بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فیزیک پایه 2

تالیف : هریس بنسون

ترجمه : محمد ابراهیم ابو کاظمی

ناشر : انتشارات دانشگاه پیام نور

گردآوری : واحد آموزشی انجمن علمی پژوهشی فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور قم

تایپ و تدوین : واحد فناوری انجمن علمی پژوهشی فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور قم

فصل اول : الکتروستاتیک

1.الکتر سیته:

الف)بارهای الکتریکی در میدان های الکتریکی چگونه عمل می کنند .
ب)میدان الکتریکی چیست و چگونه آن را محاسبه کنیم. (قانون کولن و گوس)
ج)انرژی میدان الکتریکی(پتانسیل الکتریکی)
د)کاربرد پتانسیل الکتریکی در وسایل الکتریکی شامل خازن ها و دی الکتریک ها و جریان و مقاومت میباشد
ه)مدارهای جریان مستقیم

2.مغناطیس:

الف) بارهای الکتریکی در میدان های مغناطیسی رفتار می کنند.
ب)میدان های مغناطیسی چگونه ایجاد شده و چگونه آن را ایجاد کنیم(قانون بیوساوا و آمپر)
ج)القای الکترومغناطیسی(قانون فارادی و لنز)

الکتروستاتیک:

1.خواص بار الکتریکی و کوانتیدگی آن
2.شناسایی رساناها وعایق ها
3.قانون کولن
4.اصل برهم نهی

تاریخچه:

از عهد باستان پدیده های الکتریکی و مغناطیسی شناخته شده بودند.حدود600 سال قبل از میلاد مسیح تالس به این نکته پی برده بود که اگر کهربای طبیعی با پوست خز مالش داده شود خرده های کاه یا پر را جذب میکند.در سال1600 میلادی ویلیام گیلبرت برای نخستین بار پدیده های الکتریکی و مغناطیسی را از یکدیگر تمیز داد. بنجامین فرانکلی در سال 1846 برای اولین بار بارهای مثبت و منفی را به کار برد و مسئله ی برقگیر را اختراع نمود.

تعریف الکتروستاتیک :مبحثی که بارهای در حال سکون مورد مطالعه قرار می گیرند.(اثرهای الکتریکی در حال سکون)

الکترومغناطیس : وقتی دو اثر الکتریکی و مغناطیسی مطرح باشد، برهم کنش بارها از نوع الکترومغناطیسی است.

نوع و منابع بارهای الکتریکی:

1.**بارهای مثبت**: پروتون(1800 بار سنگین تر از الکترون ها هستند ولی بار مساوی با الکترون ها دارند.)

2.**بارهای منفی**: الکترون

مواد خنثی : موادی که تعداد مساوی الکترون یا پروتون دارند،مواد خنثی یا بی اثر الکتریکی نامیده می شوند.

خواص بار الکتریکی :

بار الکتریکی کوانتیزه است، زیرا با مقادیر ناپیوسته نشان داده می شود.$(q=\pm ne)$

یکای بار الکتریکی در دستگاه SI کولن است.

بار الکترون و پروتون مساوی است و در واحد SI برابر است با $q_p=q_e=1.6\times10^{-19}\,c$

بار الکتریکی پایستار است یعنی کل بار موجود در هر سیستم منزوی مقداری است ثابت

$$Na^{+}+Cl^{-}\rightarrow NaCl$$

$$(+e)+(-e)\rightarrow 0$$

اتم ها و مواد

عناصر مختلف با یکدیگر پیوندهای مختلف با قدرت های متفاوت تشکیل می نمایند.

مواد به 3 دسته تقسیم می شوند:

1)**رسانا** : الکترون ها می توانند آزادانه حرکت کنند.

2)**عایق ها** : الکترون ها مقید به هسته هستند و نمی توانند حرکت کنند.

3)**نیمه هادی ها** : هنگامی که خیلی خالصند عایقند اما هنگامی که ناخالصی های معینی به آن ها افزوده شود توانایی رسانش قابل کنترلی در آن ها پدید می آید.(ژرمانیم، سیلیسیم، کربن)

اجسام را چگونه باردار کنیم:

الف)باردار کردن به وسیله ی مالش :

1)دو جسم را تماس می دهیم.آن دو را مالش می دهیم.دو جسم را از هم جدا می کنیم.

2)دو جسم را تماس می دهیم.آن دو را فشار می دهیم.دو جسم را از هم جدا می کنیم.

تعریف القای الکتریکی: فرایند باردار شدن اجسام بدون اینکه تماسی با جسم باردار حاصل شوند را گویند.

نکته :

بار در رساناها روی سطح تا رسیدن به حالت تعادل توزیع می شود.

بار درون اجسام رسانا وجود ندارد.

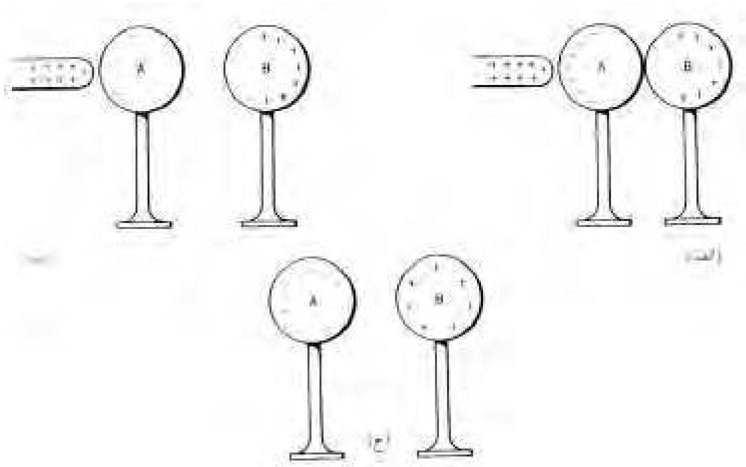
در اجسام دارای تقارن، بار به طور یکنواخت توزیع می شود.

در اجسام غیر متقارن، بار در نقاط تیز جمع می شود.

در عایق ها بار الکتریکی نمی تواند توزیع نشود در نتیجه بار در محل تماس جمع می شود.

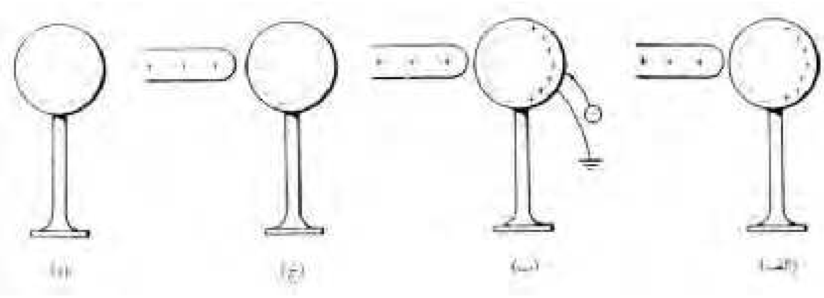
ب)باردار کردن به روش القا:

1)القا دو جسم رسانا



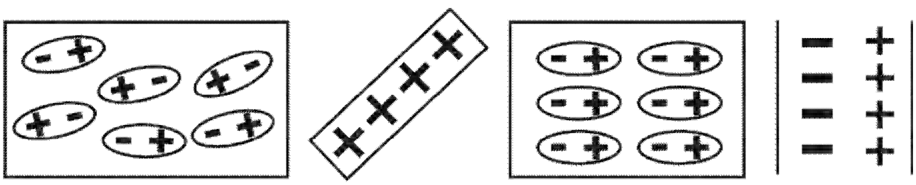
2)القا در یک جسم رسانا و زمین

نکته: باید دقت نمود هنگامی که اتصال با زمین را قطع می کنیم هم چنان میله ی باردار را در نزدیکی کره نگه داشته باشیم.



باردار کردن به روش القا(در اجسام عایق):

در جسم عایق اتم ها به طور اتفاقی قرار گرفته اند .بار الکتریکی درون اتم حرکت نمی کند بلکه مجددا توزیع می شود و جسم را قطبیده می کند.



آشکارساز بار: الکتروسکوپ وسیله ای است که می توان با آن بار الکتریکی را آشکار نمود.با استفاده از الکتروسکوپ برگه ای می توان علامت بار الکتریکی مجهول را پیدا کرد نه اینکه مقدار آن بار را اندازه گیری کرد.

(جهت تخلیه ی بار الکتریکی الکتروسکوپ کافی است دستمان را با انتهای بالایی آن تماس دهیم.)

قانون کولن:

نیروی بین ذرات باردار به نسبت مستقیم حاصلضرب دو بار و نسبت عکس مجذور فاصله ی دو بار است.

$$F = \frac{kqQ}{R^2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\xi} = 9\times10^{9}\ {}^{N.m^2}\!/_{c^2}$$

$$\xi = 8.85\times10^{-12}\ {}^{c^2}\!/_{N.m^2}$$ ثابت گذر دهی خلا

نکته : نیروی الکتروستاتیکی نیروی مرکزی(در راستای خط واصل بین دو بار) و دارای تقارن کروی است.(تابعی از r) است.

-اگر فاصله ی جدایی دو بار را دو برابر کنیم نیروی جاذبه با ضریب $\frac{1}{4}$ تغییر می کند.

-با افزایش فاصله ی جدایی دو بار نیروی جاذبه ی کولنی کاهش می یابد.

-شکل برداری قانون کولن چنین است : $\vec{F} = \frac{kqQ}{r^2}\hat{r}$

r بردار یکه ای است در راستای خط واصل بین دو بار

اصل برهم نهی: نیروی الکتروستاتیکی از اصل برهم نهی خطی پیروی می کند یعنی نیروی وارد بر هر ذره از جمع نیروهای هر یک از ذرات که به طور مستقل بر آن وارد می کنند به دست می آید.

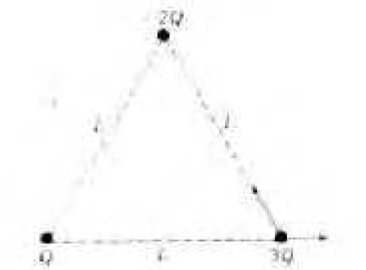
$$\vec{F}_1 = \vec{F} + \vec{F} + \dots + \vec{F} = \sum^{n} \vec{F}$$

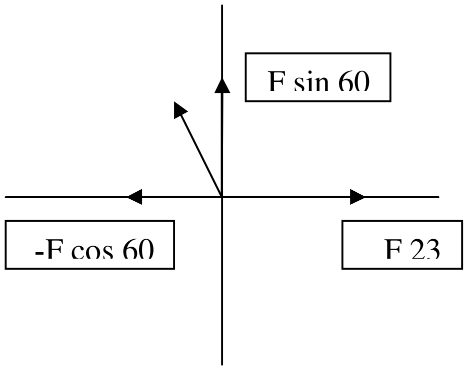
نکته: F_{AB} نیروی وارد بر A از سوی B می باشد.

مثال: سه بار نقطه ای در سه راس مثلث متوازی الاضلاع مفروض است. و ($L=3cm$ و $Q=2\mu c$)

الف)نیروی برآیند وارد بر بار 3q رامحاسه کنید.

ب)نیروی وارد بر بار -2q را محاسبه کنید.





$$\vec{F}=\vec{F}_{23}+\vec{F}_{21}$$

$$\vec{F}=F_{23}+F_{21x}\hat{i}+F_{21y}\hat{j}$$

$$\vec{F}=\frac{kq_2q_3}{l^2}+\frac{kq_1q_2}{l^2}\sin 60+\frac{kq_1q_2}{l^2}\cos 60=-120+240\frac{\sqrt{3}}{2}+240\times\frac{1}{2}=208\hat{j}$$

پایان فصل اول

۱) پنج بار نقطه اي روي يك خط راست نشان داده شده اند. فاصله ي ميان بارها برابر 1cm است. به ازاي چه مقاديري از q_1 و نيروي q_2 نيروي برآيند وارد بر هر يك از بارهاي ديگر برابر صفر خواهد شد؟

جواب :

$$F=\frac{k*2*10^{-6}*1*10^{-6}}{4*10^{-4}}-\frac{kq_1*1*10^{-6}}{4*10^{-4}}+\frac{kq_2*1*10^{-6}}{4*10^{-4}}-\frac{k*2*10^{-6}*1*10^{-6}}{4*10^{-4}}=0$$

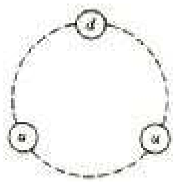
$$F=\frac{-kq_1*10^{-6}}{4*10^{-4}}+\frac{kq_2*10^{-6}}{4*10^{-4}}=0\Rightarrow\frac{kq_2*10^{-6}}{4*10^{-4}}=\frac{kq_1*10^{-6}}{4*10^{-4}}\Rightarrow q_1=q_2$$

نيروي وارد بر بار $2\mu c$:

$$\Rightarrow F=\frac{k*2*10^{-6}*q_1}{4*10^{-4}}-\frac{k*2*10^{-6}*10^{-6}}{4*10^{-4}}+\frac{kq_2*2*10^{-6}}{4*10^{-4}}-\frac{k*2*10^{-6}*2*10^{-6}}{4*10^{-4}}=0$$

$$2q_1+\frac{2}{9}q_1=\frac{3}{4}*10^{-6}\Rightarrow q_1=q_2=\frac{27}{80}\mu c$$

۲) در مدار كواركي ذرات بنيادي فرض مي‌شود كه هر پروتون از دو كوارك «بالا» u، هر كدام به بار $\frac{2}{3}e$، و يك كوارك «پايين» d به بار $\frac{1}{3}e$ تشكيل شده است. فرض كنيد كه اين كوارك، مطابق شكل به فواصل متساوي روي دايره اي به شعاع $1.2*10^{-15}m$ قرار داشته باشد. بزرگي نيروي الكتروستاتيكي وارد بر هر كوارك را پيدا كنيد.



