

فصل دوم: الکتريسيته ساكن

قانون كولن

نيرو (N)

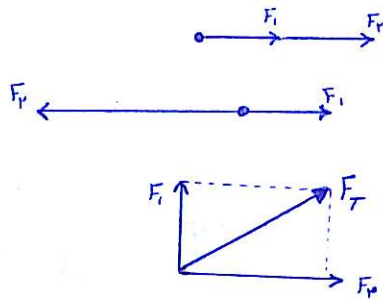
$$F = \frac{k q_1 q_2}{r^2}$$

فاصله دو بار از يکديگر

ضريب کولن $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$ $k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

بار (کولن)



$$F_T = F_1 + F_2$$

$$F_T = |F_1 - F_2|$$

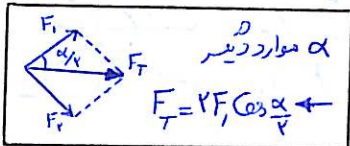
$$F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

دو نيرو هم جهت

دو نيرو خلاف جهت

دو نيرو عمود بر هم

دو نيرو مساوي



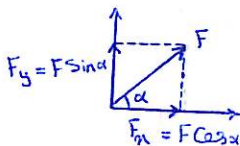
$$F_T = F_1 \leftarrow \alpha = 120^\circ$$

$$F_T = \sqrt{2} F_1 \leftarrow \alpha = 90^\circ$$

$$F_T = \sqrt{3} F_1 \leftarrow \alpha = 60^\circ$$

$$F_T = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha}$$

در حالت عمومي



$$\vec{F} = (F \cos \alpha) \vec{i} + (F \sin \alpha) \vec{j}$$

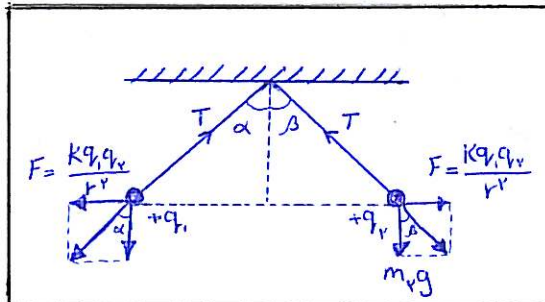
تجزيه بردارها

تعادل ذره باردار

$$\tan \alpha = \frac{F}{m_1 g}$$

$$\tan \beta = \frac{F}{m_2 g}$$

$$T^2 = (m_1 g)^2 + F^2$$

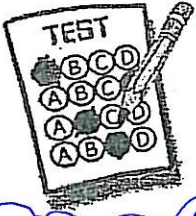


اگر جسم گلوله هائين باشد

$$\alpha = \beta$$

اگر جسم گلوله هائين نباشد
طول يکي به جرم بستري دارد، زلوتي کوچکتر
با خط قائم مي سازد.





$$\left(\frac{N}{C}\right) E = \frac{F}{q} = \frac{kq}{r^2}$$

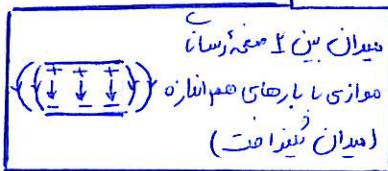
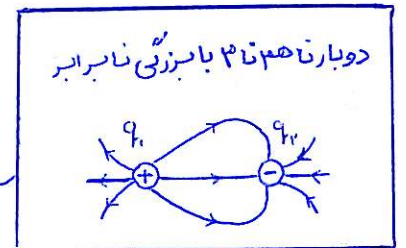
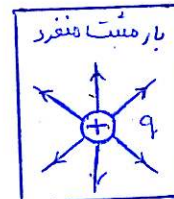
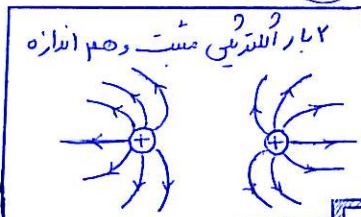
میدان الکتریکی

اگر دو بار هم نام باشند ← برای میدان الکتریکی دو بار، بین دو بار الکتریکی و نزدیک به باری به قدر مطلق اندازه آن کوچکتر است.
اگر دو بار نام نام باشند ← نزدیک میدان الکتریکی دو بار، خارج از ناحیه بین دو بار و نزدیک به باری به قدر مطلق اندازه آن کوچکتر است.

