتی می گوئیم باتری خودرو ۱۲ ولت است، یعنی پتانسیل پایانه مثبت به اندازه ۱۲ ولت از پتانسیل پایانه

منفی آن بیشتر است. با در نظر گرفتن **پایانه منفی** به عنوان **مرجع**، پتانسیل پایانه مثبت برابر $+12$ ولت

می شود. معمولاً در مدارات الکتریکی نقطه ای از مدار را **پتانسیل صفر** یا اصطلاحاً **زمین** قرار می دهند و

آن را با علامت $\underline{\underline{0}}$ نمایش می دهند. پتانسیل نقاط دیگر مدار نسبت به این نقطه محاسبه می شود.

$$G \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



مثال: اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه های باتری خودروی نشان داده شده در شکل برابر 12.0 V است. اگر بار الکتریکی 50.0 C - کولن از پایانه منفی به پایانه مثبت باتری جابه جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می کند؟

پاسخ:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta U_E = q\Delta V = q(V_+ - V_-) = (-50.0 \text{ C})(+12.0 \text{ V}) = -600 \text{ J}$$

رابطه اختلاف پتانسیل دو نقطه و اندازه میدان الکتریکی یکنواخت:

اگر بار مثبت q را در میدان الکتریکی یکنواخت \vec{E} هم جهت با خطوط میدان به اندازه d جابه جا کنیم،

$$\Delta U_E = -|q|E d \cos \theta = -qEd \quad \text{با توجه به مثبت بودن } q \text{ و صفر بودن } \theta \text{ داریم:}$$

$$\Delta U_E = q\Delta V \quad \text{و از طرفی داشتیم:}$$

$$\Delta V = -Ed \quad \text{بنابراین:}$$

در این رابطه ΔV بر حسب ولت، E بر حسب نیوتون بر کولن، و d بر حسب متر است. پس در واقع

میتوان گفت:

$$1 \text{ N/C} = 1 \text{ V/m}$$

به یاد داشته باشید که ما در جهت میدان حرکت کردیم. اگر خلاف جهت میدان حرکت کنیم به این

$$\Delta V = Ed \quad \text{رابطه می‌رسیم:}$$

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

پس می توان گفت به طور کلی: $|\Delta V| = Ed$

کار انجام شده توسط نیروی خارجی:

اگر در یک میدان الکتریکی یکنواخت بار q را با اعمال نیرو جابجا کنیم بر روی آن کار انجام داده ایم که با نماد $W_{\text{خارجی}}$ نشان داده می شود. در همین حین میدان نیز بر روی بار کار انجام داده است که با

نماد W_E نمایش داده می شود. با توجه به قضیه کار-انرژی جنبشی و روابط قبل، تغییر انرژی جنبشی بار q برابر است با:

$$\Delta K = W_{\text{خارجی}} + W_E = W_{\text{خارجی}} - q\Delta V$$

اگر تندی بار q در ابتدا و انتهای جابه جایی یکسان باشد $\Delta K = 0$ داریم:

$$W_{\text{خارجی}} = -W_E = q\Delta V$$

در این حالت خاص بسته به علامت و بزرگی q و ΔV ، کار $W_{\text{خارجی}}$ می تواند مثبت، منفی یا صفر باشد.

میدان الکتریکی در داخل رسانا ها:

بار اضافی داده شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع میشود و نحوه توزیع

بار در رسانا به گونه ای است که میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر شود. به

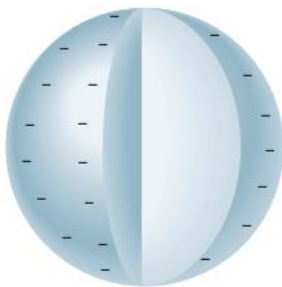
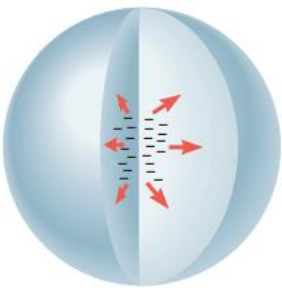
عبارت دیگر در شرایط الکتروستاتیکی، میدان الکتریکی در داخل رسانا نمی تواند

