دوپینگ فوری شب امتحان

خلاصه فشرده برای مرور سریع

فیزیک یازدهم ریاضی

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

فصل اول

بار الکتریکی:

دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. این دو نوع بار الکتریکی توسط دانشمند آمریکایی بنیامین فرانکلین، بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری شد.
استفاده از علامت‌های جبری به جای نام‌های دیگر این مزیت را دارد که وقتی در یک جسم از این دو نوع بار به مقدار مساوی وجود داشته باشد، جمع جبری بارهای جسم، صفر می‌شود که به معنای خنثی بودن آن جسم است.

نکات:

۱ـ نیروی الکتریکی بین بارهای همنام از نوع دافعه (رانشی) و نیروی بین بارهای ناهمنام از نوع جاذبه (ربایشی) است.
۲ـ یکای بار الکتریکی در SI، کولُن (C) است. توجه کنید یک کولُن مقدار بار بزرگی است. مثلاً در یک آذرخش نوعی، باری از مرتبهٔ ۱۰C به زمین منتقل می‌شود.
در مالش شانهٔ پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل‌شده از مرتبهٔ نانوکولن (nC) است.
۳ـ باردار بودن یک جسم و نوع بار آن را می‌توانیم با الکتروسکوپ (برق‌نما) تعیین کنیم.

بار بنیادی:

اندازهٔ بار منفی الکترون دقیقاً برابر با اندازهٔ بار مثبت پروتون است. این مقدار را بار بنیادی (با نماد e) می‌گویند که برابر است با: $e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C$

نکات:

۱ـ در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها برابر با تعداد پروتون‌های هسته است، بنابراین جمع جبری همهٔ بارها (بار خالص) دقیقاً برابر با صفر است.
۲ـ در هنگام مالش، با انتقال تعدادی الکترون از یک جسم به جسمی دیگر، تعادل بارها در اتم خنثی بر هم می‌خورد و جسمی که الکترون از دست می‌دهد، بار الکتریکی خالص آن مثبت می‌گردد و همچنین جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، بار الکتریکی خالص آن منفی می‌شود.
۳ـ به‌دست آوردن یا از دست دادن الکترون دو جسم در تماس با یکدیگر را می‌توان براساس جدولی موسوم به **سری الکتریسیتهٔ مالشی** (تریبوالکتریک) معلوم کرد. (در این جدول، مواد پایین‌تر، الکترون‌خواهی بیشتری دارند.)

سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
ابریشم
آلومینیم
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی‌اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

۴ـ ممکن است دو جسمی که با هم در تماس‌اند یا به هم مالش داده می‌شوند، هم‌جنس باشند و تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل شود و هر دو جسم، باردار شوند، مانند باردار شدن دو قطعه کیسهٔ پلاستیکی که به هم مالش داده می‌شوند.
۵ـ چون در اجسام نارسانا، مانند چوب، پلاستیک و ... بار در محل ایجادشده باقی می‌ماند و نمی‌تواند به تمام سطح و یا دیگر اجسام در تماس با آن‌ها منتقل شود، روش مالش برای باردار کردن این اجسام مناسب‌تر است.
البته یکی از جسم‌ها می‌تواند قطعهٔ فلزی باشد که به دستهٔ نارسانایی متصل شده است. ولی اگر هر دو جسم، فلز باشند، حتی اگر به دسته‌های نارسانایی متصل شوند، روش مالش برای باردار کردن آن‌ها بی‌نتیجه است.

اصل پایستگی بار 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. تاکنون هیچ آزمایشی این اصل را نقض نکرده است.

نکات:

۱ـ منظور از دستگاه منزوی در اینجا دستگاهی است که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.
۲ـ اگر دو گوی یا کرهٔ رسانای باردار هم‌اندازه و مشابه را به هم تماس دهیم و سپس از هم دور کنیم، طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، بار نهایی آن‌ها با هم برابر و برابر نصف مجموع بار آن‌ها قبل از تماس خواهد شد:

$$q'_۱ = q'_۲ = \frac{q_۱ + q_۲}{۲}$$

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی:

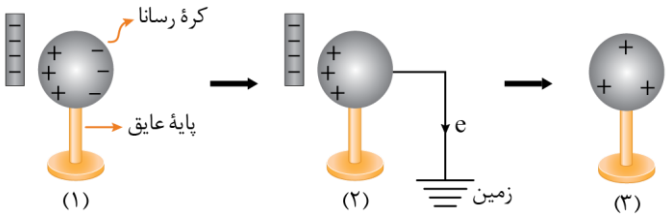
در تجربه‌هایی مانند مالش اجسام به یکدیگر اگر جسم خنثی الکترون به‌دست آورد یا از دست بدهد، همواره بار الکتریکی مشاهده‌شدهٔ جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است:

$$q = \pm ne \ , \ n = ۰, ۱, ۲, ...$$

علامت مثبت برای حالتی است که جسم الکترون از دست بدهد و علامت منفی برای حالتی است که جسم الکترون بگیرد.

القای بار الکتریکی:

یک جسم باردار را به یک جسم رسانای خنثی که روی پایهٔ عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. سپس برای لحظه‌ای جسم رسانا را به زمین وصل می‌کنیم یا آن را با دست لمس می‌کنیم. بارهای همنام با بار جسم باردار، خنثی می‌شوند و بار جسم رسانا، ناهمنام با بار جسم باردار می‌شود. به مراحل شکل زیر توجه کنید:



نکات:

۱ـ توجه کنید که بار میلهٔ باردار در این آزمایش تغییری نمی‌کند.

۲ـ در شکل (۱) اگر میلهٔ باردار را دور کنید، بارهای کرهٔ رسانا دوباره به حالت اول برمی‌گردند و بار خالص کرهٔ رسانا در این مرحله صفر است.

۳ـ در شکل (۲) هر قسمت از کره را به زمین وصل کنید یا با دست لمس کنید، بارهای منفی به زمین یا به دست منتقل می‌شوند.

۴ـ اجسام رسانا مانند فلزات به دلیل داشتن الکترون آزاد، به روش القاء (روش بدون تماس) باردار می‌شوند.

۵ـ اجسام نارسانا مانند چوب، پلاستیک و ... برخلاف رساناها، الکترون آزاد ندارند و الکترون‌ها روی سطح یا داخل جسم نارسانا جابه‌جا نمی‌شوند. با نزدیک کردن جسم باردار به یک جسم رسانا، داخل جسم دوقطبی‌های الکتریکی تشکیل می‌شود. در نتیجه اجسام نارسانا به روش القاء باردار نمی‌شوند.

۶ـ نیروی بین جسم باردار و جسم خنثی (چه رسانا باشد چه نارسانا) همواره جاذبه است.

قانون کولُن

اندازهٔ نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل‌ضرب بزرگی آن‌ها متناسب است و با مربع فاصلهٔ بین آن‌ها نسبت وارون دارد، بنابراین اندازهٔ این نیرو برابر است با:

$$F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲} \qquad (k = ۹\times ۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$$

نکات:

۱ـ بنا به قانون سوم نیوتون، این دو نیروی الکتریکی هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف جهت یکدیگرند و روی خط واصل دو بار هستند:

$$\vec{F}_{۱۲} = -\vec{F}_{۲۱} \Rightarrow F_{۱۲} = F_{۲۱}$$

۲ـ ثابت کولن را می‌توان بر حسب یک ضریب ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $(\varepsilon_۰)$ نیز نوشت:

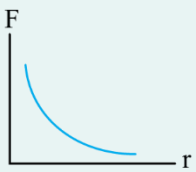
$$k = \frac{۱}{۴\pi\varepsilon_۰}$$

$$\varepsilon_۰ = ۸/۸۵\times ۱۰^{-۱۲} \frac{C^۲}{N.m^۲}$$

۳ـ با استفاده از ترازوی پیچشی کولنی، می‌توان درستی قانون کولن (عوامل مؤثر بر نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار) را بررسی کرد.