جواب :

$$\cos\alpha=\frac{\frac{L}{2}}{R}\Rightarrow L=2R\cos\alpha=2R\cos30=2*1.2*10^{-15}*\frac{\sqrt{3}}{2}=2*10^{-15}m$$

$$F_1=F_2=\frac{k.d.u}{L^2}\Rightarrow F_d=F_1\cos30+F_2\cos30=2*k*\frac{d.u}{L^2}\cos30$$

$$F_d=2k\frac{\frac{e}{3}.\frac{2}{3}e}{L^2}\cos30=\frac{4*9*10^9*(1.6*10^{-19})^2}{9*(2*10^{-15})^2}*\frac{\sqrt{3}}{2}=2.21*10N=22.1N$$

$$\begin{cases}F_3=k.\frac{ud}{L^2}\begin{cases}F_{3x}=F_3\cos60\\F_{3y}=F_3\cos60\end{cases}\\F_4=k.\frac{k.u.u}{L^2}\end{cases}\Rightarrow F_u=F_3+F_4\begin{cases}F_{ux}=k.\frac{u}{L^2}(d\cos60-u)\\F_{uy}=k.\frac{u.d}{L^2}\sin60\end{cases}$$

$$\vec{F}_u=k.\frac{u}{L^2}(d\cos60-u)\vec{i}+k.\frac{u.d}{L^2}\sin60\vec{j}\Rightarrow F_u=\sqrt{\left[k.\frac{u}{L^2}(d\cos60-u)\right]^2+(k.\frac{u.d}{L^2}\sin60)^2}=20.5N$$

۳) سه بار نقطه اي را روي سه راس مثلث متساوي الاضلاع به طول ۱۰cm در نظر بگيريد. نيروهاي بين بارها عبارتند از $F_{12} = 5.4N$ (جاذبه) و $F_{13} = 15N$ ، $F_{23} = 9N$ (جاذبه) به فرض آنكه q_1 منفي باشد مقادير بارها را به دست آوريد.

جواب :

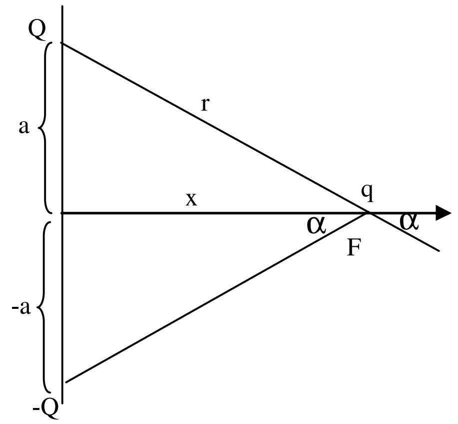
$$r = 10cm = 0.1m$$

$$\begin{cases} F_{12} = \dfrac{kq_1q_2}{r_{12}^2} = k.\dfrac{q_1q_2}{(0.1)^2} = 5.4N \Rightarrow q_1q_2 = 5.4*(0.01)*k \\ F_{13} = \dfrac{kq_1q6}{r_{13}^2} = k.\dfrac{q_1q_3}{(0.1)^2} = 15N \Rightarrow q_1q_3 = 15*(0.01)*k \\ F_{23} = \dfrac{kq_2q_3}{r_{23}^2} = k.\dfrac{q_2q_3}{(0.1)^2} = 9N \Rightarrow q_2q_3 = 9*(0.01)*k \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 3.6\mu c \\ q_2 = 1.9\mu c \\ q_3 = 5.27\mu c \end{cases}$$

۴) با توجه به شكل نيروي وارد بر بار q در نقطه (x,0) به دست آوريد.

ب) در چه نقطه اي مقدار اين نيرو به بيشينه مي رسد؟

جواب :



$$\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j}, F_x = 0$$

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} = \frac{k*q*Q}{r^2}\sin\alpha + \frac{k*q*Q}{r^2}\sin\alpha \Rightarrow \sum F_y = 2k.\frac{qQ}{r^2}\sin\alpha = 2k\frac{qQ}{r^2}*\frac{a}{\sqrt{a^2+x^2}}$$

$$\sum F_y = 2k.\frac{qQa}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$r^2 = a^2 + x^2 \Rightarrow \sin\alpha = \frac{a}{r} = \frac{a}{\sqrt{a^2+x^2}}$$

جواب ب)

مقدار بيشينه: $\dfrac{dF}{dx} = 0 \Rightarrow \dfrac{\frac{3}{2}*2*k*q*Q*a*(2x)(a^2+x^2)^{\frac{-1}{2}}}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} = 0 \Rightarrow x = 0$

۵) بار Q را چنان به دو قسمت q و Q-q تقسیم کرده ایم که نیروي وارد بین آنها به ازاي فاصله معلوم به بیشینه رسد. مقدار q را به دست آورید.

جواب :

$$F = \frac{Kq(Q-q)}{r^2} = \frac{k}{r^2}.(qQ-q^2) \Rightarrow \frac{dF}{dq} = 0 \Rightarrow \frac{k}{r^2}.\frac{d}{dq}(qQ-q^2) = 0 \Rightarrow Q-2q=0 \Rightarrow q = \frac{Q}{2}$$

فصل دوم : میدان الکتریکی

میدان الکتریکی: توصیف چگونگی بر هم کنش بارها با استفاده از مفهوم میدان الکتریکی(نمایش میدان با استفاده از خطوط میدان الکتریکی)

مفهوم میدان ایستا:

1)میدان الکتریکی درون جسم رسانا صفر است

2)میدان الکتریکی بر جسم رسانا عمود است

3)حرکت بارها بر میدان ایستای یکنواخت

فارادی نظریه میدان را برای بیان اثر از دور به کار برد

میدان خاصیتی است که اطراف یک جسم رسانا را پر میکند مانند میدان گرانشی و میدان الکتریکی

ویژگیهای بار ازمون:

1.مثبت فرض میشود(بار منفی نداریم)

2. با دیگر ذرات هیچ بر هم کنشی ندارد.

میدان الکتریکی:

1.کمیتی برداری است

2. در جهت نیروی وارد بر بار ازمایشی است

3. شدت میدان الکتریکی ε در هر نقطه را به صورت نیروی وارد بر بار ازمون در ان نقطه تحلیل میکنند.

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

- E میدان حاصل از برایند تمامی بارهای موجود به استثنای خود q است.

میدان الکتریکی حاصل از بار نقطه ای q

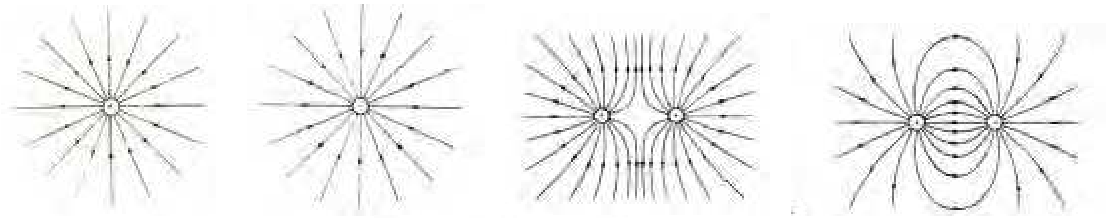
$$\vec{E} = \frac{KQ}{r^2}$$

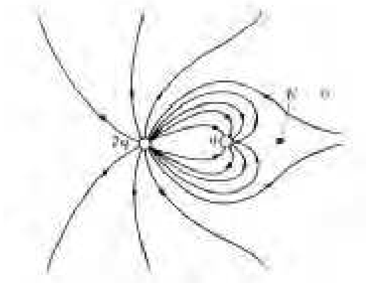
- شدت میدان خاصیتی است از یک نقطه ی فضایی است که فقط به چشمه میدان q بستگی دارد.

طبق رابطه فوق هر کجا شدت میدان معلوم باشد نیروی وارد بر هر بار الکتریکی q قابل محاسبه میباشد.

چگونه میدان الکتریکی را رسم کنیم؟

1. خطوط میدان الکتریکی از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد میشوند (یا به ∞ میروند).
2. خطوط به طور متقارن وارد بار یا از ان خارج میشوند.
3. تعداد خطوطی که بار مثبت را ترک و یا به بار منفی وارد میشوند متناسب با بار الکتریکی هستند.





میدان الکتریکی درون هادی(رسانا)

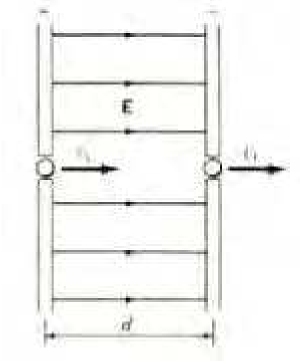
- بار الکتریکی درون یک هادی همواره صفر است.چون اگر درون رسانا میدانی وجود داشته باشد بار شروع به حرکت میکند و این خلاف تجربه است .بنا براین اگر باری درون رسانا باشد مجددا توزیع میشود تا شدت میدان درون رسانا صفر شود پس در شرایط ایستا میدان ماکروسکوپی (به معنای بزرگ مغناطیس زیرا میدانهای پیچیده بسیاری که بین الکترونها و هسته های اتمی وجود دارد در این میدان اثری ندارد)درون یک جسم رسانا همگن برابر است.

چند خاصیت میدان الکتریکی :

1. چگالی خطوط(تعداد خطوط در واحد سطح عمود بر خطوط میدان در یک نقطه متناسب با مقدار میدان در ان نقطه است)
2. در فواصل دور از یک سیستم بار خطوط نیرو هم فاصله و شعاعی هستند و مانند این است که خطوط نیرو از یک بار نقطه ای تنها که برابر با بار خالص سیستم است میایند.
3. هیچ دو خط نیرو همدیگر را قطع نمیکنند(زیرا جهت میدان در هر نقطه در امتداد مماس بر خط نیرو است علت انکه خطوط نیرو همدیگر را قطع نمیکنند این است که میدان در یک نقطه نمیتواند در دو راستای متفاوت باشد)
4. چگالی خطوط نشان دهنده شدت میدان الکتریکی است

$$\frac{tedadekhotut}{masahat} = \frac{tedadekhotut}{4\pi r^2} \alpha \frac{1}{r^2} \alpha F, E$$

میدان الکتریکی بین دو صفحه بار تقریبا ثابت است و خطوط میدان موازی و به فاصله یکسانی هستند

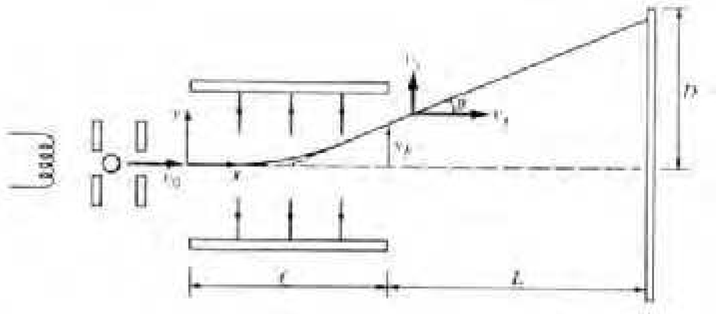


- حرکت بار در یک میدان یکنواخت و ایستا :با فرض یکنواخت بودن میدان شتاب میدان و جهت یکنواختی خواهد داشت.

$$\left.\begin{array}{l} F = qE \\ F = ma \end{array}\right\} \Rightarrow qE = ma \Rightarrow a = \frac{qE}{m}$$

لامپهای پرتوی کاتدی:

این لامپها در تلویزیون و ابزارهای اندازه گیری اسیلوسکوپ مورد استفاده قرار میگیرد.الکترونها پس از گسیل از رشته های داغ وارد فاصله بین دو صفحه موازی میشوند و شتاب پیدا میکنند و سر انجام به صفحه نمایش فسفرسانس برخورد کرده و درخشش ضعیفی حاصل میشود.



1. جابجایی الکترونها در راستای قائم
2. زاویه خروج θ بار

$$\vec{E} = -E\vec{j}$$

$$q = -e$$

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

$$x = v_0 t$$

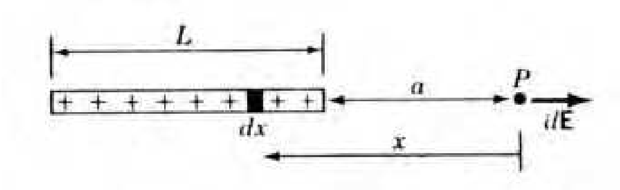
$$\tan(\theta) = \frac{v_{0y}}{v_{0x}}$$

بارهای گسترده :

میدان الکتریکی ناشی از توزیع پیوسته ای از بارها باید نخست میدان dE ناشی از جز بار بی نهایت کوچک dq را پیدا کنیم و سپس انتگرال ان را به دست اوریم .

$$d\vec{E} = \frac{Kdq}{r^2}\hat{r} \Rightarrow E = \int \frac{Kdq}{r^2}$$

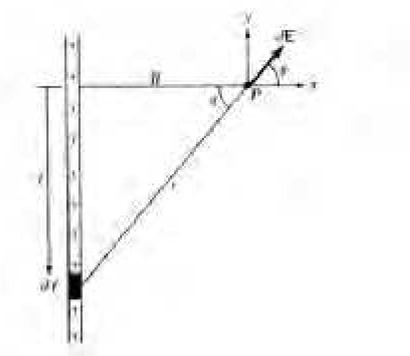
مثال1: یک میله نازک عایق داریم شدت میدان الکتریکی ناشی ازمیله بار دار که بار الکتریکی q را به طور یکنواخت در طول l توزیع کرده ایم در نقطه ای به فاصله A از یک سر میله در امتداد محور میله محاسبه کنید؟



$$\left.\begin{array}{l} E=\int \frac{Kdq}{r^2} \\ \left.\begin{array}{l} \frac{dq}{Q}=\frac{dx}{L} \\ \lambda=\frac{Q}{L} \end{array}\right\} \Rightarrow dq=\lambda dx \end{array}\right\} \Rightarrow E=\int_a^{a+l}\frac{K\lambda dx}{x^2}=K\lambda\int_a^{a+l}\frac{dx}{x^2}=-K\lambda\left(\frac{1}{x}\right)\Big|_a^{a+l}$$

$$\left.\begin{array}{l} =K\lambda\left(\frac{-1}{a+L}+\frac{1}{a}\right) \\ \lambda=\frac{Q}{L} \end{array}\right\} \Rightarrow E=\frac{KQ}{a(a+L)}$$

مثال2:شدت میدان در فاصله r از یک محور باردار بی نهایت بلند که چگالی خطی بار ان λ میباشد چقدر است؟



$$\left.\begin{array}{l} E=\int \frac{Kdq}{r^2} \\ \left.\begin{array}{l} \frac{dq}{Q}=\frac{dl}{L} \\ \lambda=\frac{Q}{L} \end{array}\right\} \Rightarrow dq=\lambda dL \end{array}\right\} \Rightarrow E=\int \frac{KdL}{r^2}$$

$$\cos(\theta)=\frac{R}{r} \Rightarrow r=\frac{R}{\cos(\theta)}=R\sec(\theta)$$

$$\tan(\theta)=\frac{L}{R} \Rightarrow L=R\tan(\theta) \Rightarrow dL=R\sec^2\theta d\theta$$

$$E=K\lambda\int \frac{R\sec^2\theta d\theta}{R^2\sec^2\theta}=\frac{K\lambda}{R}\int d\theta$$

$$dE=dE_{Xi}+dE_{Yj}, dE_{Yj}=0$$

$$dE_X=dE\cos(\theta)$$

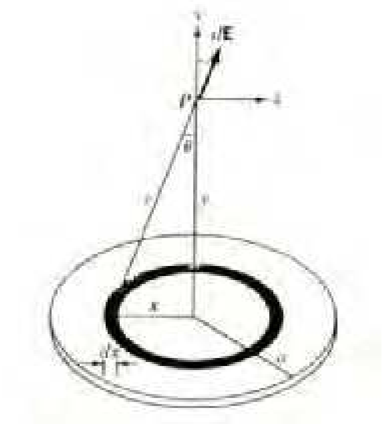
$$\Rightarrow E=\int dE\cos(\theta)$$

$$=\frac{K\lambda}{R}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\cos\theta d\theta$$

$$\Rightarrow E=\frac{2K\lambda}{R}$$

dE_{Yj} به این دلیل صفر است که میدانی که از سمت پایین وارد میشود از بالا هم وارد میشود پس همدیگر را خنثی میکنند در نتیجه صفر میشود.