صفر نباشد؛ زیرا اگر این میدان صفر نباشد، بر الکترونهاي آزاد داخل رسانا نیروی

الکتریکی (طبق رابطه $\vec{F} = q\vec{E}$) وارد میکند و سبب ایجاد جریان الکتریکی در

داخل رسانا می شود که این بدین معناست که بارها در تعادل الکتروستاتیکی قرار

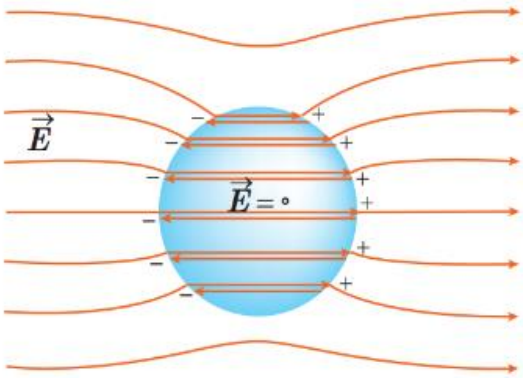
ندارند.



$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

رسانای خنثی در میدان الکتریکی:

وقتی یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌دهیم، در مدت زمان کوتاهی (کمتر از $10^{-9}S$) الکترونهای آزاد تحت تأثیر میدان الکتریکی خارجی، طوری روی سطح خارجی رسانا توزیع می‌شوند (القا می‌شوند) که میدان الکتریکی ناشی از آنها اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند و بدین ترتیب میدان الکتریکی خالص درون رسانا صفر شود.



چون میدان الکتریکی درون رسانایی که در تعادل الکتروستاتیکی است برابر با صفر است، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذره باردار در داخل رسانا نیز صفر میشود. بنابراین، کار نیروی الکتریکی در هر جابه‌جایی دلخواهی در داخل رسانا صفر می‌شود. در نتیجه همه نقاط رسانا پتانسیل یکسانی دارند. به

$$F_E = 0 \Rightarrow \Delta U_E = -W_E = 0$$

عبارت دیگر:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = 0 \Rightarrow V_2 - V_1 = 0 \Rightarrow V_1 = V_2$$

چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا: برای بیان تراکم بار الکتریکی بر روی یک سطح باید از مفهوم چگالی سطحی بار الکتریکی استفاده کنیم. چگالی سطحی بار که با نماد σ نشان داده می‌شود عبارت است از

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

نسبت مقدار بار توزیع روی سطح به مساحت سطح:

$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

در این رابطه چگالی سطحی بار (σ) بر حسب کولن بر متر مربع (C/m^2) بدست می آید.

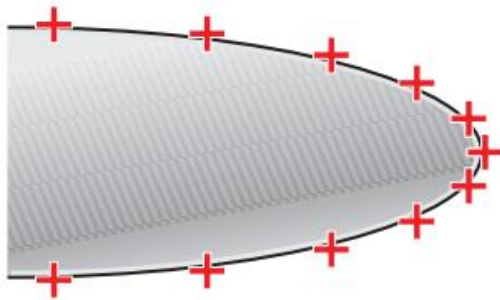
تراکم بار و چگالی سطحی بار در نقاط تیز سطح جسم

رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است همچنین

خطوط میدان الکتریکی در نقاط نوک تیز چنین رسانایی

متراکم تر و در نتیجه میدان الکتریکی در نزدیکی این

نقاط، قوی تر است.