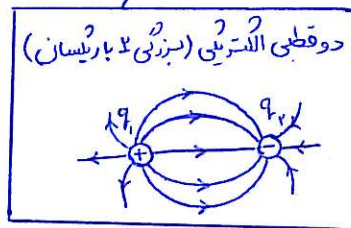
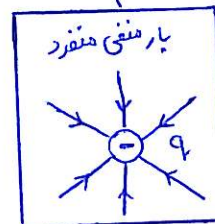
شرط صفر شدن میدان الکتریکی
حاصل از لا بار الکتریکی در یک نقطه
خاص $E_1 = E_2$

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\left|\frac{q_1}{q_2}\right|}$$

در این صورت



خطوط میدان الکتریکی

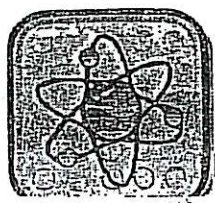
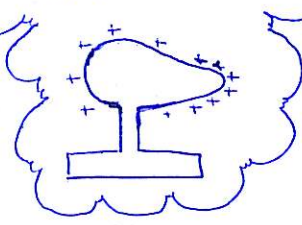
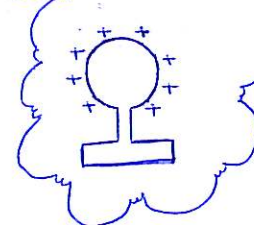


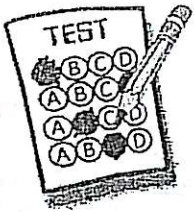
چگالی سطحی بار الکتریکی

$$\left(\frac{C}{m^2}\right) \sigma = \frac{q}{A} = \frac{q}{\epsilon R R^2}$$

اجسامی که سطح خارجی مقدار دارند چگالی سطحی بار در همه جا
یکسان نیست. در مکان های برجسته و نوک نیز حجم رسانا چگالی
سطحی بار از سایر مکان های جسم بیشتر است.

اجسامی که سطح خارجی مقدار دارند، مانند
چگالی سطحی بار در همه جای آن است.



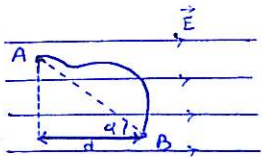


دوبار الکتریکی هم نام را به هم نزدیک کنیم ← انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش
 دوبار الکتریکی هم نام را از هم دور کنیم ← انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش
 دوبار الکتریکی نام نام را به هم نزدیک کنیم ← انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش
 دوبار الکتریکی نام نام را از هم دور کنیم ← انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی

بار مثبت در جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود ← انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش
 بار مثبت در خلاف جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود ← انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش
 بار منفی در جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود ← انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش
 بار منفی در خلاف جهت خط‌های میدان جابه‌جا شود ← انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش

پارامترهای



$$\Delta u = \pm q E d \rightarrow d = AB \times \cos \alpha$$

کارشود الکتریکی به مسیورت بار در میدان الکتریکی بستگی ندارد ($W = \Delta u$)

اختلاف پتانسیل الکتریکی

میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه رسانای موازی $E = \frac{\Delta V(r)}{d(m)}$	از سر + به طرف - بردیم $\Delta V = V_- - V_+ \Rightarrow \Delta V < 0$ از سر - به طرف + بردیم $\Delta V = V_+ - V_- \Rightarrow \Delta V > 0$	مقایسه ΔV مثل برابری (ج) یا رتبه (V)	حرکت در جهت خط‌های میدان پتانسیل الکتریکی نقطه‌ها می‌کاهش حرکت در خلاف جهت خط‌های میدان پتانسیل الکتریکی نقطه‌های میدان افزایش	$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q}$ $\rightarrow \Delta V = \frac{\Delta u}{q}$ علامت q در ΔV لحاظ شود.
--	---	---	--	--

(پتانسیل الکتریکی) $V_A = V_B = V_C$

در تمام نقاط داخل و خارج جسم پتانسیل برابر ←

داخل رسانا، میدان الکتریکی صفر ($E_c = 0$) ←

$E_A > E_B$ و $E_c = 0$ (چگالی سطحی بار) ←

بارهای مثبت همواره از نقطه‌ای با پتانسیل بیشتر به سمت نقطه‌ای با پتانسیل کمتر حرکت می‌کنند ← جهت حرکت بارهای مثبت جهت قراردادی جریان الکتریکی

اگر لا جسم رسانای باردار به هم وصل شوند ← آن قدر بار الکتریکی بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود تا

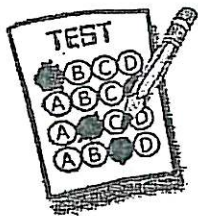
در تمام جسم هم پتانسیل شوند ← در این حالت جریان بین دو جسم قطع می‌شود

پتانسیل الکتریکی

جسم رسانای باردار



نام و نام خانوادگی



تعاریف و نکات مهم

⊕ پایشی بار الکتریکی: بار الکتریکی به وجود نمی آید و نیز از بین نمی رود و فقط از یک جسم به جسم دیگر منتقل می شود.