مثال 3: قرص نارسایی به شعاع a و چگالی بار سطحی δ در نظر بگیرید شدت میدان را در فاصله y از قرص در امتداد محور مرکزی ان به دست بیاورید؟



به علت تقارن دایره ای قرص باید جز بار به صورت حلقه به شعاع x و پهنای dx در نظر گرفت زیرا تمام این حلقه از نقطه p به یک فاصله هستندمولفه موازی میدان با قرص صفر است زیرا هر جزیی از این مولفه که از ناحیه خاصی از حلقه ناشی شده است باجزیی مساوی و مختلف الجهتی که از ناحیه قطری روی حلقه حاصل میشود خنثی خواهد شد پس $dE_X = 0$

$$\left.\begin{array}{l} E = \int \dfrac{Kdq}{r^2} \\ \left.\begin{array}{l} \dfrac{dq}{Q} = \dfrac{dA}{A} \\ \delta = \dfrac{Q}{A} \end{array}\right\} \Rightarrow dq = \delta dA \end{array}\right\} \Rightarrow E = \int \frac{K\delta dA}{r^2}$$

$$\left.\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l} dE_Y = dE\cos\theta \\ \cos\theta = \dfrac{y}{r} \\ dE = \dfrac{K\delta dA}{r^2} \end{array}\right\} \Rightarrow E = \int \dfrac{K\delta y}{r^3} dA = K\delta y \int_0^a \dfrac{2\pi x dx}{(x^2+y^2)^{\frac{3}{2}}} = \mathrm{I} \\ \left.\begin{array}{l} A = \pi r^2 \\ r^2 = x^2 + y^2 \end{array}\right\} \Rightarrow dA = d\left[\pi\left(x^2+y^2\right)\right] = 2\pi x dx \end{array}\right\} \mathrm{I} = \int \frac{xdx}{\left(x^2+y^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$x^2 + y^2 = u^2 \Rightarrow 2xdx = 2udu$$

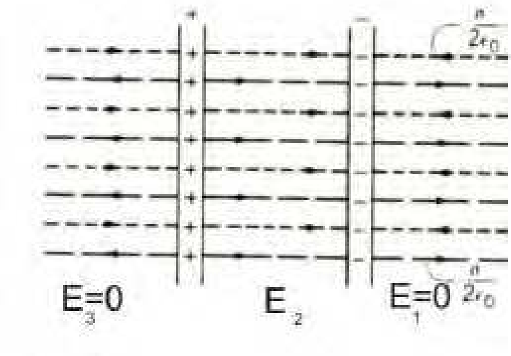
$$\Rightarrow E = 2K\pi\delta y\left(\frac{-1}{\left(a^2+y^2\right)^{\frac{1}{2}}} + \frac{1}{y}\right)$$

$$a \to \infty \Rightarrow E = 2K\pi\delta y\left(\frac{1}{0} + \frac{1}{y}\right) \Rightarrow E = \frac{\delta}{2\varepsilon_0}$$

.com

نکته : میدان ناشی از یک صفحه باردار نا متناهی با چگالی بار سطحی δ میشود: $E = \frac{\delta}{2\varepsilon_0}$

مثال: میدان ناشی از دو صفحه نا متناهی با چگالی بارهای مساوی و مختلف الجهت و همینطور برای دو صفحه حاصل از بارهای مثبت(E_2) به صورت زیر است:



$$E_1 = E_3 = \frac{\delta}{2\varepsilon_0} - \frac{\delta}{2\varepsilon_0} = 0$$

$$E_2 = \frac{\delta}{2\varepsilon_0} + \frac{\delta}{2\varepsilon_0} = \frac{\delta}{\varepsilon_0}$$

چگالی بار الکتریکی:

1. چگالی بار خطی $\lambda = \frac{q}{L}$
2. چگالی بار سطحی $\delta = \frac{q}{A}$
3. چگالی بار حجمی $\rho = \frac{q}{V}$

پایان فصل دوم

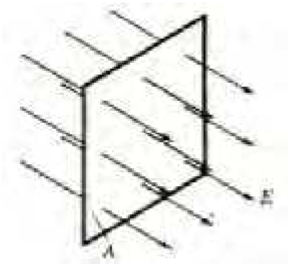
فصل سوم : قانون گاؤس

شار الکتریکی

جهت فهم قانون گاؤس ،باید با مفهوم شار آشنا باشیم.

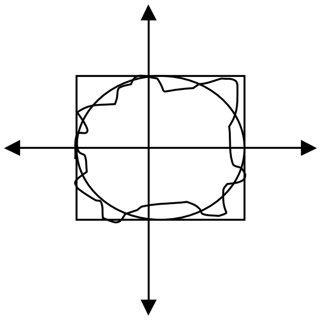
شار : تعداد خطوطی که از یک سطح می گذرد.

نکته : شار عبوری از یک حجم(یا سطح باز) صفر است.

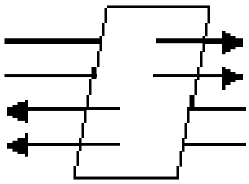


نکات مهم:

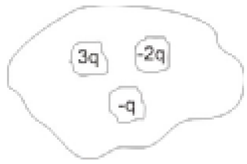
1)تعداد خطوط شاری که از یک سطح می گذرد به شکل بستگی ندارد.



2)شار خالص عبوری از یک سطح برابر با تعداد خطوطی است که از سطح خارج می شود منهای تعداد خطوطی که به آن وارد می شود.



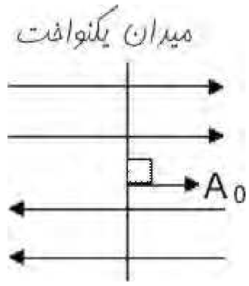
3)تعداد خطوطی که یک بار مثبت را ترک می کند و یا به یک بار منفی وارد می شود متناسب است با مقدار الکترسیته پس اگر دو شدت میدان الکتریکی مختلف داشته باشیم برین معناست که دو شار مختلف داریم.



$$\Phi_E \propto q \propto E$$

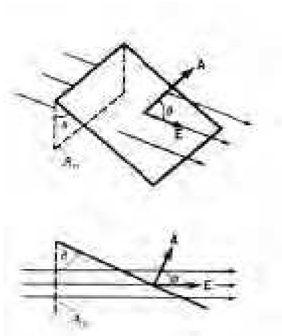
4)شاری که از سطح بسته خارج می شود مثبت است در حالی که شار وارد شونده به سطح بسته منفی است.

الف) میدان یکنواخت



اگر سطح نسبت به میدان زاویه ی θبسازد شارعبوری برابراست با:

$$\Phi_E = E \cdot A = EA\cos\theta$$



یکای شار در SI ، $N/q \cdot m^2$است.

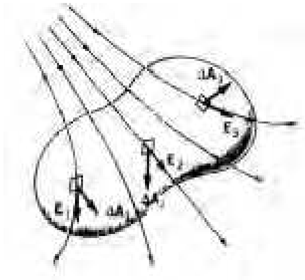
A_n=تصویر میدان در راستای عمود بر میدان

E_n=تصویر میدان در راستای عمود بر سطح

اما در حالت کلی می نویسیم: $\Phi_E = E \cdot A$

ب) میدان غیر یکنواخت

اگر سطح تخت نباشد یا میدان یکنواخت نباشد باید شارهای جزئی روی سطح ها را باهم جمع کرد.جزسطح ها تقریبا تخت هستند و میدان روی آن ها تقریبا ثابت است در حالت حدی وقتی $\Delta A \to 0$ این حاصل جمع به انتگرال دقیق و پیوسته میل می کند.



$$\Phi_E = \Phi_1 + \Phi_2 + ...$$

$$\Phi_E = E_1 \cdot \Delta A_1 + E_2 \Delta A_2 + ... = \sum_{i=1}^{n} E_i \cdot \underset{\Delta A \to 0}{\Delta A} = \int_s \vec{E} dA$$

همیشه بردار عمود بر سطح برای حل مسائل گوسی برای ما اهمیت دارد.

مثال) مربعی به ضلع 4cm در نظر بگیرید.بردار عمود بر صفحه ی آن با میدان الکتریکی $100 N/C$ زاویه ی 60^o درجه می سازد.شار روی مربع چقدر است؟مکعبی به ضلع 4cm در جریان شارحاصل از میدان قرار می دهد.شار عبوری از میدان را محاسبه کنید.

$$\Phi_E = E \cdot A = 100 \times 16 \times 10^{-4} \times \cos 60 = 0.08 \, N/q \cdot m^2$$

قانون گاؤس : شار خالص گذرنده از یک سطح بسته برابر است با $1/\xi$ بار الکتریکی محصور در آن سطح است یعنی

$$\frac{Q}{\xi} = \int_s \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int \frac{kQ}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \int \frac{Q}{4\pi\xi} \cdot 4\pi = \frac{Q}{\xi}$$

$$A = 4/3 \pi r^3 \to dA = 4\pi r^2$$

نکات مهم جهت حل مسائل به روش استفاده از قانون گوس:

1)سطح گوسی را به طریقی بکشید که میدان روی تمام نقاط سطح یکسان باشد.

2)میدان در تمام نقاط عمود بر سطح باشد($\cos\theta = 1$)

3)برای تعیین نقش خطوط میدان از تقارن توزیع بار استفاده می کنیم.

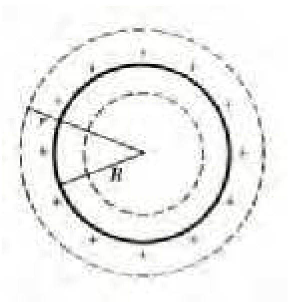
4)اگر میدان موازی با سطح باشد باید بزرگی میدان در این قسمت ثابت بماند.

5)انتگرال برابر است با حاصل جمع جزسطح ها

مثال1) پوسته ی کروی فلزی به شعاع R را در حالیکه بار q به طور یکنواخت در سطح آن توزیع شده است میدان الکتریکی را

الف)بیرون ب)درون پوسته را محاسبه کنید.

الف)



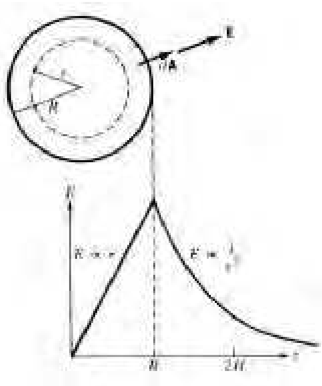
$$\Phi = \int E.dA = \frac{Q}{\xi} = \frac{\lambda L}{\xi} = E.4\pi r^2 = \frac{Q}{\xi} \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi r^2 \xi} = \frac{kq}{r^2}$$

ب)در قسمت درون هیچ بار (گوسی) وجود ندارد.

مثال2)کره نارسانا به شعاع R در نظر بگیرید که بار الکتریکی q به طور یکنواخت در حجم آن توزیع شده است میدان الکتریکی را در نقاط زیر به دست آورید.

الف)بیرون کره ب)درون کره

الف) $$\int E \cdot dA = \frac{Q}{\xi} = E \cdot 4\pi r^2 \rightarrow E = \frac{Q}{4\pi r^2 \xi}$$



ب)کل بار را در بر نمی گیرد.

$$Q'=\frac{4/3\,\pi r'^3}{4/3\,\pi R^3}Q$$

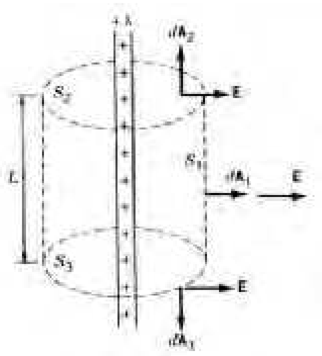
$$\int EdA=\frac{Q'}{\xi}$$

$$\int E\cdot dA=\frac{Q}{\xi}=E\cdot 4\pi r^2=\frac{Q'}{\xi}\Rightarrow E=\frac{Q'}{4\pi r^2\xi}$$

$$Q'=r'^3/R'^3$$

$$Q\Rightarrow E=\frac{1}{4\pi\xi}=\frac{r^3Q}{R^3r^2}=\frac{rQ}{4\pi\xi R^3}$$

مثال3) محور باردار بی نهایت بلندی با چگالی δ در نظر بگیرید میدان را در فاصله ی r از محور میله محاسبه کنید.



$$\int E\cdot dA=\frac{Q}{\xi}$$

$$Q=\lambda L$$

$$E_1\cdot A_1+E_2A_2+E_3A_3=\frac{\lambda L}{\xi}$$

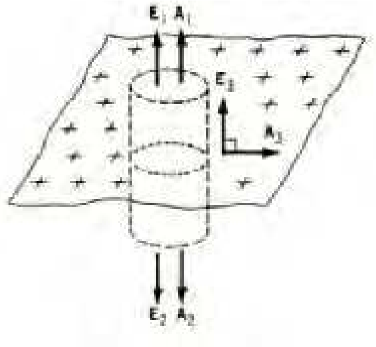
$$E_2.A_2=E_3.A_3=0(\cos 90=0)$$

$$E_1(2\pi rL)=\frac{\lambda L}{\xi}\Rightarrow E_1=\frac{\lambda}{2\pi r\xi}=\frac{2k\lambda}{r}$$

در مورد جسم رسانا تمام شار در یک جهت است در حالیکه در مورد صفحه ی رسانا شار در دو جهت متفاوت است.

بار روی یک سطح نامتناهی توزیع شده است همه نقاطی که به یک فاصله از صفحه قرار دارند هم ارزند پس میدان روی هر صفحه ای که به موازات صفحه ای باردار در نظر گرفته شود،باید ثابت بماندو به علت تقارن در مسئله خطوط میدان باید بر این سطح ها عمود باشند پس سطح گوسی را استوانه ای که قاعده های آن موازی با صفحه های باردار و به یک فاصله از آن قرار دارند انتخاب می کنند.