۴ـ رابطهٔ قانون کولن برای ذره‌های باردار به کار می‌رود. البته اگر فاصلهٔ یک جسم باردار با جسم باردار دیگر به اندازه‌ای زیاد باشد که بتوان از ابعاد دو جسم در مقایسه با فاصلهٔ آن‌ها چشم‌پوشی کرد، دو جسم را می‌توان به صورت ذره در نظر گرفت.

۵ـ نمودار نیروی الکتریکی بین دو ذرهٔ باردار بر حسب فاصلهٔ آن‌ها به صورت زیر است:



۶ـ رابطهٔ مقایسه‌ای قانون کولن در دو حالت مختلف به شکل زیر است:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_۱||q'_۲|}{|q_۱||q_۲|} \times (\frac{r}{r'})^۲$$

توجه کنید که در این رابطه کافی است که کمیت‌های یکسان، هم‌واحد باشند و نیازی به تبدیل یکا در SI نیست.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی

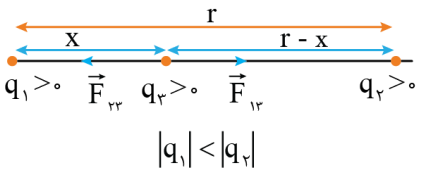
اگر به جای دو ذرهٔ باردار، تعدادی بار نقطه‌ای داشته باشیم، نیروی الکتریکی وارد بر هر ذرهٔ باردار، برایند نیروهایی است که هر یک از ذره‌های دیگر در غیاب سایر ذره‌ها، بر آن ذره وارد می‌کند. این موضوع که از آزمایش نتیجه شده است را **اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی** می‌گویند.

وقتی برایند نیروهای الکتریکی وارد بر یکی از بارها صفر می‌شود:

فرض کنید دو بار q_1 و q_2 در فاصلهٔ r از هم قرار دارند. می‌خواهیم نقطه‌ای را بیابیم که اگر بار سومی در آن نقطه قرار دهیم، نیروی خالص وارد بر آن از طرف بارهای q_1 و q_2 صفر باشد:

حالت اول: اگر q_1 و q_2 همنام باشند

در این حالت نقطهٔ مورد نظر، روی خط واصل دو بار، بین دو بار و نزدیک به باری است که اندازهٔ کوچک‌تری دارد.

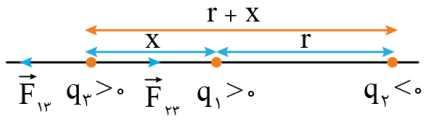


$$|q_1| < |q_2|$$

$$\frac{x}{r-x} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}}$$

حالت دوم: اگر q_1 و q_2 ناهمنام باشند:

در این حالت نقطهٔ مورد نظر، روی خط واصل دو بار، خارج از فاصلهٔ دو بار و نزدیک به باری است که اندازهٔ کوچک‌تری دارد:



$$|q_1| < |q_2|$$

$$\frac{x}{r+x} = \sqrt{\frac{|q_1|}{|q_2|}}$$

میدان الکتریکی:

هر بار الکتریکی، خاصیتی در فضای پیرامون خود ایجاد می‌کند که به آن اصطلاحاً میدان الکتریکی آن بار گفته می‌شود. در نتیجه بارهای الکتریکی نه با تماس، بلکه به واسطهٔ میدان الکتریکی خودشان به بارهای دیگر نیرو وارد می‌کنند.

تعیین اندازه و جهت میدان الکتریکی:

نخست بار کوچک و مثبت q_0 موسوم به **بار آزمون** را در آن نقطه قرار می‌دهیم و سپس نیروی الکتریکی وارد بر آن را اندازه می‌گیریم. آن‌گاه میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از جسم باردار در آن نقطه به صورت زیر تعریف می‌شود:

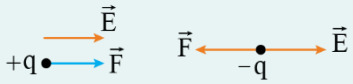
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

نکات:

۱ـ یکای میدان الکتریکی در SI، نیوتون بر کولن $(\frac{N}{C})$ است.

۲ـ میدان الکتریکی کمیتی برداری است و اندازهٔ آن برابر $E = \frac{F}{q_0}$ و جهت آن همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون است.

۳ـ بزرگی نیروی F از رابطهٔ $F = |q|E$ به‌دست می‌آید و جهت آن اگر q مثبت باشد، در همان جهت $\vec{E}$ و اگر q منفی باشد، در خلاف جهت $\vec{E}$ خواهد بود، یعنی $\vec{F}$ و $\vec{E}$ همواره هم‌راستا با یکدیگرند.



نکته: آزمایش قطره ـ روغن میلیکان به توضیح اصل کوانتیده بودن بارهای الکتریکی می‌پردازد.

میدان الکتریکی یکنواخت:

اگر در محدوده‌ای از فضا، بردار میدان الکتریکی در تمام نقاط، اندازه و جهت یکسانی داشته باشد، به چنین میدانی میدان الکتریکی یکنواخت گفته می‌شود.

دو نمونه از کاربردهای میدان الکتریکی:

۱- در رسوب‌دهندهٔ الکترواستاتیکی (ESP)، که دود و غبار را از گازهای زائدی که از دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها بالا می‌آید، جدا می‌سازد.

۲- در تولیدمثل برخی از گل‌ها، گرده‌ها به واسطهٔ میدان الکتریکی، از یک گل به زنبور و از زنبور به گل دیگر منتقل می‌شوند.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

میدان الکتریکی حاصل از یک ذرهٔ باردار

بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذرّه‌ای با بار q در نقطهٔ A که به فاصلهٔ r از بار q قرار دارد:

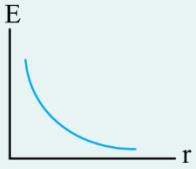
$$E = k\frac{|q|}{r^2}$$

نکات:

۱ـ طبق این رابطه، میدان الکتریکی حاصل از بار q با اندازهٔ بار q، نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن، نسبت وارون دارد.

۲ـ جهت بردار میدان الکتریکی $\vec{E}$ در هر نقطه، همان جهت نیروی وارد بر بار آزمونی است که به طور فرضی در آن نقطه می‌گذاریم.