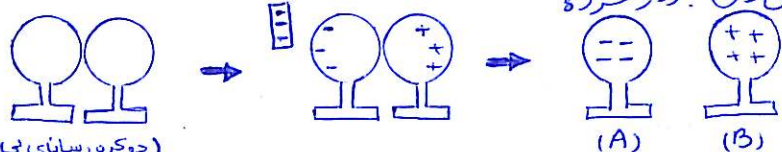
* $q = \pm ne$ (⊕ → الکترون از دست بدهد ، ⊖ → الکترون بگیرد)

⊕ جسم رسانا: بار الکتریکی در آن ها شارش می کند. ⊕ جسم نارسا: بار الکتریکی را از خود عبور نمی دهد.

* جسم های نارسا را به روش مالش باردار می کنند. به عنوان مثال ① اگر تریب شیشه ای (نارسانا) را با پارچه ابریشی (نارسانا) مالش دهیم → شیشه دارای بار مثبت و پارچه ابریشی دارای بار منفی می شود. ② اگر تریب پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم → پلاستیک دارای بار منفی و پارچه پشمی دارای بار مثبت می شود.

* در جسم های نارسا، بار الکتریکی فقط در محل مالش داده شده باقی می ماند و در جسم پشمی نمی شود.
* در مالش اجسام با یکدیگر، بعد از باردار شدن، بار الکتریکی خاص خود هم اندازه دلی نا هم ناک است.

⊕ القای بار الکتریکی: جسم رسانا را به این روش نیز می توان باردار کرد:



* در این روش مجموع بار القاء شده بر روی اجسام

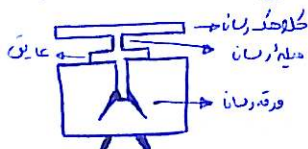
از بار الکتریکی صلی ای نه به هم نماند و نیز شده نکر است.

* هرگاه دو جسم رسانا با یکدیگر تماس پیدا کنند و (بدرجایس) $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$ (قبل از تماس)

* اگر دو کوره رسانای مشابه (شعاع یکسان) با بارهای q_1 و q_2 را با هم تماس دهیم:
(بعد از تماس بارهای الکتریکی هم نوع و هم اندازه هتند)

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

⊕ الکتروسکوپ: با استفاده از این وسیله باردار بودن یک جسم، نوع بار الکتریکی آن، رسانا یا نارسانا بودن جسم را می توان تشخیص داد.



* اگر جسم باردار را با کلاهک الکتروسکوپ تماس دهیم، بار الکتریکی هم نوع با جسم می شود. اما اگر الکتروسکوپ را با روش القا باردار کنیم، بار الکتریکی مخالف بار جسمی است که به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کردیم.



در حالتی که جسم باردار نزدیک کلاهک الکتروسکوپ قرار گیرد، با توجه به الکتروسکوپ هم نوع و بار مخالف آن مخالف بار جسم می باشد. در بعضی است در این حالت با اتصال کلاهک الکتروسکوپ به زمین، بار و دفعه های آن خنثی می شود.

⊕ قانون کولن: نیروی کششی یا دافعه بین دو ذره باردار q_1 و q_2 که در فاصله r از یکدیگر قرار دارند با حاصل ضرب بار دو ذره نسبت مستقیم و با مجذور فاصله دو ذره از یکدیگر نسبت وارون دارد.

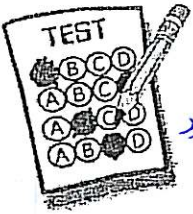
⊕ تعریف میدانی الکتریکی: یک بار الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف خود، خاصیتی (یعبار می کند که به آن میدان الکتریکی می گویند)

⊕ تعریف کمی میدان الکتریکی: نیروی وارد بر یک بار الکتریکی مثبت را در هر نقطه، میدان الکتریکی در آن نقطه می نامیم.

⊕ تجسم میدان الکتریکی: میدان الکتریکی را در اطراف یک جسم باردار با خط هایی نشان می دهیم که به آن

خط های میدان الکتریکی می گویند.





⊕ ویژگی های خط های میدان الکتریکی : ① خط های میدان در هر نقطه ، هم جهت با نیروی وارد بر بار مثبت واقع در آن نقطه اند ، در نتیجه جهت این خط ها از بار مثبت رو به خارج و به سوی بار منفی است .