مثال: سطح فلزی بزرگ بارداری را در نظر بگیرید که بار الکتریکی در سطح آن و دور از لبه ها به طور

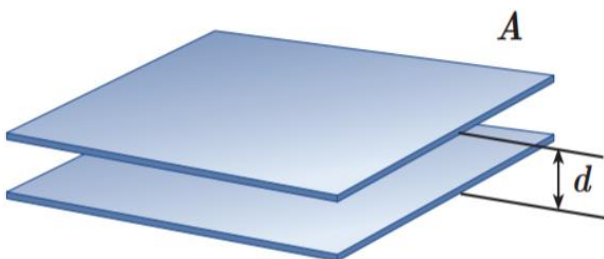
یکنواخت توزیع شده است. اگر چگالی بار روی این سطح $2.0 \times 10^{-6} C/m^2$ باشد، در بخشی از این

سطح به شکل مربعی به ضلع $1/0$ میلیمتر چقدر بار قرار گرفته است؟

پاسخ: $Q = \sigma A = (2.0 \times 10^{-6} C/m^2)(1.0 \times 10^{-3} m \times 1.0 \times 10^{-3} m)$

$$= 2.0 \times 10^{-12} C = 2.0 pC$$

خازن ها:



خازن وسیله ای الکتریکی است که می تواند بار و انرژی

الکتریکی را در خود ذخیره کند. خازن ها در اشکال و

ابعاد مختلف وجود دارند اما به طور کلی از دو صفحه

$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

رسانا تشکیل شده اند که با **فاصله کمی** (در مقایسه با ابعاد صفحات بسیار ناچیز) از یکدیگر قرار دارند.

خازن ها به طور گسترده ای در مدارات الکترونیکی کاربرد دارند و با نماد (+) نشان داده

می شوند. **خازن تخت** مطابق شکل از دو صفحه رسانا با مساحت A که در فاصله d از هم قرار گرفته اند

تشکیل می شود.

باردار (شارژ) کردن خازن:

با وصل کردن دو سر خازن به پایانه های یک باتری، شارش بار الکتریکی بر روی صفحات خازن صورت

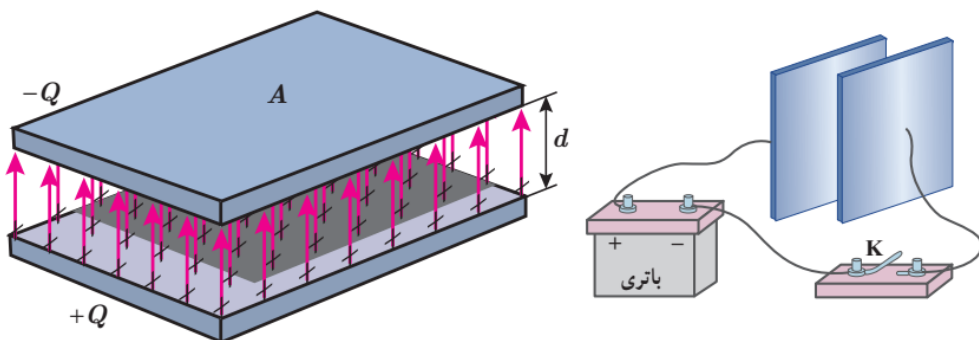
می گیرد تا زمانی که اختلاف پتانسیل **دو پایانه باتری** با اختلاف پتانسیل **دو صفحه خازن** برابر گردد. در

این حالت خازن به اصطلاح **شارژ** می شود. وقتی یک خازن **باردار** می شود، صفحه های آن دارای بارهایی

با **بزرگی یکسان**، ولی با **علامت مخالف** می شود: $+Q$ و $-Q$ با این حال بار خازن را به صورت $+Q$ نمایش

می دهند. بین دو صفحه خازن باردار یک **میدان الکتریکی** ایجاد می شود که خطوط این میدان از صفحه

مثبت به منفی است.



$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

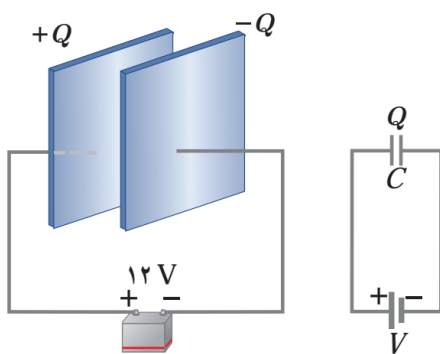
ظرفیت خازن:

اگر اختلاف پتانسیل بین صفحه های خازن (ΔV) را زیاد کنیم، بار خازن (Q) نیز به همان نسبت زیاد می شود. به عبارتی نسبت $\frac{Q}{\Delta V}$ همواره مقداری ثابت است که به این نسبت ثابت، **ظرفیت خازن** می گویند و آن را با (C) نشان می دهند. ظرفیت خازن به **اندازه بار خازن** و نیز **اختلاف پتانسیل دو صفحه آن بستگی ندارد.**

$$C = \frac{Q}{V}$$

در رابطه بالا یکای بار الکتریکی، **کولن (C)**، یکای اختلاف پتانسیل، **ولت (V)** و در نتیجه یکای ظرفیت، **کولن بر ولت (C/V)** است که به پاس خدمات مایکل فاراده، **فاراد (F)** نامیده شده است. فاراد یکای بسیار بزرگی است و عملاً ظرفیت اکثر خازن های متداول در محدوده پیکوفاراد ($10^{-12} F$) تا میلی فاراد ($10^{-3} F$) است.

مثال: صفحه های خازنی را مطابق شکل به پایانه های یک باتری با اختلاف پتانسیل $12V$ می کنیم. اگر



بار خازن $24\mu F$ شود،

الف) ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل $36V$ وصل کنیم،

بار الکتریکی آن چقدر می شود؟

$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

پاسخ:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{24 \times 10^{-6} C}{12V} = 2.0 \times 10^{-6} F = 2.0 \mu F \quad \text{(الف)}$$

ب) با توجه به اینکه ظرفیت خازن همواره مقدار ثابتی است از ظرفیت به دست آمده در قسمت الف

استفاده میکنیم.

$$Q = CV = (2.0 \times 10^{-6} F)(36V) = 72 \times 10^{-6} C = 72 \mu C$$

خازن با دی‌الکتریک:

اگر فضای میان صفحه های یک خازن را با مادهای عایق (مانند کاغذ یا پلاستیک) که به آن **دی‌الکتریک**

گفته می‌شود پرکنیم ظرفیت خازن با ضریبی موسوم به **ثابت دی‌الکتریک** ماده عایق (که آن را با κ نمایش

می‌دهند) افزایش می‌یابد. یعنی اگر ظرفیت خازن بدون دی‌الکتریک را با C نمایش دهیم آنگاه ظرفیت

$$C = \kappa C_0 \quad \text{خازن با دی‌الکتریک برابر است با:}$$

دی‌الکتریک ها بر دو نوع هستند: **قطبی** (مانند آب، NH_3 و HCl) و **غیر قطبی** (مانند متان، بنزن).

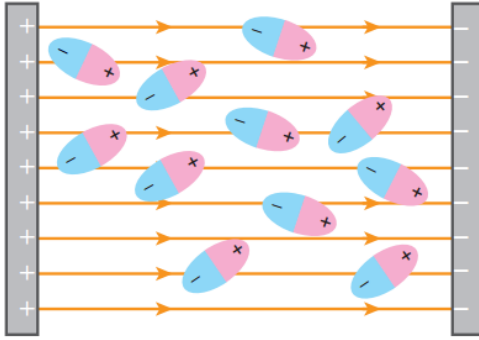
یک خازن شارژ شده را در نظر بگیرید. وقتی یک **دی‌الکتریک قطبی** در میدان الکتریکی بین دو صفحه

خازن قرار گیرد، سر **منفی** مولکولهای دوقطبی به طرف صفحه **مثبت** و سر **مثبت** آنها به طرف صفحه

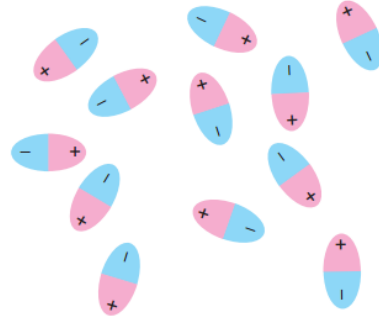
منفی کشیده میشود و در نتیجه این مولکولهای دوقطبی میکوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین

دو صفحه خازن هم ردیف کنند.

$$G \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



ب) در حضور میدان الکتریکی، مولکول‌های قطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم‌ردیف کنند.