۳ـ نمودار بزرگی میدان الکتریکی بر حسب فاصله از بار نقطه‌ای q به صورت زیر است:



۴ـ به طور مقایسه‌ای میدان‌های الکتریکی در دو حالت مختلف به صورت زیر است:

$$\frac{E'}{E} = \frac{|q'|}{|q|} \times (\frac{r}{r'})^2$$

برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی:

برای محاسبهٔ میدان الکتریکی خالص حاصل از چند ذرهٔ باردار در نقطه‌ای از فضا، ابتدا میدان الکتریکی ناشی از هر ذره را در آن نقطه به‌دست می‌آوریم و سپس میدان‌های به‌دست آمده را به صورت برداری جمع می‌کنیم:

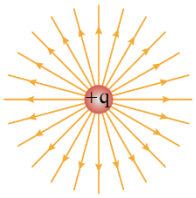
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots$$

وقتی برایند میدان‌های الکتریکی حاصل از دو بار الکتریکی در یک نقطه صفر می‌شود:

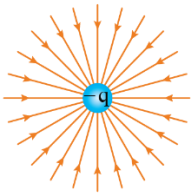
مشابه این حالت در برایند نیروهای الکتریکی بررسی شد. در واقع وقتی دو بار الکتریکی q_1 و q_2 در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند، مکان نقطه‌ای که در آن نیروی وارد بر بار سوم q_3 صفر می‌شود، همان نقطه‌ای است که میدان الکتریکی خالص در آن نقطه صفر می‌شود.

خطوط میدان الکتریکی

خط‌های میدان در هر نقطه، هم‌جهت با بردار میدان الکتریکی در آن نقطه است.



الف) خطوط میدان الکتریکی در جهت دور شدن از ذرهٔ باردار q+ است.



ب) خطوط میدان الکتریکی به سمتِ ذرهٔ باردار q− است.

قاعده‌های رسم خطوط میدان الکتریکی عبارت‌اند از:

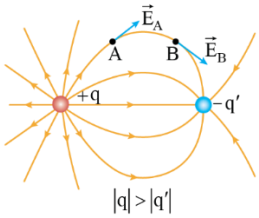
۱- در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و در همان جهت باشد.

۲- میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا نشان‌دهندهٔ اندازهٔ میدان در آن ناحیه است؛ هر جا خطوط میدان متراکم‌تر باشند، اندازهٔ میدان بیشتر است.

۳- در آرایشی از بارها خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شوند.

۴- خطوط میدان برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند یعنی از هر نقطهٔ فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.

نمونه ای از خطوط میدان الکتریکی اطراف دو بار الکتریکی نقطهٔ ناهمنام:



$|q| > |q'|$

انرژی پتانسیل الکتریکی

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذرهٔ باردار در میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}$ در یک جابه‌جایی مشخص برابر با منفیِ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در همان جابه‌جایی است؛ یعنی:

$$W_E = -\Delta U_E$$

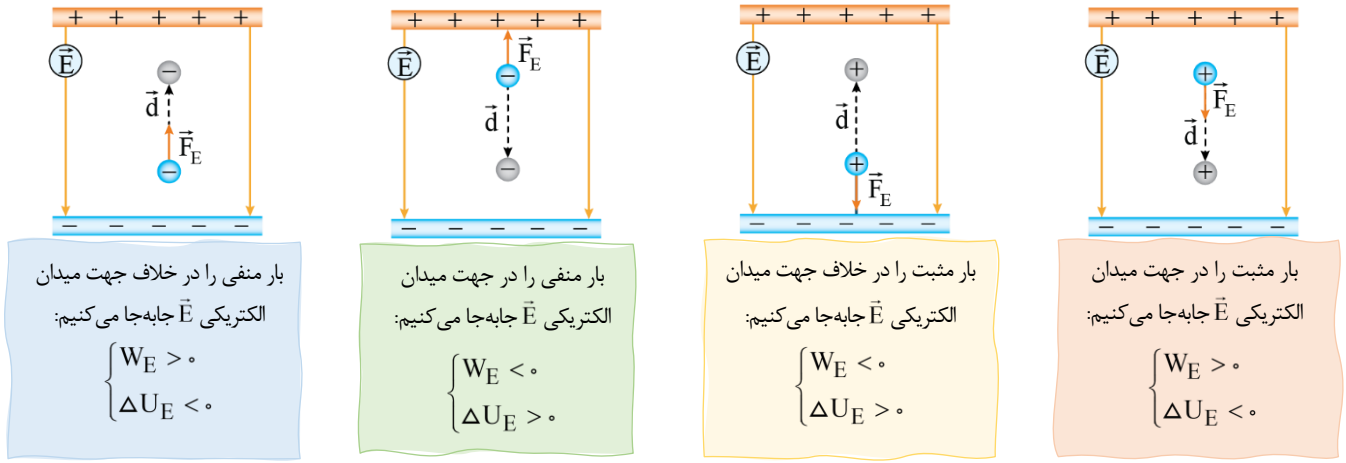
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

نکته:

گرچه این رابطه برای یک میدان الکتریکی یکنواخت بیان شد، ولی می‌توان نشان داد که در حالت کلی نیز برای هر میدان الکتریکی برقرار است:

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

که در آن، θ زاویهٔ بین نیروی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ است.



نکات:

۱ـ اگر بار الکتریکی در جهت دلخواه خود جابه‌جا شود (بار مثبت در جهت میدان الکتریکی و بار منفی خلاف جهت میدان الکتریکی)، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. $(W_E > 0 , \Delta U_E < 0)$.

۲ـ اگر بار الکتریکی در خلاف جهت دلخواه خود جابه‌جا شود (بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی و بار منفی در جهت میدان الکتریکی)، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد. $(W_E < 0 , \Delta U_E > 0)$.

در هر دو حالت، داریم:

$$|W_E| = |\Delta U_E| = |q| E d$$

(d هم راستا با میدان الکتریکی است)

۳ـ اگر بار الکتریکی عمود بر خطوط میدان الکتریکی جابه‌جا شود، کار میدان الکتریکی، صفر است و انرژی پتانسیل الکتریکی بار، تغییر نمی‌کند:

$$|W_E| = |\Delta U_E| = 0$$

قضیهٔ کار - انرژی جنبشی در جابه‌جایی بار الکتریکی:

طبق قضیهٔ کار - انرژی جنبشی، کار نیروی خالص وارد بر هر جسم، برابر تغییر انرژی جنبشی آن است:

$$W_t = K_2 - K_1 = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)$$

که در آن W_t مجموع کار همهٔ نیروهای وارد بر جسم است.

اگر بر ذرهٔ باردار، فقط نیروی الکتریکی وارد شود، رابطه به صورت زیر ساده می‌شود:

$$W_E = K_2 - K_1$$

پتانسیل الکتریکی

نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی به بار ذره، مستقل از نوع و اندازهٔ بار الکتریکی است. به این نسبت، **اختلاف پتانسیل الکتریکی** دو نقطه‌ای می‌گوییم که ذره میان آن‌ها جابه‌جا شده است و آن را با ΔV نمایش می‌دهیم:

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

که در آن V کمیتی نرده‌ای موسوم به پتانسیل الکتریکی است که مقدار آن در نقطه‌های (۱) و (۲) به ترتیب V_1 و V_2 است. در این رابطه، اختلاف پتانسیل الکتریکی (ΔV) برحسب ژول بر کولن $(\frac{J}{C})$ است که آن را ولت می‌نامند و با نماد V نمایش می‌دهند.

نکات:

۱ـ این رابطه برای هر میدان الکتریکی حتی اگر یکنواخت نباشد، برقرار است.

۲ـ توجه کنید که در رابطهٔ بالا همهٔ کمیت‌ها نرده‌ای هستند و با علامت قرار داده می‌شوند. مثلاً اگر q بار الکتریکی منفی باشد، علامت آن را نیز در رابطه قرار می‌دهیم.