سطح نارسانایی با چگالی بار σ در نظر بگیرید میدانE را در نزدیکی این سطح محاسبه کنید.



$$\int E \cdot dA = \frac{Q}{\xi}$$

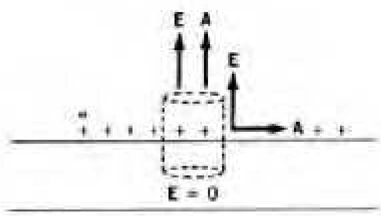
$$E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2 + E_3 \cdot A_3 = \frac{Q}{\xi}$$

$$E_1 A_1 = E_3 A_3$$

$$2E_1 A_1 = \frac{Q}{\xi} \rightarrow E_1 = E = \frac{Q}{2A\xi} = \frac{\sigma}{2\xi}$$

اگر سطح رسانا باشد(سطح فلز را از یک طرف محاسبه می کنیم.)

(داخل جسم رسانا میدان صفر است)



$$\int E \cdot dA = \frac{Q}{\xi}$$

$$E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2 + E_3 \cdot A_3 = \frac{Q}{\xi} \rightarrow E_1 A_1 = \frac{Q}{\xi} \rightarrow E_1 = E$$

$$E = \frac{Q}{A\xi} = \frac{\delta}{\xi}$$

پایان فصل سوم

پاسخهای مساله های فصل سوم : قانون گاؤس

(۱

$$\Phi_E = \vec{E}\vec{A}\cos\alpha = 450\pi(12\times10^{-2})^2\cos(90-30) = 10.2\, Nm^2/c$$

2) محور میدان با میدان یکنواخت موازیست.

$$\Phi_E = E.A\cos\alpha = E\pi R^2$$

3)

الف) عمود بودن بردار عمودی سطح وبردار میدان الکتریکی

$$\Phi_E = E.A\cos\alpha = \frac{kq}{r^2}\times 4\pi r^2 = 9\times10^9\times60\times10^{-6}\times4\times3.14 = 6.78\times10^6\, Nm^3/c$$

ب) تقارن در جسم مکعب و **6** وجه مکعب را کره در نظر می گیریم تا کاملا پوشش دهد.

$$\Phi_E = \frac{6.78\times10^6}{6} = 1.13\times10^6\, Nm^3/c$$

ج) اگر بار در مرکز مکعب قرار نمی گرفت **(** در قسمت الف **)** کره چون خطوط میدان را شامل می شود تغییر نمی کند ولی در مکعب اگر باربه یکی از وجه ها نزدیک تر شود تعداد خطوط گذرنده بیشتر می شود.

4)

الف) سطح کره **ب)** در فاصله ی **10cm** از مرکز

$r = 8cm$

$\delta = 0.1\, c/m^2$

.com

$$A = 4\pi r^2 = 4\times 3.14\times(8\times10^{-2})^2 = 803.84\times10^{-4}$$
$$Q = 0.1\times10^{-9}\times 80.84\times10^{-4} = 803.84\times10^{-14}\,c$$
$$E = \frac{\delta}{\xi} = \frac{0.1\times10^{-9}}{8.85\times10^{-12}} = 11.3\,{}^{N}\!/_{C}$$
$$\int \vec{E}\cdot\vec{dA} = \frac{Q}{\xi}$$
$$\delta = \frac{Q}{A} \rightarrow Q = \delta A$$
$$EdA\cos 0 = {}^{Q}\!/_{\xi}$$
$$E(4\pi r^2) \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\xi} = \frac{Q}{r^2}$$
$$E = \frac{803.84\times10^{-14}}{64\times10^{-4}} = 7.23\,{}^{N}\!/_{C}$$

5)

الف) نقطه ی **p** بین دو صفحه ی باردار

$$E = \frac{\delta}{2\xi} - \frac{\delta}{2\xi} = 0$$

ب) نقطه ی **P** خارج صفحه (هر دو بردار هم جهت اند)

$$E = \frac{\delta}{2\xi} + \frac{\delta}{2\xi} = \frac{2\delta}{2\xi} = \frac{\delta}{\xi}$$

6) دو صفحه ی رسانای نامتناهی موازی و چگالی های $\pm\delta\ {}^{c}\!/_{m^2}$ میدان های الکتریکی برابرند

الف) بین صفحات

ب) خارج از صفحات

الف) $\Rightarrow E = 2\times\frac{\delta}{2\xi} = \frac{\delta}{\xi}$

ب) $\Rightarrow E = E_1 - E_2 = \frac{\delta}{2\xi} - \frac{\delta}{2\xi} = 0$

7)

شعاع $a \rightarrow \delta_1$ چگالی

چگالی $\delta_2 \rightarrow b$ شعاع

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\xi}$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \rightarrow Q_1 = -Q_2$$

$$\delta = \frac{Q}{A} \rightarrow Q_1 = \begin{cases} Q_1 = \delta_1 A_1 \\ Q_2 = \delta_2 A_2 \end{cases}$$

$$\delta_1 A_1 = -\delta_2 A_2$$

$$\delta_1 (2\pi a l) = -\delta_2 (2\pi b l) \Rightarrow \delta_2 = \frac{-a}{b}\delta_1$$

8)

الف)

$$a \le r \le b$$

$$\int \vec{E} d\vec{A} = \frac{Q}{\xi} \rightarrow E \int dA = \frac{Q}{\xi} \rightarrow E(4\pi r^2) = \frac{Q}{\xi} \rightarrow E = \frac{kQ}{r_2}$$

ب)

$$r \ge b$$

$$Q = Q - Q = 0$$

$$\int E \cdot dA = \frac{Q}{\xi} = 0$$

9) رابطه ی میان چگالی ها چگونه باشد تا میدان صفر شود.

$$a \le r \le b$$

$$\begin{cases} Q_a + Q_b = 0 \Rightarrow \delta_a (4\pi a^2) + \delta_b (4\pi b^2) = 0 \Rightarrow \delta_A = \dfrac{-b^2}{a^2}\delta_b \\ \delta = \dfrac{Q}{A} \end{cases}$$

10)

$$\int \vec{E} d\vec{A} = \frac{Q}{\xi}$$

$$\rho = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4/3\,\pi R^3}$$

$$Q = \rho \times 4/3\,\pi R^3$$

$$\rho = \frac{Q'}{A'} \rightarrow Q' = \rho \times 4/3\,\pi R^3$$

الف)

$$r \geq R$$

$$E\int dA\cos 0 = \frac{4/3\,\rho\pi r^3}{\xi} \Rightarrow E(4\pi r^2) = \frac{4\pi r^3 \rho}{3\xi} \rightarrow E = \frac{\rho r}{3\xi}$$

ب)

$$r \geq R$$

$$\rho = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{4/3\,\pi R^3} \rightarrow Q = 4/3\,\rho\pi R^3$$

$$\int E dA\cos 0 = \frac{4/3\,\rho\pi R^3}{\xi} = E\cdot 4\pi r^2 \rightarrow E = \frac{\rho R^3}{3\xi r^2}$$

ج)

$$r = R$$

$$E = \frac{\rho R}{3\xi}$$

1)

الف)

$$R_1 \leq r \leq R_2$$

$$\delta = \frac{q'}{A} \rightarrow q' = \delta A = \delta(4\pi R_1^2)$$

$$\int \vec{E} dA = \frac{Q}{\xi} = 0$$

$$Q = q + q' = q + \delta(4\pi R_1^2) = 0 \rightarrow q = -4\pi\delta R_1^2$$

ب)

$$\delta = \frac{Q}{A} \rightarrow Q = \delta A$$

$Q_1 = \delta(4\pi R_1^2)$ سطح داخلی

$Q_2 = \delta(4\pi R_2^2)$ سطح خارجی

$Q = Q_1 + Q_2 = 4\pi\delta(R_1^2 - R_2^2)$

ج)

$r \le R_2$

$$\int EdA\cos 0 = \frac{-4\pi\delta R_2^2}{\xi} \rightarrow E = \frac{-\delta R^2}{\xi r^2}$$

$$Q = -4\pi\delta R_1^2 + 4\pi\delta(R_1^2 - R_2^2) \Rightarrow Q = -4\pi\delta R_2^2$$

12)

الف) r<R　　ب) r>R　　ج) r=R

$$\int \vec{E}d\vec{A} = \int \vec{E}dA_1\cos 90 + \int \vec{E}dA_2\cos 90 + \int \vec{E}dA_3\cos 0 = E(2\pi rl)$$

$$\rho = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = \rho v = \rho(\pi R^2 L) \Rightarrow E(2\pi rl) = \frac{\rho(\pi R^2 l)}{\xi} \Rightarrow E = \frac{\rho R^2}{2\xi r}$$

13)

$$\rho = \frac{q}{v} \rightarrow q = \rho v \rightarrow q' = e - \rho v$$

$$\int \vec{E}d\vec{A} = \frac{q}{\xi} = E(4\pi r^2) = \frac{\rho - \frac{3e}{4\pi R^3}\cdot\frac{4}{3}\pi r^3}{\xi} \Rightarrow E = ke\left(\frac{1}{r^2} - \frac{r}{R^3}\right)$$

$$\rho = \frac{e}{4/3\,\pi R^3}$$

14)

$$\int \vec{E}d\vec{A} = \frac{q}{\xi} \rightarrow E(4\pi r^2) = \frac{Q}{\xi} \Rightarrow E = \frac{kQ}{r^2}$$

15)

$$\int EdA = \frac{Q}{\xi}$$

$$Q = \rho(v_r - v_a) = \rho(\pi R^2 l - \pi a^2 l)$$

$$E(2\pi rl) = \frac{\rho\pi l(R^2 - a^2)}{\xi} \Rightarrow E = \frac{\rho}{2\xi}\left(\frac{R^2 - a^2}{r}\right)$$

16)

.com

$$\int_1 E d\vec{A} + \int_2 E d\vec{A} + \ldots + \int_6 E d\vec{A} = \frac{Q}{\xi} \Rightarrow 2E\int dA = \frac{Q}{\xi} = \frac{ev}{\xi}$$ دو وجه

چهار وجه

$$2EA = \frac{e2xA}{\xi} \rightarrow E = \frac{ex}{\xi}$$

پایان پاسخهای مسائل فصل سوم

فصل چهارم : پتانسیل الکتریکی

پتانسیل الکتریکی:

اهداف : تعریف پتانسیل - محاسبه ی پتانسیل با در دست داشتن پتانسیل – انرژی پتانسیل الکتروستاتیکی بارهای نقطه ای – پتانسیل بارهای گسترده

خطوط میدان الکتریکی و سطوح هم پتانسیل عمودند و جهتشان از پتانسیل بالاتر به پایین تر است.

یادآوری : انرژی پتانسیل را فقط می توان برای نیروهای پایستار تعریف کرد.(به مسیر بستگی ندارد.)

انرژی جاذبه گرانشی یک نیروی پایستار است. $\Leftarrow F = \dfrac{mG.M_m}{R^2}$

-نیروی الکتروستاتیکی کولن یک نیروی پایستار است.

-پس قانون پایستار انرژی را در مورد این نیرو هم می توان به کار برد.

-انرژی پتانسیل خاصیت مجموعه ای از ذرات است در حالی که پتانسیل الکتریکی مانند شدت میدان خاصیت یک نقطه است.

-پتانسیل هر نقطه مقدار انرژی پتانسیل واحد بار در آن نقطه است.

-پتانسیل کمیتی نرده ای است اما میدان الکتریکی برداری است پس تحلیل مسائل فیزیک بر حسب پتانسیل آسان تر از کاربرد شدت میدان الکتریکی است.

تعریف پتانسیل الکتریکی : پتانسیل در هر نقطه برابر است با کار خارجی لازم برای آنکه واحد بار الکتریکی مثبت را با سرعت ثابت از بی نهایت(پتانسیل صفر)به آن نقطه بیاریم.

$\Leftarrow$فرض کنیم چندین بار الکتریکی در بی نهایت داریم اگر بخواهیم یکی از این بارها را از بی نهایت به نقطه ای انتقال دهیم برای انتقال لازم نیست کاری انجام شود اما اگر بار دیگری را به مجاورت این بار انتقال دهیم در مقابل نیروی(دافعه یا جاذبه)موجود باید مقداری کار انجام دهیم کار انجام شده به صورت انرژی در سیستم ذخیره شده و سیستم توانایی انجام کار پیدا می کند.

$$W = \int F.d_s = \Delta U$$

$\Leftarrow$به عبارت دیگر اگر بار آزمایشی q_0 را از بی نهایت به نقطه ای در یک میدان الکتریکی انتقال دهیم و کار انجام شده W باشد پتانسیل در آن نقطه برابر است با:

$$w = \lim_{q_0 \to 0} \frac{W}{q_0}$$

یکای پتانسیل الکتریکی در SI (ولت یا j/c است.)

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه : کاری است که برای انتقال بار واحد آزمایشی از یک نقطه به نقطه ی دیگر در میدان الکتریکی انجام می شود اگر کار W برای انتقال بارq از نقطه ی A به B در یک میدان الکتریکی انجام شود در این صورت:

$$W = \frac{\Delta U}{q} = V_B - V_A = \Delta V \Rightarrow W = q\Delta V$$

اگرذره ی بارداری در انتقال از نقطه ی A به B مطابق شکل مسیر خمیده ای را بپیماید تغییر انرژی پتانسیل A در انتقال از انتگرال زیر به دست می آید.

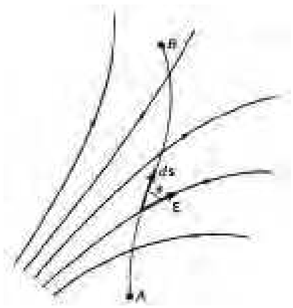
$$\Delta V = V_B - V_A = -\int_A^B E.ds$$

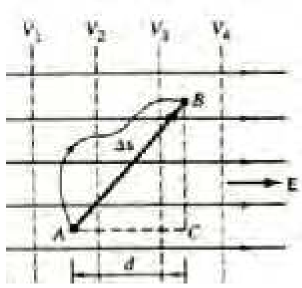
$$W = \int F.ds \rightarrow W = \int E.q.ds = Vq = \int Eqds = -\int E.ds$$

$$F = E.q$$

$$V = \frac{W}{q} \rightarrow W = Vq$$

پتانسیل و انرژی پتانسیل در یک میدان یکنواخت الکتریکی اگر میدان ثابت باشد (خطوط یکنواخت است.)





$$V_B - V_A = -\int E.ds$$

$$V_B - V_A = -E.\int ds = -Ed$$

تعریف هم پتانسیلی : سطحی است که با نقاط پتانسیل یکسان عبور می کند خطوط میدان الکتریکی برهم پتانسیل ها عمودند و جهتشان از پتانسیل بالاتر به پایین تر است.