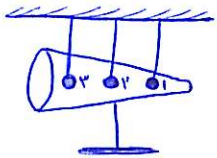
② خط میدان در هر نقطه ، جهت میدان را در آن نقطه نشان می دهد و میدان در هر نقطه ، برداری است محاس بر خط میدانی که از آن نقطه می نرود و با آن هم جهت است . ③ در هر ناحیه که میدان قوی تر باشد ، خط های میدان به یکدیگر نزدیک تر و فشرده ترند . ④ خط های میدان یکدیگر را قطع نمی کنند یعنی از هر نقطه فقط یک خط میدان می نرود نه همان بار چند میدان های الکتریکی است .

⊕ چگالی سطحی بار الکتریکی : بار الکتریکی موجود در واحد سطح جسم رسانا چگالی سطحی بار الکتریکی می نامیم .

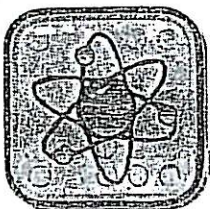
⊕ اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه : برابر تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یکای بار الکتریکی مثبت است ، وقتی یکای بار نقطه اول تا نقطه دوم جابجا شود .

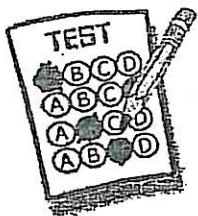
* اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه عامل تاثیرش بار الکتریکی بین آن دو نقطه است .

⊕ چگونگی توزیع بار الکتریکی در سطح خارجی یک جسم رسانای نامعقدارن : مطابق شکل چیدمان الکتریکی به این صورت است .



در داخل محصور فلزی (نه هوا یا پلاستیکی قرار دارد) و در محاس با آن قرار می دهیم .
 با اتصال چند آنتن (وان تورات) به محصور ، به آن بار الکتریکی می دهیم . مثا همد می شود که
 انوار آنتن شماره (۱) بیشتر از آنتن دوم ویراست . یعنی اندازه چگالی سطحی در جاهای
 نوک تیز بیشتر است .





خان

$$C = \frac{q}{V} \quad (\text{فاراد (F)}) \quad \leftarrow 1 pF = 10^{-12} F \quad \leftarrow 1 nF = 10^{-9} F \quad \leftarrow 1 \mu F = 10^{-6} F$$

نسبت $\frac{q}{V}$ ثابت است یعنی ظرفیت خازن با تغییر q و V هیچ تغییری نمی کند.

ظرفیت خازن به ساختار فیزیکی آن بستگی دارد و

$$C = K \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$K \rightarrow$ ثابت دی الکتریک
 $\epsilon_0 \rightarrow$ ضریب نفوذ پذیری خلاء

$A \rightarrow$ مساحت سطح مشرف به خازن
 $d \rightarrow$ فاصله بین دو صفحه

انرژی ذخیره شده در خازن :

$$U = \frac{1}{2} qV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

میدان داخل خازن :

$$E = \frac{V}{d} \quad q = CV \rightarrow E = \frac{q}{\epsilon A} \quad \sigma = \frac{q}{A} \rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

خازن متصل به مولد است $\leftarrow$ اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت $\leftarrow$ اگر C را افزایش دهیم :

$$C \uparrow \xrightarrow{V = \text{ثابت}} q \uparrow = C \uparrow V \rightsquigarrow U \uparrow = \frac{1}{2} C \uparrow V^2 \rightsquigarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon} \uparrow$$

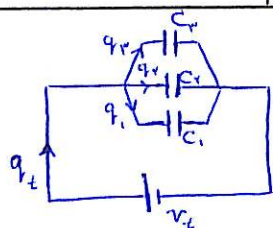
خازن پر شده از مولد جدا شده است $\leftarrow$ بار خازن ثابت $\leftarrow$ اگر C را افزایش دهیم :

$$C \uparrow \xrightarrow{q = \text{ثابت}} q = C \uparrow \cdot V \downarrow \rightsquigarrow U \downarrow = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C \uparrow} \rightsquigarrow E(\text{ثابت}) = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

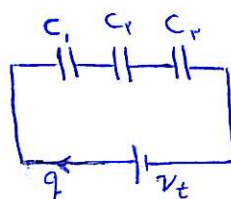
به هم پیوستن خازن ها

موازی

سری



$$\begin{cases} q_t = q_1 + q_2 + q_3 \\ V_t = V_1 = V_2 = V_3 \\ C_T = C_1 + C_2 + C_3 \\ C_T = nC \text{ ظرفیت } n \text{ خازن مشابه} \end{cases}$$



$$\begin{cases} q_t = q_1 = q_2 = q_3 \\ V_t = V_1 + V_2 + V_3 \\ \frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \\ C_T = \frac{C}{n} \text{ ظرفیت } n \text{ خازن مشابه} \end{cases}$$

بار هر خازن در ابتدا $q_1 = C_1 V_1$, $q_2 = C_2 V_2$ $\leftarrow$

پس از اتصال در خازن به هم پتانسیل ها برابر می شوند.