۳ـ می‌توانیم برای انرژی پتانسیل الکتریکی، مرجعی تعیین کنیم که در آن انرژی پتانسیل الکتریکی ذره و پتانسیل الکتریکی، صفر باشد. در نتیجه پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از میدان با رابطهٔ زیر داده می‌شود:

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

تغییرات پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی:

در شکل مقابل، بار q را از مجاورت صفحهٔ مثبت تا صفحهٔ منفی جابه‌جا می‌کنیم:

۱- اگر $q>0$ باشد:

$$\Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}\xrightarrow{\Delta U_E<0}\Delta V<0\Rightarrow V_- - V_+<0\Rightarrow V_-<V_+$$

که در آن V_-، پتانسیل صفحهٔ منفی و V_+، پتانسیل صفحهٔ مثبت است.

۲- اگر $q<0$ باشد:

$$\Delta V=\frac{\Delta U_E}{-q}\xrightarrow{\Delta U_E>0}\Delta V<0\Rightarrow V_-<V_+$$

نکات:

۱ـ مستقل از نوع بار الکتریکی، پتانسیل صفحهٔ مثبت همواره از پتانسیل صفحهٔ منفی بیشتر است.

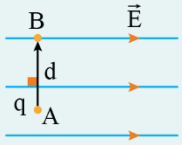
۲ـ مستقل از نوع بار الکتریکی، هرگاه در جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت خط‌های میدان الکتریکی حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

۳ـ هرگاه بار مثبت در یک میدان الکتریکی رها شود، به سمت نقاطی با پتانسیل الکتریکی کمتر می‌رود.

۴ـ هرگاه بار منفی در یک میدان الکتریکی رها شود، به سمت نقاطی با پتانسیل الکتریکی بیشتر می‌رود.

۵ـ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از میدان الکتریکی، عامل شارش بار الکتریکی بین آن دو نقطه است.

۶ـ اگر بار الکتریکی q، عمود بر خطوط میدان الکتریکی، جابه‌جا شود، همان‌طور که قبلاً دیدیم، کار نیروی الکتریکی صفر است، در نتیجه داریم:



$$\Delta V=\frac{\Delta U_E}{q}\xrightarrow{\Delta U_E=0}\Delta V=0\Rightarrow V_A=V_B$$

یعنی با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

باتری‌ها

هر باتری دو پایانه دارد که یکی با مثبت و دیگری با منفی نشان داده می‌شود.

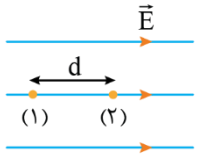
بنا به قرارداد، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری برابر با پتانسیل پایانهٔ مثبت منهای پتانسیل پایانهٔ منفی است: $\Delta V=V_+-V_-$

نکته:

هر کدام از پایانه‌های باتری را می‌توان مرجع پتانسیل یا اصطلاحاً زمین (با نماد ⏚) در نظر گرفت و پتانسیل نقطه‌های دیگر را نسبت به آن سنجید. مثلاً اگر پایانهٔ منفی یک باتری ۱۲ ولتی را به زمین وصل کنیم، پتانسیل پایانهٔ مثبت آن برابر ۱۲V+ می‌شود.

رابطهٔ اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه و اندازهٔ میدان الکتریکی یکنواخت:

برای اختلاف پتانسیل(ΔV) بین دو نقطه به فاصلهٔ d از یکدیگر، که خط واصل آن‌ها هم‌راستا با میدان الکتریکی $\vec{E}$ است، رابطهٔ زیر برقرار است:

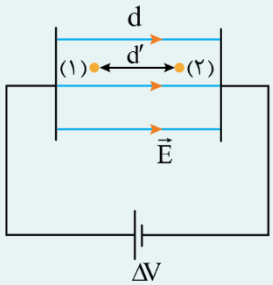


$$|\Delta V|=Ed$$

نکات:

۱ـ در این رابطه ΔV بر حسب ولت و d بر حسب متر است. در نتیجه یکای میدان الکتریکی ولت بر متر $(\frac{V}{m})$ است، پس داریم: $1\frac{N}{C}=1\frac{V}{m}$

۲ـ چون میدان الکتریکی، یکنواخت و مقدار آن ثابت است، در نتیجه داریم:



$$\frac{|\Delta V|}{d}=\frac{|\Delta V_{12}|}{d'}$$

کار انجام‌شده توسط نیروی خارجی:

$$W_t = W_E + W_{\text{خارجی}} \Rightarrow W_E + W_{\text{خارجی}} = \Delta K \xrightarrow{\Delta K = 0}$$
$$W_{\text{خارجی}} = -W_E = q\Delta V \qquad (\text{برای } \Delta K = 0)$$

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

میدان الکتریکی در داخل رساناها

در این مبحث دو مورد را بررسی می‌کنیم:

۱- وقتی به یک جسم رسانا بار الکتریکی می‌دهیم، بار چگونه در آن توزیع می‌شود؟

۲- وقتی جسم رسانای خنثی در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌گیرد، بار چگونه در آن القا می‌شود؟

توزیع بار الکتریکی در رسانا

نکات:

۱ـ بار اضافی داده‌شده به یک رسانا روی سطح خارجی آن توزیع می‌شود.

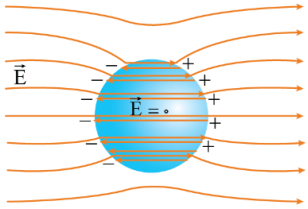
۲ـ نحوهٔ توزیع بار در رسانا به گونه‌ای است که میدان الکتریکی در داخل رسانا صفر شود.

۳ـ تراکم بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار، از نقاط دیگر آن بیشتر است.

۴ـ خطوط میدان الکتریکی در نقاط نوک‌تیز رسانا، متراکم‌اند و در نتیجه میدان الکتریکی در نزدیکی این نقاط، قوی‌تر است.

رسانای خنثی در میدان الکتریکی:

وقتی یک رسانای خنثی را در یک میدان الکتریکی خارجی قرار می‌دهیم، بار طوری روی سطح خارجی توزیع می‌شود (القا می‌شود) که میدان الکتریکی ناشی از آن، اثر میدان خارجی را درون رسانا خنثی کند.



نکات:

۱ـ در این حالت نیز میدان الکتریکی درون رسانا همواره صفر است.

۲ـ در تعادل الکتروستاتیکی، همهٔ نقاط رسانا پتانسیل الکتریکی یکسانی دارند.

۳ـ هرگاه دو جسم رسانای باردار به هم تماس داده می‌شوند، بار به گونه‌ای بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود تا در نهایت پتانسیل الکتریکی هر دو جسم برابر شود.

۴ـ میدان الکتریکی همواره بر سطح رسانا عمود است.

چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا:

برای اینکه بتوانیم تراکم بار الکتریکی در بخش‌های مختلف سطح یک جسم را با هم مقایسه کنیم کمیتی به نام **چگالی سطحی بار** را تعریف می‌کنیم. اگر مساحت سطحی که بار روی آن توزیع شده است برابر A و بار الکتریکی موجود در آن سطح برابر Q باشد، چگالی سطحی بار که با نماد σ نشان داده می‌شود از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

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

در این رابطه چگالی سطحی بار (σ) برحسب کولن بر متر مربع ($\frac{C}{m^2}$) به دست می‌آید.

نکته:

تراکم بار و چگالی سطحی بار در نقاط تیز سطح جسم رسانای باردار از نقاط دیگر آن بیشتر است.

خازن

خازن وسیله‌ای الکتریکی است که می‌تواند بار و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند.