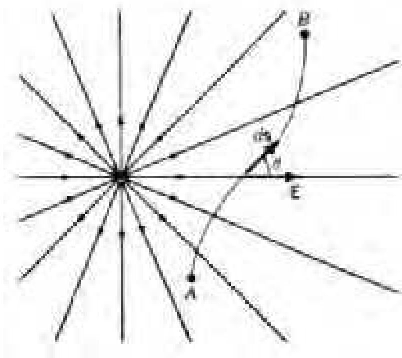
قانون پایستگی انرژی به صورت زیر می باشد.

$$-W = -\Delta U = \Delta K \leftarrow \Delta U + \Delta K = 0$$

$$= -q\Delta V$$

.com

پتانسیل و انرژی پتانسیل بارهای نقطه ای:

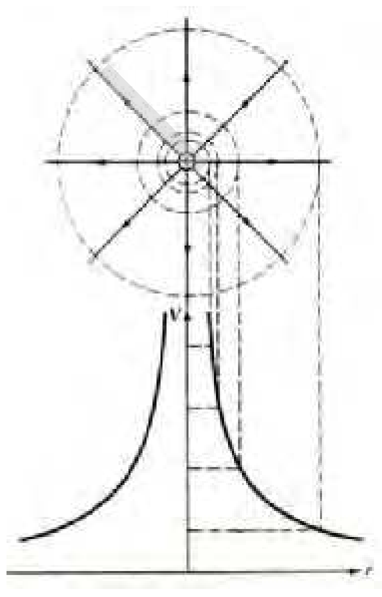


E شعاعی است پس از جابجایی s با توجه به راستای شعاعی می توانیم از dr انتگرال بگیریم.

$\vec{E}_r = \frac{kq}{r^2}\hat{r}$ میدان شعاعی

$$V_B - V_A = -\int E.ds = -\int E_r dr = -\int_A^B \frac{kq}{r^2} dr = kq\left(\frac{1}{r}\right)\Big|_A^B = kq\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right) \Rightarrow \begin{cases} r_A \to \infty \\ V_A \to 0 \end{cases} \Rightarrow V = \frac{kq}{r}$$

نکات:



1)خطوط میدان بر سطوح هم پتانسیل عمود است.

$$V = \frac{kq}{r}$$

2)خطوط میدان از پتانسیل کمتر به بیشتر است.

3)سطوح هم پتانسیل کروی هستند زیرا پتانسیل در همه ی نقاطی که به فاصله ی یکسان از بار قرار گرفته اند مقدار ثابتی دارند.

4)در نزدیکی بار با تغییر کمی در شعاع تغییرات زیادی در پتانسیل دیده می شود که در نتیجه سطوح هم پتانسیل در نزدیکی بار به هم نزدیک تر هستند.

5)دقت کنید در رسم پتانسیل بر حسب r، قدر مطلق r را در نظر می گیریم زیرا پتانسیل در مقادیر r>0 و r<0 به علت در نظر گرفتن r تک مقدار می باشد.

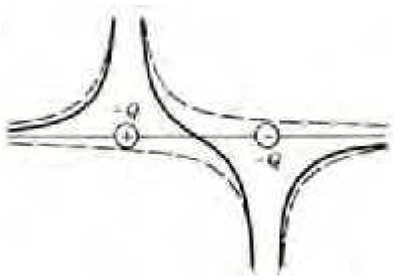
6)هر کجا که هم پتانسیل ها به هم نزدیک تر باشند شدت میدان بیشتر است.

پتانسیل دستگاه بارهای نقطه ای : میدان الکتریکی از اصل برهم نهی تبعیت می کند و پتانسیل مشتق میدان الکتریکی است. ⇐ پس پتانسیل از اصل برهم نهی تبعیت می کند.

نکته : پتانسیل الکتریکی کمیتی نرده ای است پس اصل برهم نهی تبدیل به جمع جبری پتانسیل های ناشی از همه ی بارها می شود.

$$V = \sum \frac{kQ_i}{r_i}$$

سوال1 : پتانسیل ناشی از دو بار نقطه ای مساوی و مختلف العلامت را رسم کنید.



نکته : در نقطه ی میانی(دقیقا در وسط دو بار)پتانسیل برابر صفر است و E مخالف صفر می باشد.چرا؟

سوال2 : نمایش دو بعدی هم پتانسیل ها و خطوط میدان برابر دو بار مساوی و مختلف العلامت را رسم کنید.

سوال3 : پتانسیل کل ناشی از دو بار نقطه ای مساوی و هم علامت را رسم کنید.

نکته : در نقطه ی میانی(دقیقا در وسط دو بار)پتانسیل مخالف صفر و میدان صفر است. چرا؟

سوال4 : نمایش دو بعدی هم پتانسیل ها و خطوط میدان را برای دو بار مساوی و هم علامت رسم کنید.

سوال5 : در فاصله ی معینی از دو بار نقطه ای هم علامت و دو بار نقطه ای مختلف العلامت که قرار می گیریم در ترسیم سطوح هم پتانسیل (سوال 2 و 4)چه تفاوتی مشاهده می کند؟

انرژی پتانسیل بارهای نقطه ای :

بار نقطه ای q را در نقطه ای به پتانسیل V قرار می دهیم.انرژی پتانسیل حاصل از برهم کنش این بار تنها با بارهایی که پتانسیل V را ایجاد نموده اند.(u=qv) و $V=\frac{kQ}{r} \Leftarrow u=\frac{kqQ}{r}$

تعریف : انرژی پتانسیل دستگاهی که از دو بار تشکیل شده است برابر است با کار خارجی لازم برای اینکه بارها بدون تغییر انرژیِ جنبشی از بی نهایت به فاصله ی r از هم قرار گیرند.

-دو بار هم علامت انرژی پتانسیل مثبت دارند زیرا کاهش فاصله ی جدایی در برابر دافعه ی متقابل مستلزم انجام کاری است.

دو بار هم علامت انرژی پتانسیل منفی دارند زیرا نیروی خارجی باید جلوی افزایش سرعت ذرات را بگیرد و در خلاف جهت جابجایی است.

انرژی پتانسیل کل دستگاهی متشکل از چند بار نقطه ای:

$$\sum_{i\neq j} u_{ij}=\sum\frac{kq_iq_j}{r_{ij}}$$
$$u_{ij}=u_{ji}$$
$$u=u_{12}+u_{13}+u_{14}+u_{23}+u_{24}+u_{34}$$

مثال : سه بار نقطه ای $q_1=2\mu c$ و $q_2=-3\mu c$ و $q_3=4\mu c$ در سه رأس مثلث متساوی الاضلاعی به شعاع 2cm قرار گرفته اند انرژی پتانسیل این مجموعه را محاسبه نمایید.

$$\sum_{i\neq j} u_{ij}=\frac{kQ_iQ_j}{r_{ij}} \Rightarrow u=u_{12}+u_{13}+u_{23}$$
$$10^{-12}\times\frac{k}{r}(q_1q_2+q_1q_3+q_2q_3)=\frac{9\times10^9\times10^{-12}}{r}(-(2\times3)+(2\times4)+(-3\times4))$$

بارهای گسترده : جهت محاسبه ی پتانسیل ناشی از بارهای گسترده می توان به دو صورت عمل کرد.

الف) روش اول:پتانسیل ناشی از جزء بار dq در نقطه ی معین را بدست آوریدو پتانسیل ناشی از کل بار را با انتگرال گیری از این dv بدست می آوریم.

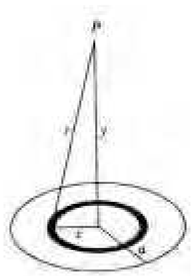
$$dv = \frac{kdq}{r}$$

$$v = \int \frac{kdq}{r}$$

ب) روش دوم:استفاده از معادله ی زیر

$$V_B - V_A = -\int E.ds$$

مثال : دیسکی به شعاع a و به چگالی سطحی بار δ ،پتانسیل را در فاصله ی y از سطح دیسک به دست آورید.



$$v = \int dv = \int \frac{kdq}{r}$$

$$\frac{dq}{Q} = \frac{dA}{A} \to dq = \frac{dAQ}{A} \Rightarrow dq = \delta dA$$

$$\left.\begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ r^2 &= x^2 + y^2 \end{aligned}\right\}$$

$$dA = d(\pi(x^2 + y^2)) = \pi\, 2xdx \Rightarrow dq = \delta(2\pi xdx)$$

$$U = \int \frac{k\delta\pi(2xdx)}{(x^2 + y^2)^{1/2}} = k\delta\pi \underbrace{\int \frac{2xdx}{(x^2 + y^2)^{1/2}}}_{I}$$

$$V = \int dV = \int \frac{kdq}{r}$$

$$I = \int \frac{2xdx}{(x^2 + y^2)^{1/2}} = \int \frac{dv}{v^{1/2}} = \frac{1}{-1/2 + 1} u^{-1/2+1} = 2u^{1/2}$$

$$x^2 + y^2 = v \to 2xdx = dv$$

$$\Rightarrow v = k\delta\pi I = 2k\delta\pi(x^2 + y^2)^{1/2}\Big|_0^a = 2k\delta\pi((a^2 + y^2)^{1/2} - y)$$

پایان فصل چهارم

فصل پنجم : خازن ها و دی الکتریک ها

اهداف :

- تعریف ظرفیت
- هم بندی خازن های متوالی و سری
- انرژی ذخیره شده ی خازن
- چگالی انرژی میدان
- اثرات ورود دی الکتریک ها به خازن

نخستین وسیله ای که بار الکتریکی را ذخیره می کرد **بطری لید** بود که به وسیله ی فون کلاسیت در سال 1745 اختراع شد و امروزه آن را **خازن** می نامند خازن ها در مدارهای تنظیم رادیو،مدارهای الکتریکی زمان سنجی و سایر دستگاه ها نقش حیاتی دارند.

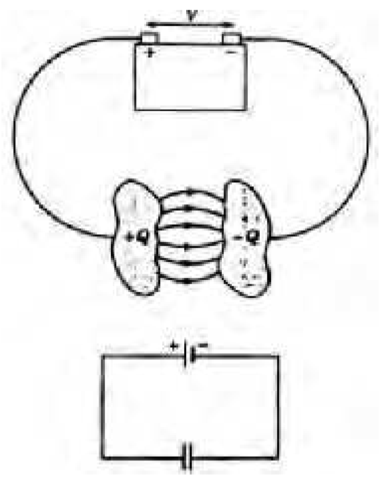
برای هموار کردن افت و خیز ولتاژ در رادیو و تلویزیون از خازن استفاده می شود در بانک های ذخیره ی اطلاعات در شتاب دهنده ذرات با انرژی زیاد به کار می رود.

خازن از دو صفحه ی رسانای فلزی که با جسم عایق مثل هوا یا کاغذ از هم جدا می شدند تشکیل می شود هنگامی که دو صفحه ی خازن را به یک باتری وصل می کنیم 3 اتفاق می افتد.

1) صفحات خازن به طور مساوی و با علامت مخالف باردار می شوند.

2) پتانسیل هر یک از صفحات با پتانسیل قطبی که صفحه به آن متصل است برابر می شوند.

3) اختلاف پتانسیل 2صفحه با اختلاف پتانسیل دو سر باتری مساوی است.



.com

ظرفیت یک خازن :

بزرگی بار ذخیره شده ی q روی هر یک از صفحات خازن با اختلاف پتانسیل v بین دو صفحه خازن رابطه مستقیم دارند.

$$q \propto v \rightarrow c = q/v$$

C ثابت تناسب است و ظرفیت خازن نام دارد. یکای ظرفیت خازن فاراد است که برابر است با کولون بر ولت.

انواع خازن

خازن با صفحات موازی یکسان : در این خازن مساحت هر صفحه A بوده و فاصله ی بین دو صفحه D می باشد بار ایجاد شده روی دو صفحه Q است.هدف ،محاسبه ی ظرفیت است.

$$E = \frac{\delta}{\xi}$$

$$\delta = \frac{q}{A} \rightarrow E = \frac{q}{\xi A}$$

$$V = E.d$$

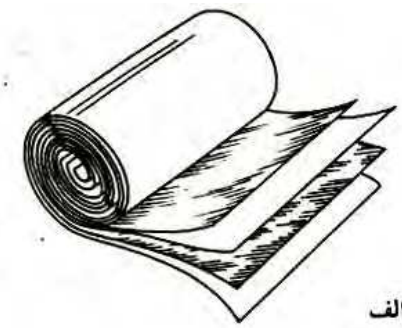
$$c = \frac{q}{v} = \frac{q}{E.d} = \frac{q\xi A}{qd}$$

$$c = \frac{\xi A}{d}$$

خازن با صفحات موازی اما متغیر : می توان با استفاده از دو صفحه ی نازک فلزی که ورقه ی پلاستیک عایقی آنها را از هم جدا نگه می دارد آن را ساخت.

چنین لایه هایی را به صورت استوانه می پیچند و در محفظه ها قرار می دهند.


ب


الف

نوع دوم

این نمونه در رادیوهای قدیمی دیده می شود شامل صفحاتی به صورت دو مجموعه قرص های نیم دایره اند هنگامی که پیچ رادیو را می چرخانیم با دوران یک مجموعه از قرص ها مساحت صفحات متقابل خازن و در نتیجه ظرفیت آن را تغییر می دهیم.پس در این نمونه یک مجموعه را ثابت و مجموعه ی دیگر از صفحات قابل دوران است.

مثال: خازنی داریم صفحه موازی و فاصله ی میان صفحات 5mm و ظرفیت خازن 1F است. مساحت هر یک ز خازن ها چقدر است؟

$$c = \frac{\xi A}{d} \Rightarrow A = \frac{cd}{\xi}$$

$$A = \frac{1 \times 5 \times 10^{-3}}{8.85 \times 10^{-12}}$$

خازنی داریم صفحه ی موازی و ابعاد هر صفحه از آن 4×6mm است اگر فاصله ی دو صفحه 2mm باشد و هر یک از صفحات را به باتری با ولتاژ40v وصل کنیم،به دست آورید:

الف) ظرفیت خازن

ب)مقدار بار روی هر یک از تیغه ها

$$A = 6 \times 4 \times 10^{-6} = 24 \times 10^{-6}$$

$$c = q/v$$

مهم: ظرفیت یک کره ی منزوی به بار+q و شعاع r چقدر است؟

(خازنی که صفحه ی دیگر آن زمین است)خطوط میدان در این کره همه جا عمود بر سطح آن است و این چنین به نظر می رسد که از مرکز کره آمده است پس می توان فرض کرد که بار کره در مرکز آن قرار دارد.پتانسیل کره برابر است با:

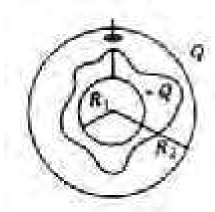
$$c = q/v \leftarrow v = kq/r$$

$$c = \frac{q}{q\,k/r} = \frac{r}{k} = 4\pi\xi r$$

نکته : صفحه ی دیگر این کره را زمین در نظر می گیریم.به دودلیل:زیرا هم رساناست و هم می توان فرض کرد که بار این کره به زمین منتقل شده است.