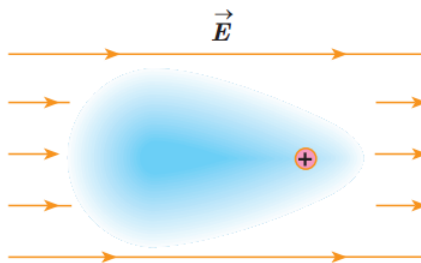
الف) در نبود میدان الکتریکی، سمت‌گیری مولکول‌های دو قطبی نامنظم است.

وقتی یک **دی‌الکتریک غیرقطبی** در میدان بین دو صفحه خازن قرار می‌گیرد بر اثر القا **قطبیده** میشود؛

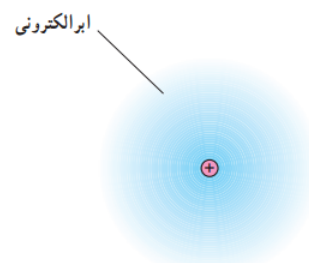
یعنی میدان الکتریکی اعمال شده باعث میشود که ابر الکترونی مولکول‌های دی‌الکتریک در **خلاف جهت**

میدان جابه‌جا شود و به این ترتیب، مرکز بارهای مثبت و منفی مولکولها از هم جدا شده و اصطلاحاً

مولکولها **قطبیده** شوند.



ب) در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند و ابر الکترونی در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود.



الف) در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق‌اند.



$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

این رفتار مولکولهای دی‌الکتریک (قطبی یا غیرقطبی) در میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن، سبب افزایش ظرفیت خازن میشود.

ظرفیت خازن تخت به صورت روبرو بدست می‌آید: $C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$

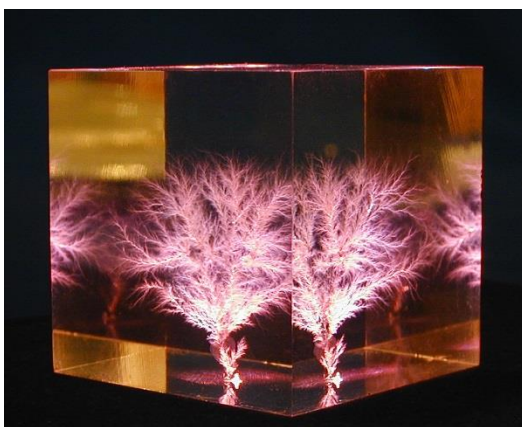
که در آن ϵ همان ضریب گذردهی الکتریکی خلأ است. ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$)

حال اگر فضای بین صفحه‌های این خازن را با یک دی‌الکتریک با ثابت دی‌الکتریک κ کاملاً پر کنیم برای

ظرفیت خازن جدید داریم: $C = \kappa \epsilon \cdot \frac{A}{d}$

فروریزش الکتریکی:

اثر دیگر حضور دی‌الکتریکها در خازن، افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن است. اگر اختلاف پتانسیل دو صفحه یک خازن را به اندازه کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های ماده دی‌الکتریک، توسط میدان الکتریکی ایجادشده بین دو صفحه، کنده می‌شوند و مسیرهایی رسانا، درون دی‌الکتریک ایجاد می‌شود که سبب تخلیه خازن می‌گردد.



نقشهای لیچنبرگ:

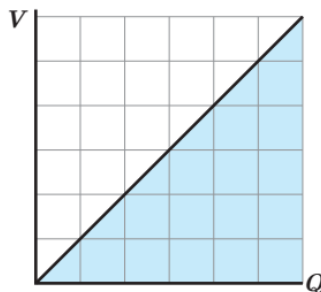
فروریزش الکتریکی باعث تشکیل مسیرهایی رسانشی سرخس شکلی در دی‌الکتریک شده است.

$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

به این پدیده **فروریزش الکتریکی** ماده دی الکتریک میگویند. فروریزش الکتریکی در عایق بین دو صفحه خازنها معمولاً، با ایجاد یک جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می سوزاند. خازنها معمولاً با **مقدار ظرفیت** آنها و **اختلاف پتانسیل بیشینه** ای که می توانند تحمل کنند مشخص می شوند.