تفاوت خازن و باتری در تخلیهٔ انرژی در مدار:

باتری‌های یک دوربین با باردار کردن یک خازن، انرژی را در خازن فلاش دوربین ذخیره می‌کنند. باتری‌ها معمولاً می‌توانند انرژی را فقط با آهنگ نسبتاً کمی به مدار بدهند که این آهنگ برای گسیل نور از فلاش دوربین بسیار کم است، اما وقتی خازن باردار می‌شود، می‌تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی برای فلاش زدن آماده کند.

خازن تخت:

خازن تخت شامل دو صفحهٔ رسانای موازی با مساحت A است که به فاصلهٔ d (که در برابر ابعاد صفحات ناچیز است) از هم قرار دارند.

خازن‌ها به هر شکلی باشند، با نماد ⊣⊢ نشان داده می‌شوند.

باردار (شارژ) کردن خازن:

خازن را در مدار الکتریکی ساده‌ای شامل یک باتری و کلید قرار می‌دهیم. با بستن کلید K، به دلیل اختلاف پتانسیل بین صفحه‌های خازن با پایانه‌های باتری، بار شارش می‌یابد. این شارش بار تا جایی ادامه می‌یابد که اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن با اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های باتری برابر شود. در این حالت بار $+Q$ در یک صفحهٔ خازن و بار $-Q$ در صفحهٔ دیگر ذخیره می‌شود.

نکات:

۱ـ بار خازن را با Q نشان می‌دهند که همان بار صفحهٔ مثبت است.

۲ـ پس از باردار شدن خازن، بین دو صفحهٔ آن، میدان الکتریکی یکنواخت ایجاد می‌شود که خطوط میدان از صفحهٔ مثبت به منفی است و بزرگی آن از رابطهٔ $E = \frac{|\Delta V|}{d}$ به‌دست می‌آید.

۳ـ بنا به دلایل تاریخی، قدرمطلق اختلاف پتانسیل ΔV بین دو صفحهٔ خازن را با V نمایش می‌دهند.

ظرفیت خازن:

اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین صفحه‌های خازن (ΔV) را زیاد کنیم، بار خازن (Q) نیز به همان نسبت زیاد می‌شود. به عبارتی نسبت $\frac{Q}{\Delta V}$ همواره مقداری ثابت است که به این نسبت ثابت، ظرفیت خازن می‌گویند و آن را با C نشان می‌دهند.

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

نکات:

۱ـ یکای ظرفیت خازن، کولن بر ولت $(\frac{C}{V})$ است که فاراد (F) نام دارد.

۲ـ فاراد یکای بسیار بزرگی است و ظرفیت اکثر خازن‌های متداول در محدودهٔ پیکوفاراد $(1pF = 10^{-12}F)$ تا میلی‌فاراد $(1mF = 10^{-3}F)$ است.

۳ـ توجه کنید که ظرفیت خازن به اندازهٔ بار خازن و نیز اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ آن بستگی ندارد.

عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن تخت:

آزمایش و محاسبه نشان می‌دهد که ظرفیت یک خازن تخت به سه عامل بستگی دارد:

۱- با مساحت صفحه‌های خازن (A) رابطهٔ مستقیم دارد.

۲- با فاصلهٔ جدایی بین صفحه‌های خازن (d) رابطهٔ وارون دارد.

۳- با ثابت دی‌الکتریک بین صفحه‌ها (κ) رابطهٔ مستقیم دارد.

ظرفیت خازن تخت از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

A: مساحت صفحه‌ها بر حسب متر مربع (m^2)

d: فاصلهٔ بین صفحات بر حسب متر (m)

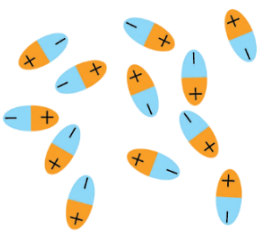
ε_0: ضریب گذردهی الکتریکی خلأ: $\varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12}\ \frac{F}{m}$

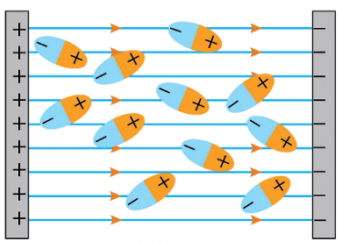
κ: ضریبی موسوم به ثابت دی‌الکتریک مادهٔ عایق بین صفحات خازن که برای هوا (یا خلأ) برابر یک و برای بقیهٔ دی‌الکتریک‌ها بیشتر از یک است.

نکته:

قرار دادن دی‌الکتریک بین صفحات خازن، باعث افزایش ظرفیت خازن می‌شود.

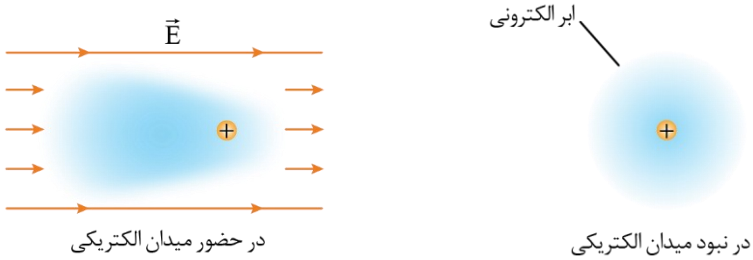
وقتی یک دی‌الکتریک قطبی (مانند آب، NH_3، HCl) در میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن قرار می‌گیرد، سر منفی مولکول‌های دوقطبی به طرف صفحهٔ مثبت و سر مثبت آن‌ها به طرف صفحهٔ منفی کشیده می‌شود و در نتیجه این مولکول‌های دوقطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن هم‌ردیف کنند.


در نبود میدان الکتریکی


در حضور میدان الکتریکی

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

وقتی یک دی‌الکتریک غیرقطبی (مانند متان، بنزن و ...) در میدان بین دو صفحهٔ خازن قرار می‌گیرد بر اثر القا قطبیده می‌شود؛ یعنی میدان الکتریکی اعمال‌شده 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.



در نبود میدان الکتریکی — در حضور میدان الکتریکی

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

چند مثال از ابزارهایی که بر مبنای تغییر ظرفیت خازن عمل می‌کنند:

۱- میکروفون خازنی

۲- برخی از صفحه کلیدهای رایانه

۳- در حسگر کیسه هوای برخی خودروها

فروریزش الکتریکی:

اگر اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن را به اندازهٔ کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های دی‌الکتریک، توسط میدان الکتریکی بین دو صفحه کنده می‌شوند و مسیرهای رسانا درون دی‌الکتریک ایجاد می‌شود که سبب تخلیهٔ خازن می‌شود. به این پدیده فروریزش الکتریکی مادهٔ دی‌الکتریک می‌گویند.

نکات:

۱ـ فروریزش الکتریکی در عایق بین دو صفحهٔ خازن معمولاً، با ایجاد جرقه همراه است و در بیشتر مواقع خازن را می‌سوزاند.

۲ـ فرو ریزش الکتریکی باعث تشکیل مسیرهای رسانشی سرخس شکلی در دی‌الکتریک می‌شود که به آن‌ها نقش های لیچنبرگ می‌گویند.

۳ـ حضور دی‌الکتریک‌ها در خازن، حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن را افزایش می‌دهد.

۴ـ خازن‌ها معمولاً با مقدار ظرفیت آن‌ها و اختلاف پتانسیل بیشینه‌ای که می‌توانند تحمل کنند، مشخص می‌شوند.