.com

خازن کروی : این خازن از دو صفحه ی کروی رسانا و هم مرکز تشکیل شده است.



هدف: محاسبه ی ظرفیت خازن کروی

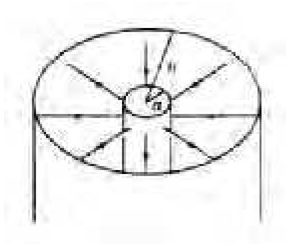
$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = -\int E.ds = -\int_{R_1}^{R_2} E_r dr = kQ\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]$$

$$C = \frac{Q}{v} = \frac{Q}{kQ\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]}$$

$$C = \frac{R_1 \times R_2}{k[R_1 - R_2]}$$

خازن استوانه ای : شامل دو استوانه ی هم محور بلند به شعاع های a وb می باشد به گونه ای که استوانه ی درونی به بیرونی به وسیله ی عایقی جدا می شود.پوستهی درونی به وسیله ی یک باتری دارای بار مثبت می گردد.



هدف: محاسبه ی ظرفیت خازن استوانه ای

$$\int E.dA = \frac{Q}{\xi} \Rightarrow E.2\pi rl = \frac{\lambda l}{\xi} \Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi\xi r}$$

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$$v_B - v_A = \Delta v = -\int E.ds$$

$$\Delta v = -\int \frac{2k\lambda}{r} dr = -2k\lambda \int_a^b \frac{dr}{r}$$

$$\Delta v = +2k\lambda \ln \frac{a}{b}$$

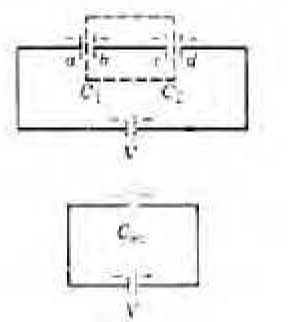
$$c = \frac{Q}{V} = \frac{QL}{2kQ \ln \frac{a}{b}} \Rightarrow c = \frac{L}{2k \ln a/b}$$

نکته : خازن را به صورت نماد -||- نشان می دهند و باتری را با نماد -|ı- در مدار ها معرفی می کنند.توجه کنید که خط بلند تر قطب ثبت است(پتانسیل + بیشتر است.)

هم بندی خازن ها

الف) خازن های متوالی: هم بندی متوالی به طور کلی هنگامی که n خازن متوالی به هم وصل کنیم ،ظرفیت معادل از رابطه ی زیر محاسبه می شود:

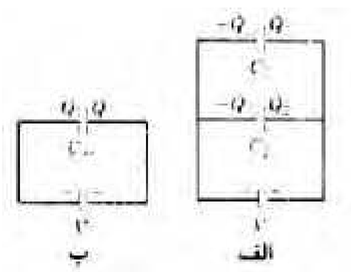
$$\frac{1}{c_{total}} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + ... + \frac{1}{c_n}$$



نکته: درهم بندی متوالی ظرفیت معادل از ظرفیت کوچکترین خازن هم کمتر است.

ب) هم بندی موازی: به طور کلی n خازن به طور موازی به هم وصل کنیم ظرفیت معادل چنین می شود:

$$c_{total} = c_1 + c_2 + ... + c_n$$



نکته: در هم بندی موازی ظرفیت معادل همیشه از ظرفیت تک تک خازن ها بیشتر است.

بسیار مهم: درهم بندی سری ها میزان بار روی خازن ها برابر است اما در موازی خازن ها اختلاف پتانسیل یکسانی دارند.

انرژی ذخیره شده در خازن:کاری که طی باردار کردن خازن مثلا باتری انرژی ذخیره شده گویند کار جزیی برای انتقال بار جزیی dq از صفحه ی منفی به صفحه ی مثبت برابر است با:

$$dw = vdq \Rightarrow w = \int_0^Q \frac{q}{c}dq = \frac{1}{c}\times\frac{1}{2}q^2 = \frac{1}{2}\,{q^2}/{c} = w = U_E$$

$$\left.\begin{array}{l} W = U_E \\ Q = CV \end{array}\right\} \Rightarrow U_E = {1}/{2}\frac{Q^2}{C} = {1}/{2}QV = {1}/{2}CV^2$$

کار W به صورت انرژی پتانسیل U_E در خازن ذخیره می شود.

نکته: این معادله بیانگر انرژی پتانسیل بارهای روی هردو صفحه است در قبل Q.V=U به دست آوردیم که انرژی پتانسیل بار منفرد Q را در پتانسیل V که توسط بارهای دیگری تولید شده است،نشان می دهد.

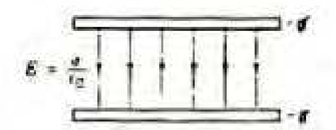
ضریب ${1}/{2}$ در عبارت ${1}/{2}qv$ به این دلیل ظاهر شده است که بار q به یک باره در پتانسیل V منتقل نمی شود بلکه هم بار و هم اختلاف پتانسیل به تدریج افزایش می یابند و به مقدار نهاییشان می رسند.

چگالی انرژی در میدان الکتریکی: کار لازم برای اینکه 2 بار نقطه ای را از فاصله ی نامتناهی از یکدیگر به فاصله ی متناهی ازهم دیگر بیاوریم،به صورت انرژی پتانسیل ذخیره می شود و این انرژی در میدان الکتریکی دو صفحه ی خازن ذخیره می شود.

$$\left.\begin{array}{l} c = \xi\dfrac{A}{d} \\ v = E.d \\ U_E = {1}/{2}CV^2 \end{array}\right\} \Rightarrow U_E = {1}/{2}C(E.d)^2 = {1}/{2}\frac{\xi A}{d}E^2d^2 = {1}/{2}\xi E^2(Ad)$$

$$\text{چگالی}\,U_E = \frac{U_E}{Ad} = {1}/{2}\xi E^2$$

حادی: حجم فضای بین و خازن



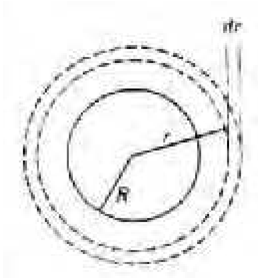
نکته ی مهم:

خازن کروی:شت میدان را فقط چگالی بار رسانای داخلی ایجاد می کند.

خازن استوانه ای:شدت میدان را فقط چگالی بار رسانای داخلی ایجاد می کند.

مثال: انرژی پتانسیل کره ای به شعاع R و بار Q چقدر است؟

$$E = \frac{kQ}{r^2}(r > R)$$
$$dU_E = U_E(4\pi r^2 dr)$$
$$= \frac{1}{2}\xi_0(\frac{kQ}{r^2})^2(4\pi r^2 dr) = \frac{kQ^2}{2r^2}dr$$



$$U_E = \frac{kQ^2}{2}\int_R^\infty r^{-2}dr = \frac{kQ^2}{2R}$$

دی الکتریک ها : هرگاه ماده ی نارسانایی مثل شیشه،کاغذ یا پلاستیک در فاصله ی میان یک صفحات خازن قرار دهیم ظرفیت آن افزایش می یابد این ماده را دی الکتریک می نامند.

تاکنون فاصله ی میان صفحات خازن را هوا در نظر می گرفتیم.

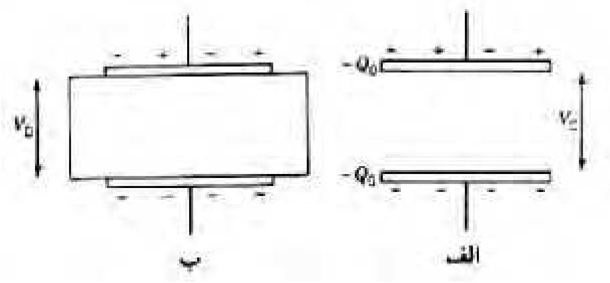
ظرفیت خازن دارای دی الکتریک برابر است با ضرب ضریب دی الکتریک(K) در ظرفیت خازن بدون دی الکتریک

$$C = KC$$

اگر در این فاصله عایقی غیر از هوا قرار دهیم چه اتفاقی می افتد؟

الف) وضعیت بدون باتری :

- بار الکتریکی ← ثابت می ماند.
- میدان الکتریکی ←کاهش می یابد $E_D = \frac{E_0}{K}$ وضعیتی که از دی الکتریک استفاده نشده است. $C_0 = \frac{Q_0}{V_0}$
- ولتاژ دو سر خازن ← کاهش می یابد. $V_D = \frac{V_0}{K}$
- ظرفیت خازن ← افزایش می یابد. $C_D = KC_0$



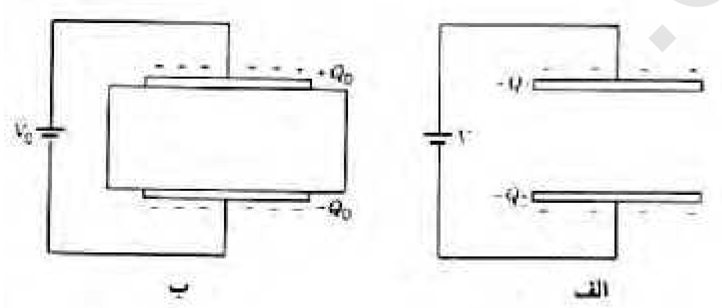
ب) حالت متصل به باتری :

- بار الکتریکی ←افزایش می یابد.

- ولتاژدو سر خازن ← ثابت می ماند.

ولتاژ به علت اتصال به باتری تثبیت شده است پس تغییری در ولتاژ مشاهده نمی شود.

- ظرفیت خازن ← $C_D = KC_0$



سوال: مزایای دیگر استفاده از دی الکتریک علاوه بر افزایش ظرفیت خازن چیست؟

پایان فصل پنجم

فصل ششم : جریان و مقاومت

اهداف:

- تعریف جریان و چگالی جریان
- ماهیت جریان در داخل یک رشته سیم
- تغییر مقاومت ویژه و منشأ آن و وابستگی آن به دما
- تعریف مقاومت و رابطه ی آن با مقاومت ویژه
- قانون اهم و محدودیت کاربرد آن

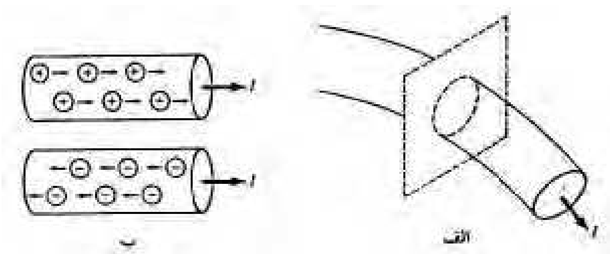
جریان الکتریکی:

عبور بارهای آزاد از یک مدار است. مقدار بار گذرنده از هر نقطه از یک مدار در واحد زمان را جریان الکتریکی می گویند.اگر در مدت زمان Δt باری به اندازه ی ΔQ از یک نقطه از مدار بگذرد جریان الکتریکی به صورت زیر تعریف می شود.

$$I_{av} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

اگر بار یکنواخت Q در مدت زمان t از یک نقطه از مدار بگذرد در این صورت جریان الکتریکی برابر است با :

$$I = \frac{Q}{t}$$



اگر عبور بار یکنواخت نباشد و در مدت زمان dt بار dq عبور کند،داریم:

$$I = \frac{dQ}{dt} \rightarrow q = \int_0^t Idt$$

نکات:

1) جریان الکتریکی کمیتی نرده ای است.

2) جریان به صورت آهنگ عبور بار از یک سطح تعریف می شود.

3) جریانی که بارهای مثبت در یک جهت تولید می کنند معادل جریانی است که همان تعداد بار در جهت منفی(خلاف) تولید می کنند.

4) جهت قراردادی جریان الکتریکی جهت حرکت بارهای مثبت است.

5) کار یک باتری این است که بارهای مثبت را از پتانسیل پایین تر (قطب منفی) به پتانسیل بالاتر (قطب مثبت) ببرد.

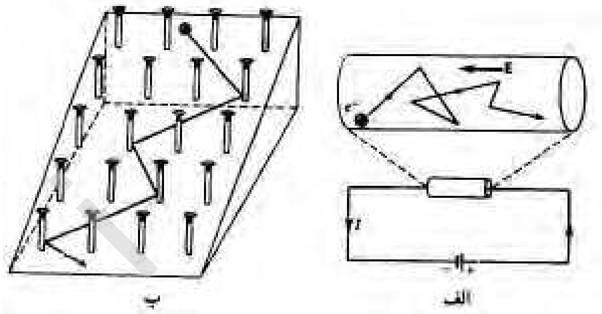
6) یکای جریان در سیستم SI آمپر است که آن را با A نمایش می دهند و معادل است با $c/_{s}$

7) هنگامی که دو سر سیمی را به یک باتری وصل می کنیم،سطح سیم باردار می شود (بار سطحی) و یک میدان الکتریکی درون سیم ایجاد می شود و سبب حرکت بارهای آزاد در سیم و برقراری جریان الکتریکی می شود.

ماهیت جریان الکتریکی :

مسیر حرکت الکترون ها در سیم حامل جریان به صورت اتفاقی و زیگزاگ است و مشابه حرکت لوله ای از یک سطح شیب دار میخ کوبی شده می باشد.

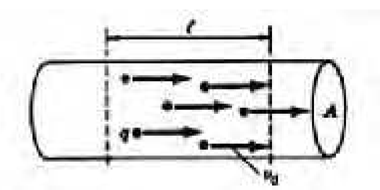
تعداد الکترون ها که در یک جهت حرکت می کنند با تعداد الکترون هایی که در جهت مخالف حرکت می کنند برابر است و اتصال به باتری گرایش حرکت در یک جهت را افزایش می دهد.



چگالی جریان :

جریانی که از واحد سطح مقطع یک سیم می گذرد، چگالی جریان نامیده می شود و واحد آن $A/_{m^2}$ می باشد.

$$j = \frac{I}{A}$$



سرعت سوق الکترون ها :

وقتی دو سر یک سیم را به یک باتری وصل می کنیم یک میدان الکتریکی بین دو سر سیم ایجاد می شود این میدان به الکترون ها شتاب می دهد ولی سرعت الکترون ها زیاد نمی شود زیرا الکترون ها در اثر برخورد با یون ها انرژی از دست می دهند این میدان سبب می شود که الکترون ها با سرعت نسبتاً ثابت در طول سیم حرکت کنند.این سرعت را سرعت سوق V_d می گویند و در حدود $10^{-4}\ {}^{m}\!/_{s}$ است.