$\oplus \leftarrow$ از دو سر هم نام به هم وصل شوند.
 $\ominus \leftarrow$ از دو سر نام به هم وصل شوند.

$$q = q_1 \pm q_2 = C_1 V_1 \pm C_2 V_2$$

$$C_T = C_1 + C_2$$

$$V_T = \frac{q_1 \pm q_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 V_1 \pm C_2 V_2}{C_1 + C_2}$$

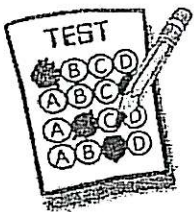
$$q'_1 = C_1 V_T \quad \text{و} \quad q'_2 = C_2 V_T$$

$$U'_1 = \frac{1}{2} C_1 V_T^2 \quad \text{و} \quad U'_2 = \frac{1}{2} C_2 V_T^2$$

اتصال خازن های پیاپی به هم

بعد از اتصال :

مجله



تعاریف و نکات مهم

⊕ **خازن** : قطعه الکتریکی است که می‌تواند مقداری بار الکتریکی را در خود ذخیره کند و هر زمان که لازم باشد آن را در مدار تخلیه کند.

⊕ **ظرفیت خازن** : نسبت بار ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه آن.

⊕ **ساختن خازن (فرمولست)** : هرگاه اختلاف پتانسیل دو سر خازن افزایش یابد، بار روی صفحه‌ها و اندازه میدان داخل خازن زیاد می‌شود و نیروی وارد بر الکترون‌های آتم‌های داخل خازن زیاد می‌شود. در نتیجه میدان خاص آن چنان نیرویی بر الکترون‌ها وارد می‌شود که الکترون‌ها را از حته جدایی کند و در نتیجه عایق به رسانا تبدیل شده و بین دو صفحه تبادل بار اتفاق می‌افتد و گرمای حاصل از آزاد شدن انرژی خازن باعث ذوب خازن می‌شود.

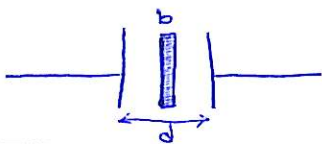
⊕ **نقش دی الکتریک در ظرفیت خازن** : مقدار دادن دی الکتریک بین صفحه‌های یک خازن باعث افزایش ظرفیت آن می‌شود. الکترون‌های آتم‌های داخل خازن در اثر حوضه در میدان الکتریکی خازن، تعادل خود را از دست می‌دهند، به طوری که در سمت صفحه مثبت بار در خلاف جهت متنی و در سمت صفحه منفی بار مثبت جمع می‌شود. افزایش بار در داخل دی الکتریک سبب ایجاد میدان داخل دی الکتریک می‌شود که در خلاف جهت میدان خازن است. پس حضور دی الکتریک سبب کاهش اندازه میدان می‌شود.

طبق رابطه $\epsilon = \frac{V}{E}$ ، با کم شدن میدان، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. اگر خازن به مولد وصل باشد، آن مقدار بار روی صفحه‌ها ریخته می‌شود تا پتانسیل مولد و خازن برابر شود، بنابراین بار خازن تحت همان اختلاف پتانسیل اولیه افزایش می‌یابد. به عبارتی ظرفیت خازن زیاد می‌شود. اگر خازن از مولد جدا باشد، بار خازن ثابت است و با کم شدن اختلاف پتانسیل طبق رابطه $q = CV$ مقدار C زیاد می‌شود.

* در مدارهای مسوولی ظرفیت معادل از کوچکترین ظرفیت، کوچکتر و در مدارهای مسوولی ظرفیت معادل از بزرگترین ظرفیت بزرگتر می‌باشد.

* در مدارهای مسوولی هرچه تعداد خازن زیادتر شود، ظرفیت معادل کمتر می‌شود و در مدارهای مسوولی هرچه تعداد خازن بیشتر شود ظرفیت معادل افزایش می‌یابد.

* هرگاه یک قطعه رسانا به ضخامت b را بین صفحات خازن قرار دهیم، فاصله بین دو صفحه خازن کاهش می‌شود، در نتیجه طبق رابطه $C = K \epsilon \frac{A}{d}$ ظرفیت خازن افزایش می‌یابد.



$$C = K \epsilon \frac{A}{d-b}$$