انرژی خازن

وقتی صفحه‌های خازن دارای بار الکتریکی می‌شوند، انرژی به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه‌های خازن ذخیره می‌شود.

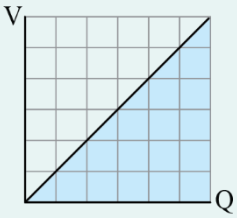
انرژی خازن از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید:

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

نکات:

۱ـ در این رابطه اختلاف پتانسیل بر حسب ولت قرار داده می‌شود و یکای کمیت‌های انرژی (U)، بار الکتریکی (Q) و ظرفیت خازن (C) می‌توانند هم‌پیشوند باشند. مثلاً اگر بار بر حسب μC و ظرفیت بر حسب μF قرار داده شود، انرژی بر حسب μJ به‌دست می‌آید.

۲ـ انرژی که باتری برای ذخیرهٔ بار Q در خازن مصرف می‌کند برابر $U = QV$ است و $\frac{1}{2}$ از این انرژی در خازن ذخیره می‌شود و $\frac{1}{2}$ آن به صورت گرما تلف می‌شود.



نمودار ولتاژ بر حسب بار

۳- توانایی خازن برای ذخیرهٔ انرژی پتانسیل الکتریکی، اساس کار دستگاه‌های رفع لرزش نامنظم قلب است.

تغییر در ساختمان خازن

۱- خازن به باتری متصل است:

اگر در این حالت ساختمان خازن را تغییر دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V) ثابت می‌ماند.

نکته:

برای بررسی میدان الکتریکی داخل صفحات خازن داریم:

$$E = \frac{V \to \text{ثابت}}{d}$$

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲- خازن پس از پر شدن از باتری جدا شده است:

اگر در این حالت ساختمان خازن را تغییر دهیم، بار ذخیره‌شده در خازن (Q) ثابت می‌ماند.

نکته:

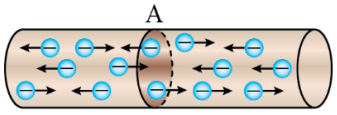
برای بررسی بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن، داریم:

$$E=\frac{V}{d}\xrightarrow[C=\kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}]{V=\frac{Q}{C}}E=\frac{Q}{d\times\frac{\kappa\varepsilon_{\circ}A}{d}}\Rightarrow E=\frac{Q\to\text{ثابت}}{\kappa\varepsilon_{\circ}A}$$

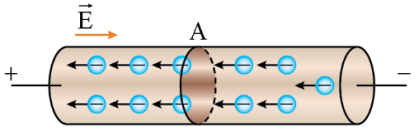
فصل دوم

جریان الکتریکی

برای داشتن جریان الکتریکی باید یک شارش خالص بار الکتریکی از سطح مقطع معین داشته باشیم. سیمی فلزی را در نظر می‌گیریم:



در نبود اختلاف پتانسیل، شارش بار خالصی از مقطع معین A سیم، نداریم.



در حضور اختلاف پتانسیل، شارش بار خالص از مقطع A سیم، دیگر برابر صفر نیست.

وقتی میدان الکتریکی درون فلزی ایجاد می‌شود، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را کمی تغییر می‌دهند و با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان به‌طور بسیار آهسته‌ای سوق پیدا می‌کنند که این موجب برقراری جریان الکتریکی در رسانا می‌شود. اندازهٔ سرعت سوق در یک رسانای فلزی در مقایسه با تندی کاتوره‌ای الکترون‌های آزاد (از مرتبهٔ $10^{6}\ \frac{m}{s}$)، بسیار کم و مثلاً در سیم‌های مسی از مرتبهٔ بزرگی $10^{-5}\ \frac{m}{s}$ یا $10^{-4}\ \frac{m}{s}$ است.

نکته:

جهت قراردادی جریان الکتریکی I، برخلاف جهت سرعت سوق الکترون‌هاست. پس می‌توان نتیجه گرفت جهت قراردادی جریان الکتریکی در جهت میدان الکتریکی و همواره از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر است.

تعریف جریان الکتریکی:

اگر در بازهٔ زمانی Δt بار خالص Δq از مقطعی از رساناها عبور کند، نسبت $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ را جریان الکتریکی متوسط می‌گوییم. در واقع جریان الکتریکی متوسط برابر آهنگ بار خالص عبوری از یک مقطع رسانا است:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

نکات:

۱ـ در این فصل با جریان مستقیم (dc) سر و کار داریم که در آن جهت جریان با زمان تغییر نمی‌کند و مقدار جریان ثابت می‌ماند.

۲ـ تعداد الکترون‌های شارش‌شده از هر مقطع مدار را می‌توان به روش زیر محاسبه کرد:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta q = ne} I = \frac{ne}{\Delta t} \Rightarrow n = \frac{I\Delta t}{e}$$

که در آن e بار بنیادی است.

۳ـ جریان الکتریکی را با وسیله‌ای به نام آمپرسنج که نماد آن در مدار —(A)— است، اندازه می‌گیرند. آمپرسنج به طور متوالی در مدار قرار می‌گیرد.

۴ـ در رابطهٔ $\Delta q = I\Delta t$ اگر I بر حسب آمپر و Δt بر حسب ساعت باشد، یکای Δq، آمپر_ساعت می‌شود. هرچه آمپر_ساعت یک باتری بیشتر باشد، حداکثر باری که می‌تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

باتری خودروها با آمپر_ساعت (Ah) و باتری گوشی‌های همراه با میلی‌آمپر - ساعت (mAh) مشخص می‌شود.

مقاومت الکتریکی و قانون اهم

تعریف مقاومت الکتریکی:

مقاومت الکتریکی بین دو نقطه از رسانا به صورت نسبت اختلاف پتانسیل الکتریکی آن دو نقطه به جریان الکتریکی عبوری از آن است:

$$R = \frac{V}{I}$$

که در آن R مقاومت الکتریکی بر حسب ولت بر آمپر $(\frac{V}{A})$ است که اهم (Ω) نام دارد.

نکات:

۱ـ مقاومت الکتریکی یک رسانا به ابعاد هندسی رسانا، یعنی طول و سطح مقطع رسانا و همچنین جنس مادهٔ رسانا و دمای آن بستگی دارد.

۲ـ رسانایی را که دارای مقاومت الکتریکی است، اصطلاحاً مقاومت می‌نامند و آن را در مدارهای الکتریکی با نماد —/\/\/\— نشان می‌دهند.

۳ـ تحت یک اختلاف پتانسیل یکسان، برای دو سیم با مقاومت الکتریکی متفاوت، سیم با مقاومت کمتر، جریان بیشتری از خود عبور می‌دهد و بالعکس.

۴ـ برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه از مدار الکتریکی، از وسیله‌ای به نام ولت‌سنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور موازی در مدار می‌بندیم. ولت‌سنج را با نماد —(V)— در مدار نشان می‌دهند.

قانون اهم:

وسیله‌هایی که جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند ممکن است با تغییر اختلاف پتانسیل اعمال‌شده و در نتیجه تغییر جریان عبوری، مقاومت ثابتی از خود نشان دهند یا مقاومتشان تغییر کند.

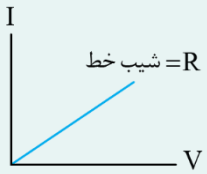
نکات:

۱ـ اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته می‌شود آن وسیله از قانون اُهم پیروی می‌کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اُهمی می‌گویند.