رابطه ی بین جریان الکتریکی و سرعت سوق :

اگر ذرات باردار Q با سرعت سوق V_d درامتداد سیم حرکت کنند و اگر تعداد ذرات موجود در واحد حجم n باشد بار اُستوانه ای به طول L و مقطع A برابر است با :

$$\left.\begin{array}{l} \Delta Q = nqAL \\ I = {}^{\Delta Q}\!/_{\Delta t} \\ x = vt \\ L = V_d \Delta t \\ \Delta t = \dfrac{L}{V_d} \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} I = \dfrac{nqALV_d}{L} \\ j = \dfrac{I}{A} \end{array}\right\} \Rightarrow I = nqAV_d \Rightarrow j = nqv_d$$

نکات :

1) جهت j برای عامل های بار منفی در خلاف جهت V_d است.

2) i کمیتی نرده ای است که از یک سطح در مقیاس بزرگ اندازه گیری می شود در حالی که j کمیتی برداری است و بر حسب کمیت مقیاس های کوچک تعریف می شود، پس ممکن است از نقطه ای به نقطه ی دیگر تغییر کند.

3) هرگاه چگالی جریان یکنواخت نباشد جریان گذرنده از سطح را می توان از رابطه ی زیر محاسبه نمود.

$$I = \int j.dA$$

قانون اُهم :

مقاومت الکتریکی، مقاومت یک جسم در برابر در مقابل شارش بار الکتریکی می باشد. اگر اختلاف پتانسیل V به دو سر یک رسانا وصل شود، جریان I از آن می گذرد و مقاومت الکتریکی این رسانا برابر است با :

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

و یکای آن برابر است با:

$$\Omega = \frac{V}{A}$$

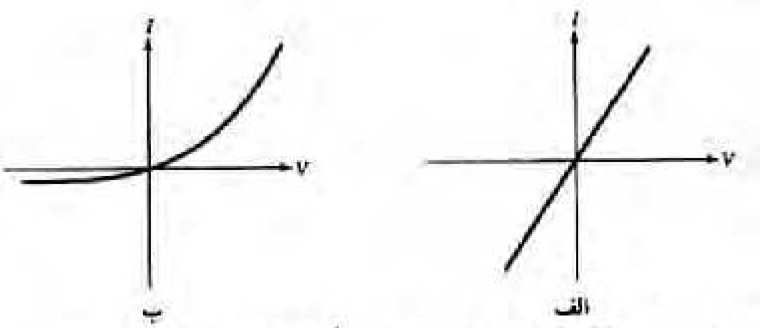
- مقاومت هر جسم به وضعیت هندسی و خواص الکتریکی آن بستگی دارد.
- طبق قانون اُهم در صورت عدم تغییر فیزیکی یک هادی نسبت به اختلاف پتانسیل اعمالی ب دو سر آن و جریان عبوری از آن ثابت است :

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

- اختلاف پتانسیل بین دو سر هر وسیله ای مستقیماً با جریان گذرنده از آن متناسب است.

مدار اُهمی :

مداری است که قانون اُهم در آن صادق است و منحنی $V - I$ یک خط راست است.



شکل ۶.۸ رابطهٔ $V - I$ برای (الف) یک رسانای اُهمی و (ب) یک دیود غیراهمی.

نکته : مقاومت یا عنصر مقاوم وسیله ی ساده ای است که در مدارهای الکتریکی مقاومت خاصی از خود بروز می دهد.مقاومت را می توان به صورت سیمی نازک یا تیغه ای سرامیکی ساخت.چون مقاومت ویژه ی کربن در گستره ی وسیعی از دماها تقریبا ثابت می ماند،در ساخت مقاومت اغلب از این ماده استفاده می شود.فرض ما این است که مقاومت ها از قانون اُهم پیروی می کنند.

سوال : در یک مدار با استفاده از مقاومت به چه نتایج کاربردی می توان رسید؟
به کمک مقاومت می توان جریان گذرنده از شاخه ی خاصی از مدار از مدار را کنترل کردبا استفاده از دو مقاومت متوالی می توان اختلاف پتانسیل ثابتی را به دو بخش مشخص، که ممکن است مورد نیاز اجزای دیگری مانند ترانزیستورها باشد،تقسیم کرد.همچنین با استفاده از نقطه ی اتصال لغزنده ی روی یک سیم

مقاومت ثابت میتوان اختلاف پتانسیل ((خروجی))متغیری به دست آورد.در دستگاه های گیرنده ی رادیویی ،از چنین وسیله ای برای کنترل شدت صوت بهره گیری می شود.

مقاومت ویژه : نسبت شدت میدان الکتریکی E در هر نقطه از رسانا به چگالی جریان را مقاومت ویژه می گویند و با ρ نشان می دهند.

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{V/L}{I/A} = \frac{VA}{IL} = \frac{RA}{L} = \Omega.\frac{m^2}{m} = \Omega.m$$

عکس مقاومت ویژه ی یک رسانا را رسانندگی جسم می نامند.

$$\delta = \frac{1}{\rho} \rightarrow \rho = \frac{1}{\delta} = \frac{E}{J} \Rightarrow J = E\delta$$

اثبات رابطه ی $R = \rho\frac{L}{A}$

$$\left.\begin{array}{l} V = EL \\ J = \frac{I}{A} = \frac{E}{\rho} \rightarrow I = \frac{EA}{\rho} \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} I = \frac{VA}{L\rho} \\ R = \frac{V}{I} \end{array}\right\} \Rightarrow R = \rho\frac{L}{A}$$ پس مقاومت یک سیم

وابستگی دمایی مقاومت ویژه $\rho = \rho(1+\alpha(T-T_0))$

سوال :

1) درک چگونگی تغییرات مقاومت ویژه فلزی با توجه به چه عواملی ممکن است؟

2) مقاومت ویژه در ابررسانا- نیم رسانا و فلز را همراه با رسم نمودار و با ذکر علت توضیح دهید.

توان :

اگر بار الکتریکی Q در اختلاف پتانسیل V جابجا شود انرژی پتانسیل آن به اندازه ی U تغییر می کند.

مقدار انرژی که در واحد زمان از میدان به بار منتقل می شود ،توان نامیده می شود.

$$U = QV$$

$$P = \frac{du}{dt} = \frac{d(qv)}{dt} = \frac{vdq}{dt} = VI$$

با توجه به رابطه ی V=IR توان الکتریکی اتلافی را چنین می توان نوشت :

$$\left.\begin{array}{r} V = IR \\ P = VI \end{array}\right\} \Rightarrow P = I^2R = \frac{V^2}{R} = VI$$

پایان فصل ششم

فصل هفتم : مدارهای جریان مستقیم

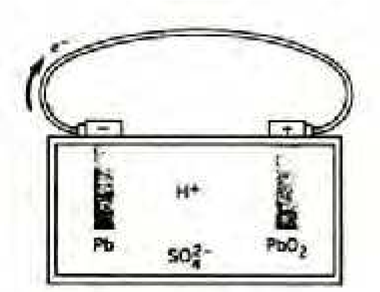
اهداف:

- تعریف نیروی محرکه ی الکتریکی emf
- فرق بین نیروی محرکه و اختلاف پتانسیل
- قاعده ی پیوندگاه کیرشهوف و قاعده ی حلقه ی کیرشهوف
- همبندی موازی و متوالی مقاومت ها
- تغییرات اختلاف پتانسیل و بار در مدارهای RC

.com

باتری وسیله ای است که شارش پیوسته ی بار الکتریکی در مدار را فراهم می کند.

در صورت عدم وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی بار الکترکی در یک مدار هرگز حرکت نمی کند،برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی در یک مدار(در دو سر سیم) می توان از باتری و منبع تغذیه استفاده کرد.
اولین باتری **پیل ولتا** نام دارد. نیز از تماس دو فلز مختلف اختلاف پتانسیل حاصل می شود.



باتری های جدید باتری های الکتروشیمیایی هستند که در آن ها به طور پیوسته الکترون ها از طریق سیم از قطب منفی pb به قطب مثبت pbo_2 (اکسید سرب) انتقال داده می شود،واکنش هایی با معادلات زیرانجام می شود.

$$Pb + So_4^{2-} \rightarrow PbSo_4 + 2e^-$$
$$Pbo_2 + 4H^+ + So_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSo_4 + 2H_2O$$

به ازای هر الکترون که صفحه ی Pb را ترک می کند،الکترون دیگری وارد صفحه می شود و بار خالص سیم اتصال ثابت می ماند.

نکته : کمیت حائز اهمیت،**اختلاف پتانسیل** بین دو سر یا قطب هاست.
پتانسیل هر یک از قطب ها را می توان صفر در نظر گرفت.

نیروی محرکه ی الکتریکی ε :

هر وسیله مانند باتری یا مولد الکتریکی که صورتی از انرژی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند،چشمه ی نیروی محرکه ی الکتریکی یا Emf نامیده می شود.

اگر در ضمن شارش بار q در یک مدار انرژی W به وسیله ی باتری تغذیه شود،در این صورت نیروی محرکه ی باتری برابر است با:

$$\varepsilon = \frac{w}{q}$$

اختلاف پتنسیل دو سر باتری به علت وجود مقاومت داخلی باتری کمتر از نیروی محرکه ی باتری است.کلیه ی باتری ها دارای مقاومت داخلی می باشند.یک باتری را این گونه نمایش می دهند.

به وسیله ی ولت متر اختلاف پتانسیل دو سر باتری را اندازه می گیریم.

بدون عبور جریان نمی توان ولتاژ را اندازه گرفت،بنابراین به وسیله ی ولت متر V_{AB} را اندازه می گیریم.اگرجریان I از مدار بگذرد،دراین صورت V_{AB} برابر است با:

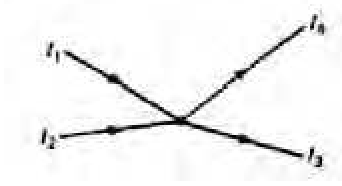
$$V_{AB} = \varepsilon \pm Ir$$

منفی(-) برای حالتی است که باتری جریان تولید کند و مثبت(+) برای حالتی است که باتری را شارژ می کنیم.

نکته : هنگامی که اختلاف پتانسیل در دو سر مقاومتی پدید می آید،جریانی از آن می گذرد،اتلاف یا مصرف جریان نمی تواند معنی داشته باشد،زیرا تعداد بارهایی که از یک قطب خارج می شوند،دقیقا برابر با تعدادی است که به قطب دیگر وارد می شوند.چیزی که این بارهای متحرک یا جریان از دست می دهند،انرژی پتانسیلی است که به نوع دیگری از انرژی (مثلا گرمایی) تبدیل می شود.

قواعد کیرشهوف :

1)قاعده ی پیوند گاه : جمع جبری جریان هایی که به هر نقطه از مدار وارد و از آن خارج می گردند،برابر صفر است.

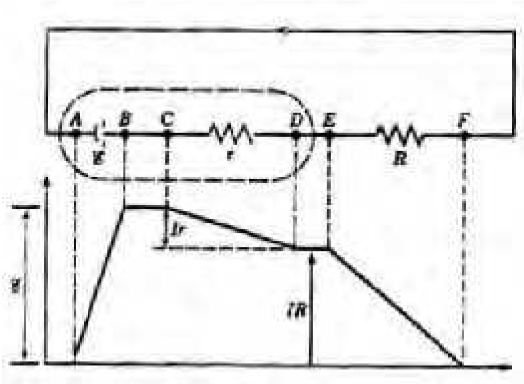


$$\sum I = 0$$

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

نکته : این قاعده بیانگر قانون پایستگی انرژی است،زیرا در نقطه ی پیوندگاه نه باری به وجود می آید و نه باری از بین می رود و هیچ گونه انباشتی هم صورت نمی گیرد.

2) قاعده ی حلقه : جمع جبری تغییرات پتانسیل در گذر از حلقه ی بسته برابر صفر است.این قاعده بیانی از پایستگی انرژی است.



$$\sum V = 0$$

روش حل مساله :

1) مدار را بکشید.
2) جریان هر شاخه را مشخص کنید.
3) مثبت و منفی باتری ها را مشخص کنید.
4) قاعده ی پیوندگاه را برای هر پیوند بنویسید.
5) قاعده ی حلقه را برای حلقه ها تا جایی که تعداد جملات برای به دست آوردن جواب کافی باشد،بنویسید.
6) در مورد مقاومت علامت اختلاف پتانسیل منفی است اگر در جهت انتخابی حلقه در جهت جریانی که از مقاومت می گذرد،باشد.
7) در مورد باتری جهت اختلاف پتانسیل مثبت است اگر جهت انتخابی برای حرکت در حلقه از سر منفی باتری به طرف سر مثبت آن باشد و برعکس.

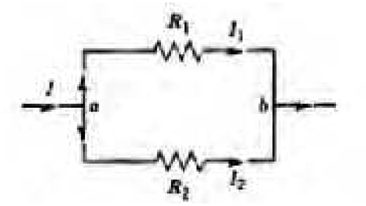
هم بندی مقاومت ها به صورت سری و موازی :

الف) هم بندی سری

$$v = v_1 + v_2 + v_3$$

$$\left.\begin{array}{l} V = IR_1 + IR_2 + IR_3 \\ V = IR \end{array}\right\} \Rightarrow R = R_1 + R_2 + R_3$$

ب) هم بندی موازی



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1}, I_2 = \frac{V}{R_2}, I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$\left.\begin{array}{l} I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \\ I = \frac{V}{R} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

مدارهای RC

هنگامی که خازنی در یک مدار قرار می گیرد در دوره ای که خازن در حال بارگیری یا شارژ شدن است جریان مدار به صورت تابعی از زمان تغییر می کند.

اگر مدار شامل مقاومت نباشد خازن یک دفعه پر یا خالی می شود در حالی که اگر در مدار مقاومت وجود داشته باشد،تغییرات بار و جریان تابع زمان هستند.

الف) باردهی یا تخلیه ی خازن :

فرض کنید با نیروی محرکه ی ε و بدون مقاومت داخلی متصل کردیم،بعد از اتصال کلید در دو سر خازن و مقاومت vd برقرار است،پس بار روی صفحات خازن $c\varepsilon = q_0$ می باشد.فرض کنید در لحظه ی $t = 0$ باتری را از مدار خارج کنیم(با باز کردن کلید).پس کم کم بار خازن خالی شده و مقاومت شروع به مصرف انرژی می کند.

$$Q_0 = c\varepsilon$$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{Q}{C} - IR = 0 \\ I = -\frac{dQ}{dt} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{Q}{CR} = \frac{dQ}{dt}$$

$$\int \frac{dQ}{Q} = -\int \frac{dt}{CR}$$

$$\ln Q = \frac{t}{CR} + K$$
$$t = 0 \rightarrow Q = Q_0 \rightarrow \ln Q_0 = K$$
$$\ln Q - \ln Q_0 = -\frac{t}{RC}$$
$$\ln \frac{Q}{Q_0} = -\frac{t}{RC} \Rightarrow Q = Q_0 e^{\frac{-t}{RC}}$$

تعریف ثابت زمانی(τ):

با گذشت زمان $t = RC$ بار خازن به $\frac{1}{e}$ مقداراولیه اش کاهش می یابد یعنی این τ به ثابت زمانی معروف است.

$$Q = Q_0 \underbrace{e^{-1}}_{\%37}$$

نکته ی مهم : τ مدت زمان لازم برای افت بار به میزان $\frac{1}{\varepsilon}$ هرمقدار باری را نشان می دهد.