انرژی خازن:

وقتی صفحه های خازن دارای بار الکتریکی می شوند در خازن **انرژی** ذخیره می شود. در هنگام شارژ شدن خازن توسط باتری، دائماً **باری جزئی** از یک صفحه خازن جدا و به همان اندازه به صفحه دیگر منتقل می شود. در این فرایند طبق رابطه $W_{\text{خارجی}} = Q\Delta V$ باتری روی این بار **کار** انجام می دهد. هنگام انتقال بار، **اختلاف پتانسیل** دو صفحه خازن نیز به آهستگی **افزایش** می یابد. بنابراین، برای انتقال بارهای بعدی به **کار بیشتری** نیاز است. بنا به رابطه $V = Q/C$ و با توجه به اینکه در این فرآیند ظرفیت خازن همواره مقدار ثابتی است، اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن **تابعی خطی** از بار ذخیره شده در آن می شود که به طور یکنواخت از صفر تا V افزایش می یابد.



بنابراین در هنگام باردار شدن خازن می توان اختلاف پتانسیل متوسطی را به صورت $\bar{V} = \frac{V+0}{2} = \frac{V}{2}$

برای دو صفحه خازن در نظر گرفت. با استفاده از رابطه $W_{\text{خارجی}} = Q\Delta V$ ، کار انجام شده برای باردار

$$G \propto \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

شدن کامل خازن برابر است با حاصل ضرب کل بارهای جزئی منتقل شده (Q) در اختلاف پتانسیل

متوسط:

$$W = Q\bar{V} = Q\left(\frac{V}{2}\right) = \frac{1}{2}QV$$

این کار به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه های خازن ذخیره

می شود:

$$U_{\text{خازن}} = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

که در آن انرژی پتانسیل الکتریکی خازن ($U_{\text{خازن}}$) بر حسب ژول (J)، بار خازن (Q) بر حسب کولن (C)،

اختلاف پتانسیل دو صفحه خازن (V) بر حسب ولت (V) و ظرفیت خازن (C) بر حسب فاراد (F) است.

مثال: مدار یک فلاش عکاسی، انرژی را با ولتاژ ۳۳۰V در یک خازن ۶۶۰ μF ذخیره می کند.

الف) چه مقدار انرژی الکتریکی در این خازن ذخیره می شود؟

ب) اگر تقریباً همه این انرژی در مدت ۱ ms آزاد شود، توان متوسط خروجی فلاش چقدر است؟

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}(660 \times 10^{-6}F)(330V)^2 = 35.9 J \quad \text{پاسخ:}$$

$$\bar{P} = \frac{U}{t} = \frac{35.9 J}{1.0 \times 10^{-3} s} = 3.6 \times 10^4 J/s = 36 kW$$



بانک محتوای آموزشی SET

آسان و سریع مطالب مهم را مرور کنید و برای آزمون آماده شوید.

همین الان کلیک کن



دوره‌های آموزشی

با دوره‌های آموزشی وارد مسیر یادگیری شوید و گام به گام خود را در کل درس راحت کنید.



نمونه‌سوال‌های حل شده

با نمونه‌سوال‌های حل شده درس به درس، مثال‌های مهم را ببینید و مفاهیم را آسان درک کنید.



خلاصه نکات

با خلاصه نکات درس به درس فقط به نکات مهم بپردازید و زمان را ذخیره کنید.



ویدئو آموزشی

با ویدئوهای کوتاه درس به درس، مطالب درس را آسان و سریع یاد بگیرید.



www.youtube.com/@saminskill

www.aparat.com/set_ir_official

www.instagram.com/set.ir.shop

t.me/set_ir_levelup

[@set_ir_levelup](https://www.facebook.com/set_ir_levelup)

[@levelupset](https://www.facebook.com/levelupset)

۰۲۱۴۴۰۷۰۷۳۰

۰۹۰۲۷۱۴۳۴۰۲



اسکن کنید