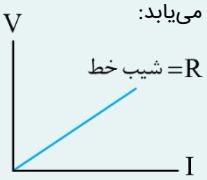
۲ـ جریان عبوری از یک مقاومت اهمی با اختلاف پتانسیل اعمال‌شده به دو سر آن رابطهٔ مستقیم دارد.

۳ـ این قانون برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی در دمای ثابت برقرار است.

۴ـ برای وسیله‌های اهمی جریان با ولتاژ، به طور خطی افزایش می‌یابد:



$$I = \frac{V}{R} = \frac{\text{۱}}{R}\ \text{شیب خط}\ V$$

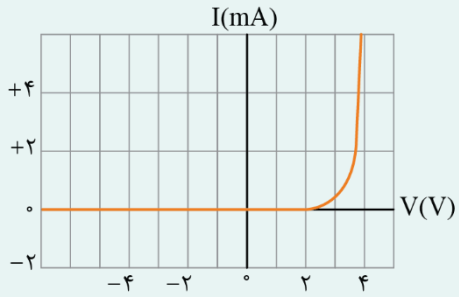


$$V = R\ \text{شیب خط}\ I$$

وسیله‌های زیادی یافت می‌شوند که از قانون پیروی نمی‌کنند، یعنی با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها، مقاومت الکتریکی ثابت نمی‌ماند. یعنی با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها، هم جریان تغییر می‌کند هم مقاومت الکتریکی.

نکته:

یکی از وسیله‌های غیراهمی، دیود نورگسیل (LED) است. نمودار جریان بر حسب اختلاف پتانسیل چنین دیودی تقریباً شبیه شکل زیر است:



عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

آزمایش‌ها و محاسبات نظری نشان می‌دهد که اگر سطح مقطع جسم، در تمام طول آن، یکسان باشد، مقاومت از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

L: طول رسانا بر حسب متر (m)

A: مساحت سطح مقطع جسم بر حسب متر مربع (m^2)

ρ: مقاومت ویژه بر حسب اهم - متر $(\Omega.m)$

نکات:

۱ـ مقاومت ویژهٔ یک ماده (ρ) به دو عامل بستگی دارد: ۱- ساختار اتمی آن ماده ۲- دمای آن

۲ـ رساناهای خوب مقاومت ویژهٔ بسیار کم و عایق‌های خوب مقاومت ویژهٔ بسیار زیادی دارند.

۳ـ مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود.

۴ـ دسته‌ای از مواد مانند ژرمانیم و سیلیسیم وجود دارند که مقاومت ویژهٔ آن‌ها بین مقاومت ویژهٔ رساناها و نارساناهاست. به این دسته از مواد، نیم‌رسانا می‌گویند.

توجه کنید که مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

تغییر مقاومت ویژه با دما:

$$\rho = \rho_{\circ}[\text{۱} + \alpha(T - T_{\circ})]$$

$T_{\circ}$ دمای مرجع و $\rho_{\circ}$ مقاومت ویژه در آن دماست، α ثابتی موسوم به ضریب دمایی مقاومت ویژه و T دمای رسانا (برحسب $°C$ یا K) است. یکای α در این رابطه $K^{-\text{۱}}$(یا$\frac{\text{۱}}{°C}$) است.

نکات:

۱ـ ضریب دمایی برای نیم‌رساناها، منفی است که به معنی کاهش مقاومت ویژهٔ این مواد با افزایش دما است.

اگر یک نیم‌رسانا داشته باشیم، در دماهای پایین تعداد حامل‌های بار ناچیز است و نیم‌رسانا مانند یک نارسانا رفتار می‌کند. با افزایش دما، بر تعداد این حامل‌های بار افزوده می‌گردد. به این ترتیب، مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

۲ـ در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابررسانایی می‌گویند.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

انواع مقاومت‌ها و کدگذاری رنگی مقاومت‌های کربنی:

۱- مقاومت‌های پیچه‌ای شامل پیچه‌ای از یک سیم نازک‌اند که معمولاً جنس آن‌ها از آلیاژهایی مانند نیکروم یا منگانین است. این مقاومت‌ها برای به‌دست آوردن مقاومت‌های پایین بسیار دقیق و همچنین توان‌های بالا ساخته می‌شوند.

نکته:

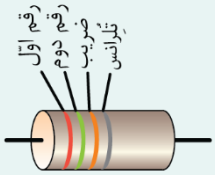
۱- یکی از انواع مشهور مقاومت‌های پیچه‌ای، رئوستا نام دارد که یک نوع مقاومت متغیر است. در مدارهای الکترونیکی وسیله‌ای به نام پتانسیومتر به نوعی همان نقش را انجام می‌دهد.

۲- رئوستا از سیمی با مقاومت ویژهٔ نسبتاً زیاد ساخته می‌شود.

۲- مقاومت‌های ترکیبی معمولاً از کربن، برخی نیم‌رساناها، و یا لایه‌های نازک فلزی ساخته شده‌اند. مقدار این مقاومت‌ها یا روی آن‌ها نوشته می‌شود، یا عمدتاً به صورت کدی رنگی نشان داده می‌شود که با ۳ یا ۴ حلقهٔ رنگی روی آن‌ها مشخص شده است.

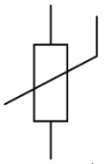
نکته:

دو حلقهٔ اول (از آن طرفی که به یک سر مقاومت نزدیک‌تر است) به ترتیب، رقم اول و رقم دوم مقاومت را نشان می‌دهند. رقم حلقهٔ سوم ضریبی است به‌صورت 10^n. حلقهٔ چهارم یک حلقهٔ طلایی یا نقره‌ای رنگ است که تلرانس نامیده می‌شود و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت را برحسب درصد مشخص می‌کند. نبود نوار چهارم به معنای آن است که تلرانس ۲۰ درصد است. برای خواندن حلقه‌های رنگی، مقاومت را طوری به دست می‌گیریم که حلقهٔ تلرانس در سمت راست قرار گیرد و بقیهٔ حلقه‌ها را از سمت چپ به راست می‌خوانیم.



مقاومت‌های خاص و دیودها:

۱- ترمیستور: ترمیستور نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما با مقاومت‌های الکتریکی معمولی تفاوت دارد. اغلب از ترمیستورها به عنوان حسگر دما در مدارهای حساس به دما مانند زنگ خطر آتش و دماپاها و نیز در دماسنج‌ها استفاده می‌شود.



نماد ترمیستور در مدار الکتریکی

نکته:

رایج ترین ترمیستورها دیسکی، مهره‌ای و میله‌ای است.

۲- مقاومت‌های نوری (LDR): مقاومت نوری، نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده‌شده به آن بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می‌شود.

نماد LDR در دو استاندارد متفاوت

نکات:

۱ـ نوعی از این مقاومت‌ها از جنس نیم‌رسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده‌شده، بر تعداد حامل‌های بار الکتریکی آن‌ها افزوده شده و در نتیجه از مقاومت آن‌ها کاسته می‌شود.

۲ـ از LDRها در تجهیزات گوناگونی از جمله چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل‌کننده‌های خودکار، و چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود.