نیمه عمر : زمان لازم برای کاهش بار خازن به %50 مقدار اولیه را نیمه عمر گویند. $(T_{1/2})$

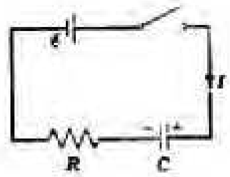
$$\left.\begin{array}{l} Q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \\ Q = \frac{1}{2} Q_0 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{1}{2} Q_0 = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$
$$\ln 1 - \ln 2 = -\frac{t}{RC}$$
$$\left.\begin{array}{l} t = RCLn2 \\ \ln 2 = \%69 \end{array}\right\} T_{1/2} = \%69RC = \%69\tau$$

محاسبه ی تابع جریان :

$$\left.\begin{array}{l} Q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \\ I = -\frac{dQ}{dt} \end{array}\right\} \Rightarrow I = +\frac{Q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} = I$$
$$V_C = V_R = \varepsilon$$

ب) بارگیری یا شارژ شدن خازن :

خازن خالی از بار است پس اختلاف پتانسیلی در دو سر آن وجود ندارد اما اختلاف پتانسیل در دو سر مقاومت است پس در لحظه ی اول جریانی که از مدار می گذرد I_0 است که برابر با $\frac{\varepsilon}{R}$ می باشد.



$$\varepsilon - \frac{Q}{C} - IR = 0$$

نکته1) با توجه به قاعده ی حلقه باید باشد $\varepsilon = V_R + V_C$ پس اگر V_C افزایش یابد V_R کاهش می یابد.

2) در این مدار جریان I سبب افزایش بار خازن می شود.با کاهش جریان آهنگ پر شدن خازن نیز کاهش می یابد.

$$I = +\frac{dQ}{dt}$$

با توجه به نکته ی1) وقتی $\varepsilon = v_c$ می شود v_R صفر می شود،در نتیجه عبور جریان متوقف می شود و بار روی خازن به مقدار بیشینه $c\varepsilon = Q_0$ می رسد.

محاسبه ی Q با گذشت زمان :

$$\left.\begin{array}{l} \varepsilon - \dfrac{Q}{C} - IR = 0 \\ I = +\dfrac{dQ}{dt} \end{array}\right\} \Rightarrow \varepsilon - \frac{Q}{C} - \frac{dQ}{dt}R = 0$$

$$c\varepsilon - Q - \frac{dQ}{dt}RC = 0$$

$$\frac{c\varepsilon - Q}{RC} = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow \int \frac{dQ}{c\varepsilon - Q} = \int \frac{dt}{RC}$$

$$-\ln(c\varepsilon - Q) = \frac{t}{RC} + K$$

$$t = 0 \to Q = 0$$

$$\ln c\varepsilon = k$$

$$-(\ln c\varepsilon - Q) = \frac{t}{RC} - \ln c\varepsilon \Rightarrow \ln(\frac{c\varepsilon - Q}{c\varepsilon}) = -\frac{t}{RC}$$

$$\frac{c\varepsilon - Q}{c\varepsilon} = e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow c\varepsilon - c\varepsilon e^{-\frac{t}{RC}} = Q \Rightarrow \underbrace{c\varepsilon}_{Q_0}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = Q$$

$$Q = Q_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

محاسبه ی ثابت زمانی τ :

پس ثابت زمانی زمان لازم برای افزایش بار خازن به میزان $\%63\,Q_0$ یا مقدار نهایی %63 می باشد.

$$\left.\begin{array}{l} t = RC \\ Q = Q_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \end{array}\right\} \Rightarrow Q = Q_0(1 - e^{-1}) = \%63Q_0$$

محاسبه ی جریان گذرنده از مدار :

$$\left.\begin{array}{l} Q = Q_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \\ I = \dfrac{dQ}{dt} \end{array}\right\} \Rightarrow I = \frac{Q_0}{RC}e^{-\frac{t}{RC}} \Rightarrow I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$V_C + V_R = \varepsilon$$

پایان فصل هفتم

فصل هشتم : میدان مغناطیسی

اهداف :

1) الف) تعریف میدان

ب) نیروی مغناطیسی وارد بر بار در حال حرکت یا جز جریان

2) حرکت ذرات باردار در میدان مغناطیسی

3) حرکت ذرات باردار در میدان های الکترومغناطیسی

مغناطیس میله ای : یک میله ی مغناطیسی دو قطب دارد (S,N).قطب های هم نام همدیگر را دفع و ناهم نام همدیگر را جذب می کنند.خطوط میدان مغناطیسی میله لی چنین است.

میدان مغناطیسی B در هر نقطه مماس بر خط میدان در آن نقطه است.جهت B،جهت نیروی وارد بر قطب شمال ی آهنربای میله ای یا همان جهتی است که عقربه ی قطب نما نشان می دهد.

شت میان مغناطیسی متناسب با تعداد خطوط گذرنده از واحد سطح عمود بر میدان است،پس B را چگالی شار مغناطیسی هم می گوییم.

تک قطبی مغناطیسی درعمل وجود ندارد و یک آهنربا را هر قدر هم به قطعات کوچک تقسیم کنیم،باز هم دو قطب می بینیم.حتی در سطح اتمی کسی یک قطب منزوی ندیده است.

خطوط میان مغناطیسی در بیرون آهنربا از قطب شمال خارج و به قطب جنوب وارد می شوند،اما درون آهنربا از جنوب به طرف شمال وارد می شود.

Θ نوک پیکانی است که از صفحه خارج و به طرف خواننده می آید.(برون سو)

$\otimes$ دم پیکانی دورشونده از خواننده که وارد صفحه می شود.(درون سو)

تعریف میدان مغناطیسی به علت در دسترس نبودن قطب منزوی صادق نیست،پس چگونگی تاثیر میدان مغناطیسی بر بار الکتریکی را در نظر می گیریم.

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}F\alpha q\\ F\alpha V\end{array}\right\}\rightarrow F\alpha qv\\ F\alpha\sin\theta\end{array}\right\}\rightarrow F\alpha qv\sin\theta\}\rightarrow\left.\begin{array}{l}F=qvB\sin\theta\\ F\perp B\\ F\perp V\end{array}\right\}\Rightarrow F=qv\times B$$

نکته ی مهم : F همیشه بر V عمود است پس هیچ کاری روی ذره انجام نمی دهد.پس نمی تواند انرژی جنبشی ذره را تغییر دهد.

یکای B تسلا است.و با T نشان می دهیم.یکای دیگر میدان گوس است که با G نشان داده می شود.

$1T=10^4G$

نیروی وارد بر رسانای حامل جریان : در یک سیم جهت جهت حرکت گرمایی الکترون های آزاد به صورت کاتوره ای است.پس بر سیمی که در یک میدان مغناطیسی قرار گرفته است،نیرویی وارد نمی شود.اما اگر در سیم جریان برقرار شود،همه ی الکترون ها سرعت سوق V_dپیدا می کنند.که در نتیجه برهمه ی آن ها نیروی مغناطیسی وارد می شود و برایند همین نیروهاست که به سیم حامل جریان منتقل می شود.اگر سیمی به طول lوسطح مقطع A حامل جریان I در جهت عمود بر یک میدان مغناطیسی داشته باشیم و تعداد الکترون های رسانش در واحد حجم (n)باشد،پس تعداد کل الکترون های رسانش برابر است با:

$$N = \frac{N}{V}V = nV = nAl$$

نیروی وارد بر یک الکترون بر سیم :

$$F = eV_d B$$

$$\left.\begin{aligned} F &= (nAl)(eV_d B) \\ I &= nAeV_d \end{aligned}\right\} \Rightarrow F = IlB$$

نکته : اگر سیم حامل جریان بر میدان مغناطیسی عمود نباشد :

$$F = Il \times B$$

پس نیرو همواره بر جهت جریان و میدان مغناطیسی عمود است.

$$F = IlB \sin\theta$$

نکته : اگر سیم مستقیم نباشد یا میدان یکنواخت نباشد،نیروی وارد بر جز جریان بینهایت کوچک Idl چنین است :

$$dF = Idl \times B$$

پس نیروی وارد بر کل سیم از جمع همه ی نیروهای جزیی به دست می آید.

در یک میدان مغناطیسی یکنواخت نیروی وارد بر سیم خمیده با هر شکلی بین نقاط A و B با نیروی وارد بر سیم مستقیم بین همان دو نقطه برابر است.پس((در یک میان مغناطیسی،نیروی وارد بر هر حلقه ی بسته ی عامل جریان،برابر صفر است.))

حرکت ذره ی باردار در میان مغناطیسی :

میدان مغناطیسی بر هر ذره ی باردار نیرو وارد می کند.اگر ذره ی باردار مبتنی را که با سرعت Vعمود بر میدان مغناطیسی Bدر حال حرکت است در نظر بگیریم،چون V و B بر هم عمود هستند،پس $F = qVB$ با بزرگی ثابت ، جهت عمود بر Vوارد می شوند.

←بر اثر اعمال این نیروذره با سرعت ثابت در مسیری دایره ای به حرکتش ادامه می دهد.

$$\left.\begin{aligned} F &= ma \\ a &= \frac{v^2}{r} \\ F &= qVB \end{aligned}\right\} \Rightarrow qVB = m\frac{V^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{qB}$$

پس شعاع مسیر با تکانه ی خطی رابطه ی مستقیم دارد.

شعاع مسیر با شدت میدان مغناطیسی نسبت عکس دارد. ← محاسبه ی T و f ← بسامد دوره ی گردش مدار(تناوب)

← زیرا در کار یک نوع شتاب دهنده ذرات این بسامد اهمیت زیادی دارد.

$$\left.\begin{aligned} T &= \frac{2\pi r}{V} \\ r &= \frac{mv}{qB} \\ f &= \frac{1}{T} \end{aligned}\right\} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB} \Rightarrow f = \frac{qB}{2\pi m}$$

نکات :

1) T و f مشتق از سرعت ذره هستند.

2) T و f در همه ی ذراتی که نسبت بار به جرم (q/m) برابر دارند یکسان است.

3) در محاسبه ی T و f از علامت q صرف نظر می کنیم.(منفی ندارد)

حرکت پیچشی : یک ذره ی باردار در میدان مغناطیسی یکنواخت هنگامی که جهت سرعت سوق بر راستای میدان عمود نباشد،ذره دارای حرکت مارپیچی خواهد شد.

بزرگی مولفه ی سرعت موازی با میدان B (V_X) ← میدان در این مولفه تغییر نمی دهد.

بزرگی مولفه ی سرعت عمود بر میدان B $(V_\perp)$ ← منجر به تولید نیروی $qV_\perp B$ می شود.

⇐ برایند حرکت ذره : حرکت دایره ای یکنواخت عمود بر خط میدان + مولفه ی حرکت خطی موازی با میدان ⇐ تولید حرکت مارپیچی

محاسبه ی گام حرکت مارپیچی در یک دوره گردش :

$$\left.\begin{aligned} d &= V_X T \\ T &= \frac{2\pi m}{qB} \end{aligned}\right\} \Rightarrow d = \frac{2V_X \pi m}{qm}$$

حرکت ذره ی باردار در میدان های الکتریکی و مغناطیسی :

ذره در حظور دو میدان الکترومغناطیسی E و B تحت تاثیر نیروی F قرار دارد که این F را نیروی لورنس می نامیم.

$$F = q(E + V \times B)$$

پس مسیر ذره تحت تاثیر نیروی F مسیری پیچیده است.

سرعت گزینی :

با استفاده از میدان های متعامد الکتریکی و مغناطیسی می توان سرعت ذرات باردار را اندازه گیری کرد یا سرعت خاصی را برگزید.

روش گزینش سرعت :

دو میدان الکتریکی و مغناطیسی را در نظر می گیریم.فرض می کنیم ذره ی باردار دارای بار $+q$ و $\vec{V} = V\vec{i}$
$$\begin{cases} \vec{E} = E\vec{J} \\ \vec{B} = B\vec{K} \end{cases}$$ وارد این ناحیه شود.

نیروهای اعمالی بر ذره
$$\begin{cases} \vec{F}_B = qE\hat{J} \\ \vec{F}_B = qVB\vec{J} \end{cases}$$

چون از جهات متقابل بر ذره این دو نیرو وارد می شوند،اگر بزرگی های یکسان داشته باشند،اثر همدیگر را خنثی می کنند یعنی $F = F_E + F_B = q(E + V \times B) = 0$ پس در باری که از ذراتی که سرعتشان از رابطه ی $V = E/B$ به دست می آید،بدون هیچ گونه انحرافی از ناحیه ی مورد نظر می گذرد.

طیف سنج جرمی : دستگاهی است که ذرات باردار یا یون ها را بر اساس نسبت بار به جرمشان از همدیگر جدا می کند.اگر بار ذرات مورد نظر باهم برابر باشند می توان این دستگاه را برای اندازه گیری جرم به کار برد.در طیف سنج جرمی ذرات پس از عبور از ناحیه ی سرعت گزین وارد ناحیه ای با میدان مغناطیسی B_2 می شود و در مسیرهای نیم دایره به حرکتشان ادامه می دهند.از رد پای ذرات بر روی صفحه ی حساس عکاسی می توان کار طیف سنی انجام داد.طیف نهایی جرمی را به عنوان یکی از روش های متداول در تجزیه ی شیمیایی از جمله در آلاینده ها و ناخالصی ها ب کار می برند.از انواع طیف سنج ها می توان طیف سنج $Dempster$ را نام برد.در این طیف سنج می توان دو ایزوتوپ به جرم های m_1 و m_2 را در یک اختلاف پتانسیل V شتاب داد.بنابراین دو جرم بوسیله ی اعمال میدان مغناطیسی یکنواخت B به علت داشتن جرم های متفاوت شعاع های مسیری r_1 و r_2 پیدا می کنند.با توجه به برقراری رابطه ی $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$ اگر با تغییر دادن اختلاف پتانسیل بتوان شعاع مسیر را ثابت نگه داشت می توان ایزوتوپ خاصی را جدا و جمع آوری کرد.

پایان فصل هشتم