۳- دیودها: دیود قطعه‌ای است که هرگاه در مداری قرار گیرد، جریان را تنها از یک سو عبور می‌دهد و مقاومت آن در برابر عبور جریان در این سو ناچیز است. به همین دلیل، دیود را اغلب به عنوان یک‌سوکنندهٔ جریان در نظر می‌گیرند و آن را با نماد در مدارهای الکتریکی نشان می‌دهند.

نکات:

۱- دیودها انواع متفاوتی دارند که یکی از معروف‌ترین آن‌ها دیودهای نورگسیل یا LED است.

۲- LEDها در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای عمر طولانی‌تری دارند و به دلیل نداشتن رشته به هنگام تولید نور، انرژی گرمایی زیادی تولید نمی‌کنند.

در این دیودها از نیم رساناها استفاده می‌شود. بسته به نیم رسانای استفاده شده نورگسیل شده از LED می‌تواند از فرو سرخ تا فرا بنفش باشد. نخستین LEDها قرمز و زرد بودند.

۳- LED در مقایسه با لامپ‌های روشنایی معمولی، توان الکتریکی کمی مصرف کرده و نور قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کند.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی:

به وسیله‌هایی که با انجام کار روی بار الکتریکی، جریان ثابتی از بارهای الکتریکی در یک مدار ایجاد می‌کند، منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی گفته می‌شود.

نکات:

۱ـ منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی (مانند باتری‌ها) با افزایش انرژی پتانسیل بارهای الکتریکی هنگام عبور از منبع، جریان ثابتی را در مدار برقرار می‌کنند.

۲ـ باتری‌ها، پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و مولدهای الکتریکی، نمونه‌هایی از منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی‌اند.

۳ـ انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی با سازوکارهای مختلفی به‌دست می‌آید. مثلاً باتری‌ها این انرژی را از طریق واکنش‌های شیمیایی که در آن‌ها رخ می‌دهند، مهیا می‌سازند.

نیروی محرکهٔ الکتریکی:

کاری که منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی روی واحد بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانه با پتانسیل کمتر به پایانه با پتانسیل بیشتر ببرد، اصطلاحاً نیروی محرکهٔ الکتریکی (emf) نامیده و با رابطهٔ زیر تعریف می‌شود:

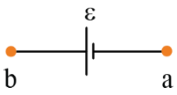
$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q}$$

یکای کمیت نیروی محرکهٔ الکتریکی همان یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی، یعنی ولت (V) است. $(1V = \frac{1J}{1C})$

منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی، یا آرمانی هستند یا واقعی:

۱- منبع نیروی محرکهٔ آرمانی:

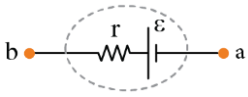
این منبع، مقاومت داخلی ندارد و اختلاف پتانسیل پایانه‌های مثبت و منفی آن با نیروی محرکهٔ الکتریکی ε برابر است:



$$\Delta V = \varepsilon \xrightarrow{V_b - V_a = V} V = \varepsilon$$

۲- منبع نیروی محرکهٔ واقعی:

وقتی جریان از منبع نیروی محرکهٔ واقعی می‌گذرد، اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های آن برخلاف منابع آرمانی، متفاوت از نیروی محرکهٔ الکتریکی است:



$$V_b - V_a = V = \varepsilon - Ir$$

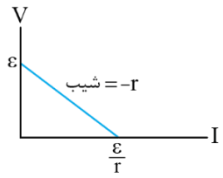
نکته:

به جملهٔ Ir، افت پتانسیل در باتری می‌گویند.

رسم نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری بر حسب جریان عبوری از آن:

می‌خواهیم معادلهٔ $V = \varepsilon - Ir$ را رسم کنیم. همان‌طور که مشخص است، نمودار به صورت خط راستی با شیب $-r$ خواهد شد:

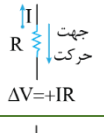
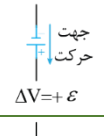
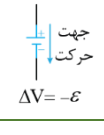
I	۰	$\frac{\varepsilon}{r}$
V	ε	۰



قاعدهٔ حلقه یا قانون ولتاژها

در هر دور زدن کامل حلقه‌ای از مدار، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌های اجزای مدار، صفر است.

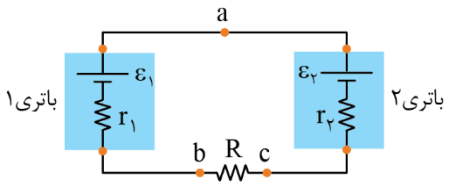
جدول قرارداد تعیین علامت اختلاف پتانسیل‌ها در یک مدار تک حلقه‌ای، شامل مقاومت و منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی

عنصر مدار	جهت حرکت	تغییر پتانسیل	
مقاومت	در جهت جریان	$-IR$	
مقاومت	در خلاف جهت جریان	$+IR$	
منبع نیروی محرکه	از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت	$+\varepsilon$	
منبع نیروی محرکه	از پایانهٔ مثبت به پایانهٔ منفی	$-\varepsilon$	

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

محاسبهٔ جریان الکتریکی در مدار تک‌حلقهٔ ساده:

فرض کنید در مدار زیر، $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ است، بنابراین جهت جریان را باتری ۱ تعیین می‌کند و جهت جریان، ساعتگرد است.



$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{r_1 + R + r_2}$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سر باتری ۱:

$$V = \varepsilon_1 - Ir_1$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو سر باتری ۲:

$$V = \varepsilon_2 + Ir_2$$

آمپرسنج آرمانی:

می‌دانیم که آمپرسنج به‌طور متوالی در شاخه‌ای که می‌خواهیم جریان آن را اندازه بگیریم، قرار می‌گیرد. در نتیجه مقاومت یک آمپرسنج باید خیلی ناچیز باشد تا قرار گرفتن آن در مدار به‌طور محسوسی، جریان اجزای مدار را تغییر ندهد. به چنین آمپرسنجی که مقاومت داخلی آن بسیار ناچیز و در حدود صفر است، آمپرسنج آرمانی می‌گویند.

نکته:

آمپرسنج آرمانی مانند سیم بدون مقاومت (اتصال کوتاه) عمل می‌کند و اگر به دو سر یک یا چند مقاومت بسته شود، آن‌ها را از مدار حذف می‌کند.

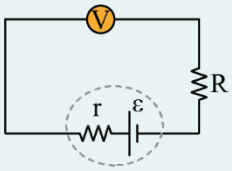
ولت‌سنج آرمانی:

ولت‌سنج به صورت موازی به دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف پتانسیل آن را اندازه بگیریم، وصل می‌شود. در نتیجه مقاومت ولت‌سنج باید خیلی بزرگ باشد، تا قرار گرفتن آن در مدار، ولتاژ اجزای مدار را به‌طور محسوسی تغییر ندهد. به چنین ولت‌سنجی که مقاومت داخلی آن بسیار بزرگ (بی‌نهایت) است، ولت‌سنج آرمانی می‌گویند.

نکات:

۱ـ از شاخه‌ای که در آن ولت‌سنج آرمانی قرار دارد، جریانی عبور نمی‌کند.

۲ـ اگر ولت‌سنج آرمانی به طور متوالی در مداری که شامل یک باتری است، قرار بگیرد، نیروی محرکهٔ باتری را نشان می‌دهد.



$$\varepsilon = \text{عدد ولت‌سنج}$$

۳ـ اگر ولت‌سنج آرمانی به طور متوالی با مقاومتی قرار گیرد، آن مقاومت از مدار حذف می‌شود.